

Índice de Figuras

Capítulo I

Figura 1. Divisão do Maciço Ibérico (Adaptado de Lotze, 1945)	Página 6
Figura 2. Modelo tectonostratigráfico proposto por Julivert et al. (1974)	Página 7
Figura 3. Sequência estratigráfica do Grupo do Douro. Adaptado de Dias <i>et al.</i> (2013).	Página 15
Figura 4. Sequência estratigráfica ordovícica do Grupo Trás-os-Montes. Adaptado de Sá <i>et al.</i> (2005).	Página 18
Figura 5. Esquema geológico simplificado do Batólito das Beiras, com a distribuição dos granitóides variscos (Azevedo e Valle Aguado, 2006, modificado de Azevedo <i>et al.</i> , 2005).	Página 21
Figura 6. Principais zonas de cisalhamento que actuaram durante a D ₃ ao nível do Maciço Ibérico. Localização dos sectores onde afloram rochas de alto grau metamórfico, como o CAFCR-L (Complexo Anatético de Figueira de Castelo Rodrigo-Lumbrales). Modificado de Ribeiro <i>et al.</i> (2009).	Página 24
Figura 7. Quadro síntese com as principais datações das fases de deformação e de eventos magmáticos e metamórficos associados. Modificado de Dallmeyer <i>et al.</i> (1997).	Página 25
Figura 8. Principais domínios estruturais do autóctone da ZCI e as setas a vermelho representando as vergências das estruturas D ₁ (Dias e Ribeiro, 2013 e referências inclusas).	Página 26

Capítulo II

Figura 1. Mapa Litológico simplificado do Complexo Anatético de Figueira de Castelo Rodrigo-Lumbrales. A ocidente o limite são granitóides tardi-pós-D ₃ (não marcados), enquanto que a oriente o limite é mais difuso, perdendo-se ora por contacto com intrusões tardi-pós-D ₃ ora devido a cobertura. Tanto a Norte como a Sul os limites são bem definidos, a Sul no contacto com a formação de Poiares-Castelo Rodrigo através da ZCJPC (não marcado) e a Norte com as unidades do Supergrupo Dúrico-Beirão através da ZCHuebra (não marcado). Adaptado e modificado de Silva e Ribeiro (2000) e Villar <i>et al.</i> (2000).	Página 45
Figura 2. Mapa simplificado da Magna 475 – Lumbrales (Villar <i>et al.</i> , 2000), enfatizando as principais machas graníticas. 1. Granitos pré-hercínicos; 2. Granitos pré-sin D ₂ ; 3. Granito de	

Lumbrales; 4. Granito ‘traquitóide’ de La Merchana; 5. Granito de Arribes; 6. Granito de La Redonda; 7. Granito de Saucelle;	
8. Granito de Bañobarez; 9. Granito Villar del Ciervo.	Página 48
Figura 3. Esboço geológico da região de Lumbrales-Ledesma (Figuerola e Parga, 1968).	Página 53
Figura 4. Mapa geológico de Lumbrales segundo Carnicero (1982). Detalhe das isógradas metamórficas.	Página 53

Capítulo III

Figura 1. Esboço com as principais estruturas na faixa Porto – Viseu – Salamanca, envolventes à Zona de Cisalhamento de Juzbado – Penalva do Castelo. A. Sector de Penalva do Castelo; B. Sector de Figueira de Castelo Rodrigo; C. Sector de Lumbrales; D. Sector de Juzbado. Adaptado de Iglesias e Ribeiro (1981b).	Página 57
Figura 2. Mapa simplificado do sector de Penalva do Castelo. Adaptado e modificado de Gonçalves <i>et al.</i> (1990) e Valle Aguado <i>et al.</i> (2005).	Página 60
Figura 3. Mapa geológico do sector de Figueira de Castelo Rodrigo, detalhe do Ordovícico. Adaptado de Ribeiro e Silva (2000).	Página 61
Figura 4. Mapa Geológico Simplificado do sector de Lumbrales. Modificado de Villar <i>et al.</i> (2000).	Página 62
Figura 5. Mapa Geológico Simplificado do sector de Juzbado (Ledesma). Adaptado de Rodríguez Fernández <i>et al.</i> (2000).	Página 63

Capítulo IV

Figura 1. Mapa de localização da amostragem realizada no âmbito deste estudo, com base na Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000.	Página 70
Figura 2. Estromatito com intercalações de paleossoma e leucossoma centimétricas a milimétricas. Predomínio do componente leucossomático.	Página 72
Figura 3. Diatexitos com elevado grau de fusão parcial, evidenciando elevada fluidez, como seja o desenvolvimento de uma dobra ptigmática, em termos migmatíticos.	Página 72
Figura 4. Resíduo mesossomático, herdando uma estrutura prévia; as intercalações de leucossoma apresentam um aspecto fibroso, podendo indicar a presença de silimanite.	Página 72
Figura 5. Metatexitos - venitos, exibindo extracção dos leucossomas.	Página 72

Figura 6. Venito que é intersectado por um canal extracção e alimentação granítico externo e posterior.	Página 72
Figura 7. Agmatito, com individualização de encaves por quebra da estrutura original da rocha devido ao incremento de neossoma.	Página 72
Figura 8. Textura granolepidoblástica dos metatexitos, com a associação mineral mais predominante.	Página 73
Figura 9. Textura foliada frequentemente identificada nos metatexitos, associada a forte colorização da biotite.	Página 73
Figura 10a. Textura fibrosa associada ao intercrescimento de biotite e moscovite. Possível substituição de fibrolite. 4b. sem nicóis cruzados.	Página 73
Figura 11. Crescimento secundário da moscovite.	Página 73
Figura 12. Sericitização da moscovite e cloritização intensa da biotite.	Página 73
Figura 13. Textura granolepidoblástica dos diatexitos, com evidencias de catclase, presente nos agregados de quartzo-plagioclase, bem como nas deformações das micas.	Página 75
Figura 14. Intercrescimento simpletítico de quartzo-plagioclase.	Página 75
Figura 15. Textura lepido a lepidogranoblástica, com foliação dada pelo alinhamento de biotites e moscovites.	Página 75
Figura 16. Subgranulação do quartzo, com recristalização por migração de fronteira de grão.	Página 75
Figura 17. Textura granolepidoblástica de grão médio, com predomínio de biotite como mica principal. Deformação das maclas na plagioclase	Página 75
Figura 18. Cloritização associada à substituição de biotite, frequente nos neossomas.	Página 75
Figura 19. Unidade calcoco-silicatada anfíbolítica, intercalada numa unidade diatexitica.	Página 77
Figura 20. Ocorrência de Horneblenda, em cristais de grande dimensão, em equilíbrio com a restante mineralogia.	Página 77
Figura 21. Ocorrência de Horneblenda-Hedenbergite-Almandina em equilíbrio; b. em nicóis cruzados.	Página 77
Figura 22. Titanite com grande desenvolvimento associado à horneblenda, que se apresenta em algum desequilíbrio.	Página 77
Figura 23. Granada disseminada, sem zonamento e sem orla de reacção visível.	Página 77
Figura 24. Textura granolepidoblástica associada a «ocelos» ricos em biotite e em actinolite. Lina de tracejado a separar o domínio do «ocelo» da restante textura.	Página 78
Figura 25. Deformação associada a plagioclas e recristalização do	

quartzo.	Página 78
Figura 26a. Associação de biotite, actinolite e clinopiroxena, com evidente desequilíbrio da clinopiroxena e da anfíbola; b. em nicóis paralelos.	Página 78
Figura 27. Detalhe de recristalização do quartzo por GBM e <i>bulging</i> (o). Alinhamento de biotite e moscovite, mimetizando uma foliação pouco penetrativa com achatamento.	Página 81
Figura 28. Presença de microclina nos granitos deformados, com crescimento de moscovite secundária.	Página 81
Figura 29. Fenómeno de cloritização da biotite nos granitos deformados.	Página 81
Figura 30. Ocorrência de pertites (exsolução de albite). Crescimento de megacristais de moscovite. Granitos com deformação intermédia.	Página 81
Figura 31. Ocorrência de elevado zircão a que se associam radio-halos.	Página 81
Figura 32. Intercrescimento de quartzo e plagioclase (mirmequite).	Página 81
Figura 33. Textura de grão grosseiro fortemente afectada por fracturação intragranular (seta a vermelho).	Página 82
Figura 34. Textura não deformada associada a este tipo de granitos; Ocorrência de abundante apatite.	Página 82
Figura 35. Desenvolvimento de mirmequites nas imediações de feldspato potássico; fracturação com preenchimento por quartzo e alguma moscovite (seta a verm.).	Página 82
Figura 36. Granito essencialmente moscovítico de tendência porfiróide. Desenvolvimento de microclina (FK) em megacristais.	Página 82
Figura 37. Textura granoblástica da unidade Opc, que pode, nos termos mais filíticos, dar lugar a uma textura granolepidoblástica. Evidente achatamento do quartzo.	Página 83
Figura 38. Desenvolvimento de dobramento sin-D ₃ , associado à foliação milonítica.	Página 83
Figura 39. Quartzo com grãos lobados, evidenciando migração por fronteira de grãos e localmente <i>bulging</i> , interpretado como resultado de recristalização dinâmica.	Página 83
Figura 40. Cataclase associada a um episódio tardio relativamente à recristalização.	Página 83
Figura 41. Foliação S1 afectada por um crenulação, sendo que a titanite encontra-se concordante com essa foliação e já a turmalina ocorre como mineral pós-tectónico.	Página 83
Figura 42. Crescimento pós-tectónico da turmalina, c com nicóis paralelos.	Página 83

Figura 43. Crescimento sin-tectónico (D₃) de andaluzite/cordierite em metatexitos. Página 84

Figura 44. Moscas de andaluzite/cordierite em metatexitos, pós-tectónicas (D₃). Página 84

Capitulo V

Figura 1. Variação composicional das anfíbolas (valores médios) para os diferentes litótipos. Página 90

Figura 2. Gráfico de variação composicional associada às piroxenas analisadas (médias). Página 91

Figura 3. Variação composicional dos litótipos analisados (médias) no gráfico Ab-An-Or. Página 92

Figura 4. Variação composicional das biotites analisadas (médias) para os diferentes litótipos. Página 92

Capitulo VI

Figura 1. Diagrama de fácies e zonas com a projecção das amostras analisadas e proposta de uma trajectória de retrogradação com base nas observações petrográficas. **calculado com GrtB; *** calculado com GrtC. Adaptado de Nelson (*website*). Página 103

Figura 2. Diagrama de volume de melt produzido por cm³ de moscovite, biotite ou estauroilite em função da percentagem de água presente no *melt*. Adaptado de Spear *et al.* (1999). Página 104

Figura 3. Grelha de pressões e temperaturas determinadas para o sistema NaKFMASH, em que as linhas a tracejado correspondem à percentagem de H₂O dissolvida no melt e a linha a pontilhado as razões de Fe e Mg na granada; projecção das subestimativas de pressão e temperatura calculadas a partir do THERMOCALC. Adaptado de Spear *et al.* (1999). Página 105

Figura 4. Diagrama T-XCO₂ esquemático, exemplificativo da forma típica das reacções de desidratação na presença de CO₂. Modificado de Winter (2010). Página 106

Capitulo VII

Figura 1. Mapa geral das principais estruturas associadas ao CAFCR-L, com a localização dos subsectores A – Azêvo, B – Colmeal, C – Penha de Águia, D – Nave Redonda-Almofala, E – Olmedo de

Camaces e F – Escalhão.	Página 110
Figura 2. Mapa estrutural do sector Azêvo da região de Figueira de Castelo Rodrigo. Detalhe com os dados estruturais principais do sector em análise.	Página 111
Figura 3. Inversão de flanco das dobras D_1 , evidenciado pela relação $S_1 - S_0$; detalhe da quase transposição de S_1 e S_0 nos níveis mais pelíticos.	Página 113
Figura 4. Forte crenulação da xistosidade S_1 , resultando numa lineação de intersecção I_2 quase sub-horizontal.	Página 114
Figura 5. Dobras isoclinais apertadas associadas a uma foliação milonítica penetrativa.	Página 114
Figura 6. Aspectos cinemáticos nas unidades mais filíticas, com o desenvolvimento de bandas $c/s-c'$, com cinemática esquerda. Sector do Azêvo.	Página 114
Figura 7. Observação de aspectos cinemáticos a afectar os quartzitos mais filíticos, como o desenvolvimento de bandas $c/s-c'$, com cinemática esquerda. Sector do Azêvo.	Página 114
Figura 8. Necking associado a boudinage dos leitos quartzíticos numa matriz filítica. Sector do Azêvo.	Página 114
Figura 9. Mapa estrutural da área em estudo com o detalhe da estrutura no sector Colmeal, que se estende do rio Côa à Serra da Marofa.	Página 115
Figura 10. Espessa bancada de quartzito com evidência de estruturas primárias, como estratificação e estratificação cruzada. Estas estruturas permitem identificar o topo da camada como estando em baixo, indicando inversão da camada.	Página 116
Figura 11. Observações de estruturas associadas à fase de deformação D_1 ; a. dobras menores, com o desenvolvimento de uma foliação S_1 pouco inclinada; b. Skolithos indicando movimentação sinistrógiara associada a planos de cisalhamento D_1 reactivando a estratificação.	Página 117
Figura 12. Mapa estrutural da área em estudo com o detalhe da estrutura no sector Penha de Águia.	Página 118
Figura 13. Encraves de quartzito “restítico” numa massa de quartzito recristalizado.	Página 118
Figura 14. Dobramento D_1 onde se observa com clareza as superfícies de estratificação, apesar do elevado grau de recristalização.	Página 114
Figura 15. Esquema interpretativo das múltiplas variações de deformação associadas à mesma fase de deformação.	Página 119
Figura 16. Foliação milonítica muito penetrativa, associado a	

dobramento de pequena amplitude. Sector de Penha de Águia (Oeste). Detalhe do dobramento apertado dos níveis quartzíticos, numa matriz com um comportamento fluido.	Página 120
Figura 17. Marcador cinemático sigmóide quartzoso com indicação de cinemática esquerda. Sector de Penha de Águia (Oeste).	Página 120
Figura 18. Dobramento associado à foliação milonítica, com o desenvolvimento de dobras em bainha, com transporte para Oeste. Sector de Penha de Águia (Oeste).	Página 120
Figura 19. Projecção estereográfica em círculo de área igual; à esq. do subsector A, com estratificação transposta por S_3 , a que se associa uma lineação de estiramento, X_3 , ligeiramente mergulhante ora para Este ora para Oeste; à dta. do subsector B, com uma foliação S_3 muito penetrativa a que se associa uma X_3 mergulhante para Este.	Página 122
Figura 20. Clivagem de solução por pressão nas unidades quartzíticas; a. detalhe da clivagem; b. interpretação da clivagem a azul a rejeitar níveis de uma foliação anterior, marcados a amarelo. Sector de Penha de Águia.	Página 121
Figura 21. Dobramento apertado na banda de cisalhamento, associado à foliação milonítica. Sector de Penha de Águia.	Página 121
Figura 22. Eixos das dobras com mergulhos oscilantes, indicando dobramento de uma dobra anterior, sendo o segundo dobramento síncrono com o movimento cisalhante. Sector de Penha de Águia.	Página 121
Figura 23. Foliação milonítica e lineação de estiramento associada, dobradas por uma crenulação de grande amplitude, possivelmente tardi-varisca. Sector de Penha de Águia.	Página 121
Figura 24. Clivagem de crenulação a afectar a foliação milonítica, compatível com uma fase de deformação tardi-varisca. Sector de Penha de Águia.	Página 121
Figura 25. Mapa estrutural da área em estudo com o detalhe da estrutura no sector de Nave Redonda - Almofala.	Página 123
Figura 26. Projecção estereográfica em círculo de área igual; à esq. do subsector A, com estratificação NW-SE, a que se associa uma X_3 bastante mergulhante para Oeste ou Noroeste; à dta. do subsector B, com uma estratificação E-W, a que se associa uma X_3 ora bastante mergulhante para Oeste ora muito mergulhante para Sudoeste.	Página 124
Figura 27. a. Nível de conglomerado do Câmbrico, com evidências de deformação dúctil; b. Esquema interpretativo da cinemática associada à deformação cisalhante. Sector de Nave Redonda-Almofala.	Página 125

Figura 28. a. Dobramento de unidades quartzíticas, com um nível de descolamento; b. Esquema interpretativo da fotografia a., com indicação do mergulho e direcção da lineação de estiramento, que se mantém aproximadamente paralela ao eixo de dobramento. Sector de Nave Redonda-Almofala.	Página 125
Figura 29. Marcadores cinemáticos esquerdos associados à foliação milonítica pouco penetrativa. Sector de Nave Redonda-Almofala.	Página 125
Figura 30. Lineação de estiramento com evidências de dobramento por dobras com eixo vertical, norteadas. Sector de Nave Redonda-Almofala.	Página 125
Figura 31. Projecção estereográfica em círculo de área igual correspondente ao subsector C; estratificação E-W (ainda que se observe alguma dispersão na direcção) a que se associam X_3 pouco mergulhantes ora para Este ora para Oeste.	Página 126
Figura 32. Mapa estrutural da área em estudo com o detalhe da estrutura no sector de Olmedo de Camaces.	Página 127
Figura 33. Projecção estereográfica em círculo de área igual; à esq. estratificação E-W a que se associam X_3 pouco mergulhantes ora para Oeste para o subsector A; dta. estratificação E-W a ESE-WNW com X_3 mergulhantes para Sudoeste para o subsector B.	Página 128
Figura 34. Skolithos em bancada quartzítica com evidente deformação cizalhante, como indicado com a seta a amarelo; Plano da imagem representa S_0 , pelo que o topo da bancada avança para ENE enquanto que a base para WSW, compatível com uma cinemática esquerda-cavalgante Skolitho (60° , $S50^\circ W$).	Página 128
Figura 35. Mapa geológico simplificado do Sector de Escalhão, com re-interpretação da zona de cisalhamento anteriormente referida como Quinta dos Boais, e com referência à zona de migmatitos identificada, sendo que o seu prolongamento, por não ter sido observado, não foi delimitado. A nomenclatura dos granitos seguida foi baseada na carta geológica 15-B, ainda que se tenha colocado () a nomenclatura geral deste estudo, seguindo Ribeiro e Silva (2000). Modificado de Silva e Ribeiro (1994).	Página 129
Figura 36. Critérios cinemáticos esquerdos associados a foliação milonítica. Sector Escalhão.	Página 131
Figura 37. Dique aplítico a intersectar a unidade metatexítica com lineações de estiramento distintas; o aplito só apresenta X_3b , indicando o seu carácter posterior em relação à X_3a . Sector Escalhão.	Página 131
Figura 38. Bandado sedimentar do encaixante em grau	

metamórfico baixo (zona da biotite), dado pela intercalação de níveis calcossilicatados com pelíticos. Sector Escalhão.	Página 131
Figura 39. Criérios cinemáticos dúcteis num granitóide, com bandas C-S associadas a cinemática esquerda. Sector Escalhão.	Página 131
Figura 40. Critério cinemático dúctil na unidade metatexítica, com o desenvolvimento de sigmóides com geometria cizalhante sinistrógira. Sector Escalhão.	Página 131
Figura 41. Laminação das dobras D_1 associada a uma S_3 mais penetrativa. Sector Escalhão.	Página 132
Figura 42. Dobras isoclinais amplas D_1 , com um S_1 espaçado, pouco penetrativo. Sector Escalhão.	Página 132
Figura 43. Bloco esquemático interpretativo da cinemática e campo de tensões envolvido na génese de <i>boudins</i> .	Página 133
Figura 44. <i>Boudins</i> assimétricos concordantes com cinemática esquerda.	Página 133
Figura 45. <i>Mullions</i> simétricos em facés perpendiculares à lineação de estiramento, como resultado do achatamento.	Página 133

Capítulo VIII

Figura 1. Evolução tectono-magmática realizada para o batólito das Beiras, segundo Azevedo e Valle Aguado (2013), com trajectórias P-T-t e cortes esquemáticos para os vários estádios evolutivos. A evolução do CAFCR-L deverá ser integrada no mesmo contexto evolutivo, à luz dos novos dados adquiridos e com base nas interpretações realizadas.	Página 138
Figura 2. A. Zonamento tectonoestratigráfico do orógeno Varisco, colocando em evidência o Arco Ibero-Armoricano (AIA; a pontilhado). Adaptado de Weil <i>et al.</i> (2010); B. Reconstituição esquemática do orógeno durante o Devónico Inferior-Médio, com a marcada anisotropia da ZCJPC a cinza; C. Reconstituição esquemática do AIA durante o tardi-varisco. BAOC – Complexo Ofiolítico de Beja-Acebuches; NWIA – Terrenos Alóctones do NW da Ibéria. Modificado de Ribeiro <i>et al.</i> (1995).	Página 139
Figura 3. Modelo evolutivo em regime transpressivo do tipo desligamento para o CAFCR-L e ZCJPC, com representação esquemática do final do Carbónico (não considerando os cavalgamentos tardios mais frágeis). A cor das estruturas está associada à fase de deformação em que foram geradas e a dimensão da fase de deformação é proporcional à intensidade dessa fase de deformação na região de Figueira de Castelo	

Rodrigo-Lumbrales; X3 - lineação de estiramento da D3. No topo superior direito, um diagrama transpressivo triclínico oblíquo tipo (Fernández e Azpiroz, 2009). O esquema não obedece a razões geométricas de escala.

Página 141

Figura 4. Modelo evolutivo em regime transpressivo do tipo desligamento para o CAFCR-L e ZCJPC, com representação esquemática do final do Carbónico (fase D3 tardia). A cor das estruturas está associada à fase de deformação em que foram geradas e a dimensão da fase de deformação é proporcional à intensidade dessa fase de deformação na região de Figueira de Castelo Rodrigo-Lumbrales; X3 - lineação de estiramento da D3.

No topo superior direito, um diagrama transpressivo triclínico oblíquo tipo (Fernández e Azpiroz, 2009). O esquema não obedece a razões geométricas de escala.

Página 142

Figura 5. Esquema simplificado da evolução durante a D3b; A. formação de estruturas mais frágeis a Norte; B. numa fase mais tardia, reactivação das estruturas prévias da ZCJPC, como desligamentos ou como cavalgamentos desligantes sinistrógiros (cavalgamento de Santa Bárbara) ou cavalgamentos puros (Nave Redonda, não representado) out of sequece.

Página 143

Figura 6. Cinemática associada ao tardi-varisco em Figueira de Castelo Rodrigo (sector Colmeal), com rejogo frágil-dúctil dos desligamentos esquerdos, provocando dobras de arraste de expressão cartográfica e um padrão cartográfico de orientação ENE-WSW.

Página 144