



2013/NE

**SIMPÓSIO DE GEOLOGIA
DO NORDESTE**

III SIMPÓSIO DA PROVÍNCIA BORBOREMA

10 a 13 de novembro de 2013

PLUTONISMO GRANÍTICO VARISCO NO CENTRO NORTE DE PORTUGAL

M^a Rosário Azevedo



Departamento de Geociências
Universidade de Aveiro

A COLISÃO CONTINENTAL VARISCA



FINAL PALEOZÓICO

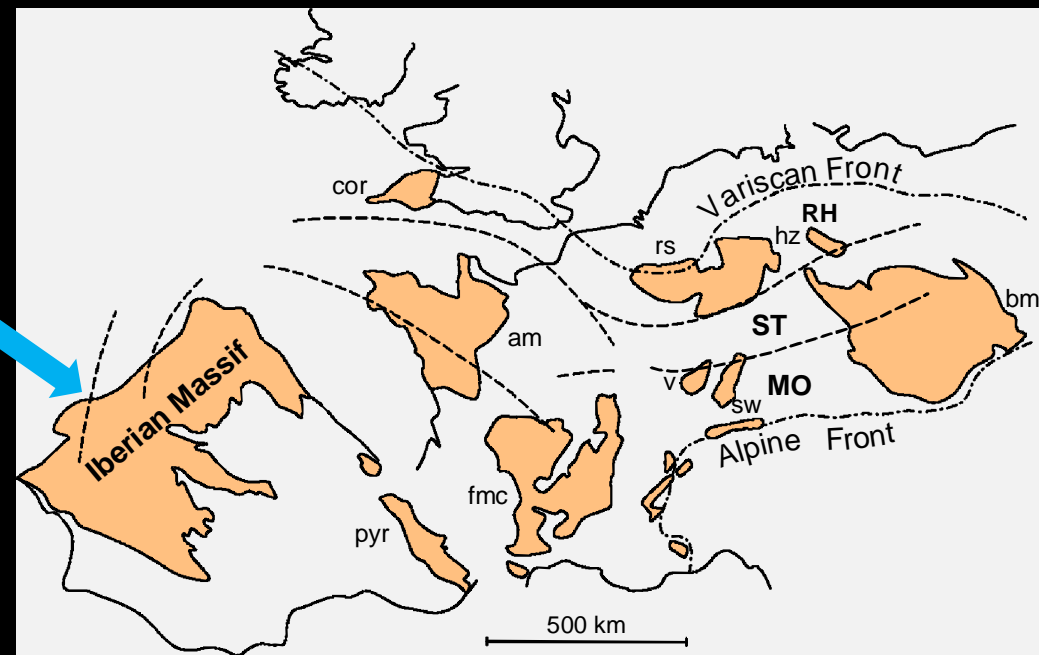
Fecho do Oceano Rheic

Colisão oblíqua dos supercontinentes

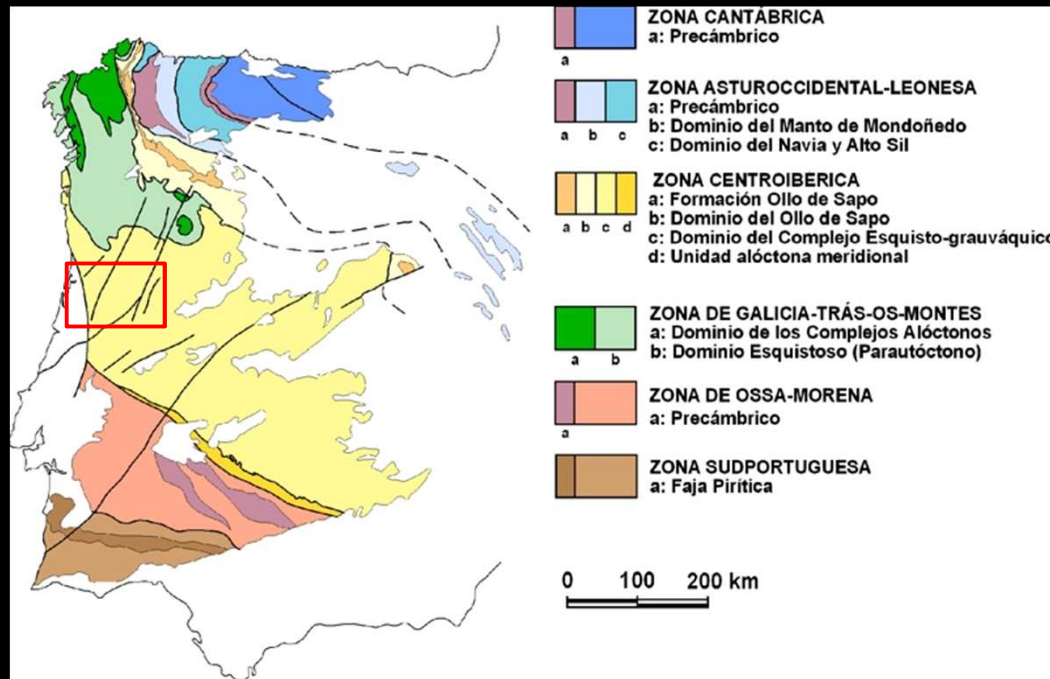
Laurússia e Gondwana ⇒ PANGEIA

MACIÇO IBÉRICO

Parte da margem activa da
Gondwana.



O MACIÇO IBÉRICO E SUA ZONALIDADE

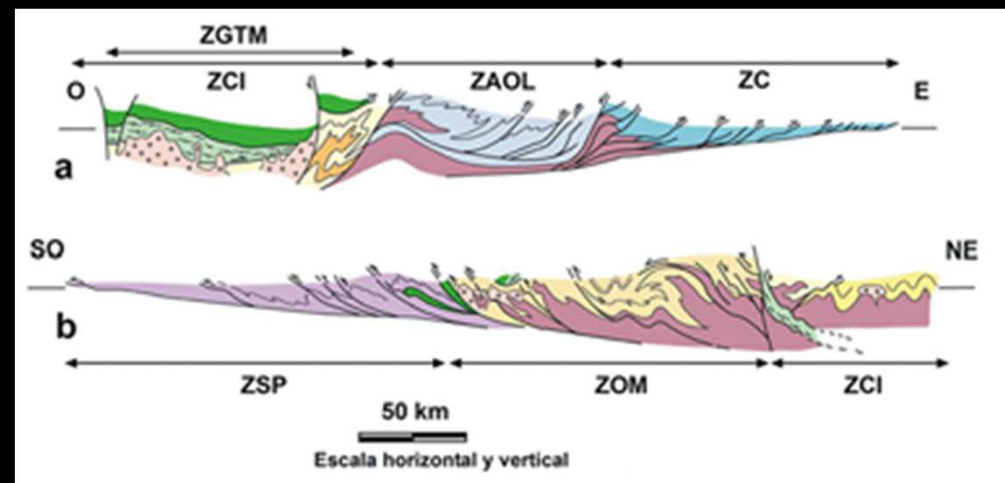


Zonas internas: ZAOL, ZGTM, ZCI E ZOM

- Terrenos com idades entre o Precâmbrico e o Paleozóico Inf.
- Deformação varisca mais precoce e intensa
- Metamorfismo regional atinge grau alto
- Plutonismo granítico abundante

Zonas externas: ZC e ZSP

- Predomínio terrenos do Paleozóico Superior
- Deformação varisca tardia e menos intensa
- Metamorfismo regional baixo grau
- Plutonismo granítico escasso

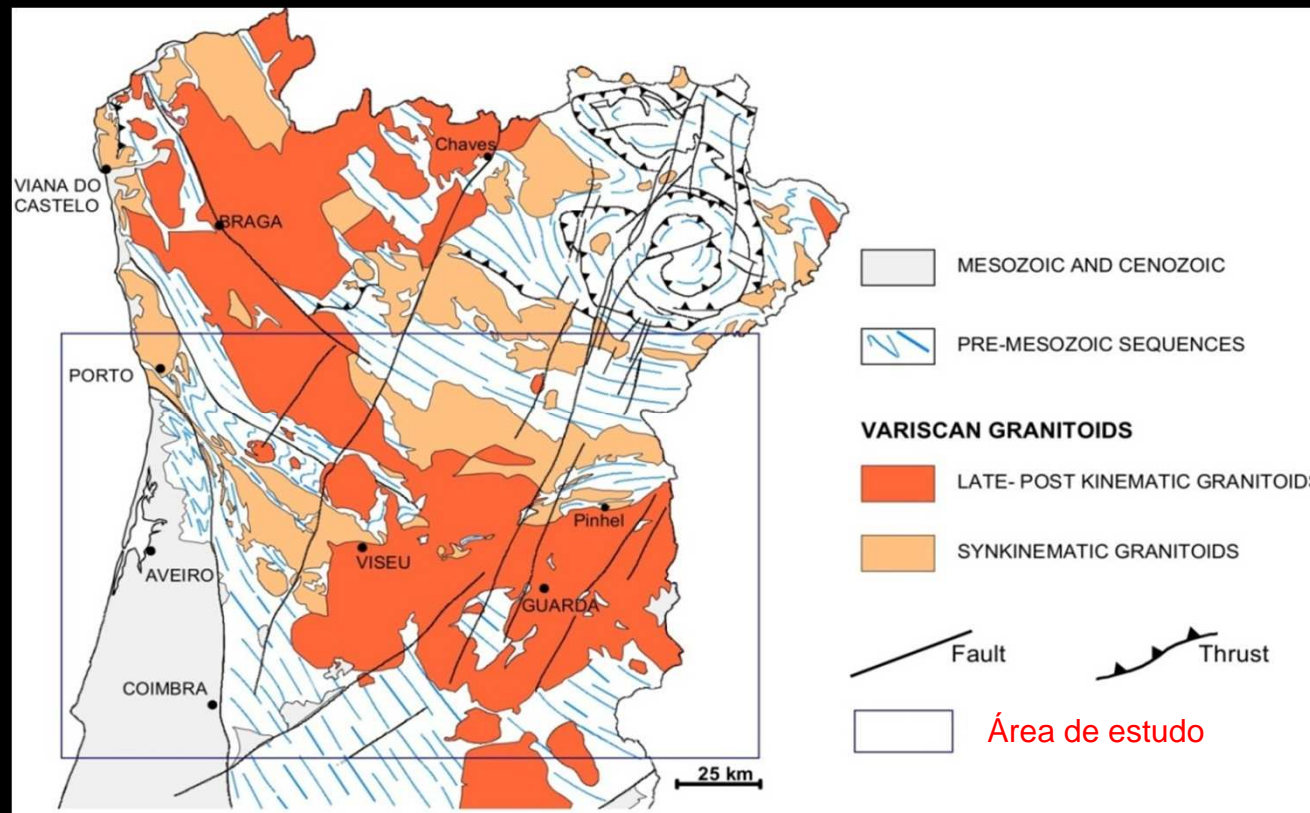


A scenic view of a rocky river valley. The foreground shows a rocky bank with green grass and yellow wildflowers. A river flows through the center, surrounded by large, mossy rocks. The background is a dense forest of green trees on a hillside. The text "A ÁREA DE ESTUDO" is overlaid in yellow.

A ÁREA DE ESTUDO

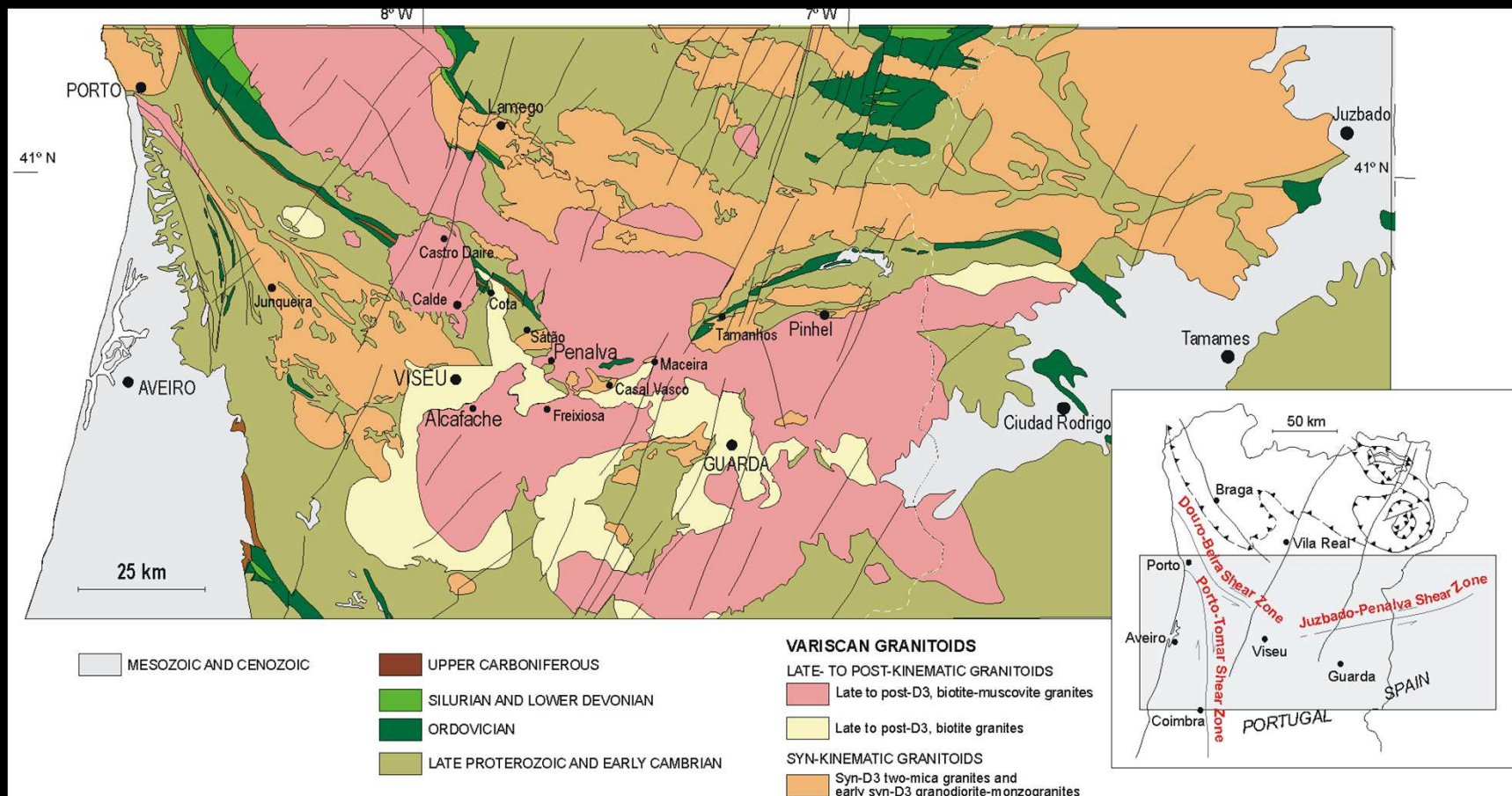
A REGIÃO CENTRO NORTE DE PORTUGAL

- Rochas Proterozóicas e Paleozóicas metamorizadas e dobradas
- Granitóides variscos
 - ↳ Granitóides sin-tectónicos
 - ↳ Granitóides tardi-pós-tectónicos



ENCAIXANTE METAMÓRFICO

- Predomínio de metassedimentos do CXG (Neoproterozóico – Câmbrico)
- Materiais do Ordovícico – Devónico Inferior preservados em sinclinais estreitos e compridos
- Molassos continentais do Carbónico Superior



TECTÓNICA E METAMORFISMO REGIONAL

D₁ - Fase espessamento crustal

Afecta todas as sequências Pré-Carboníferas
Estruturas com direcção dominante NW-SE
Dobras com uma xistosidade de plano axial - S₁



D₂ - Fase extensional

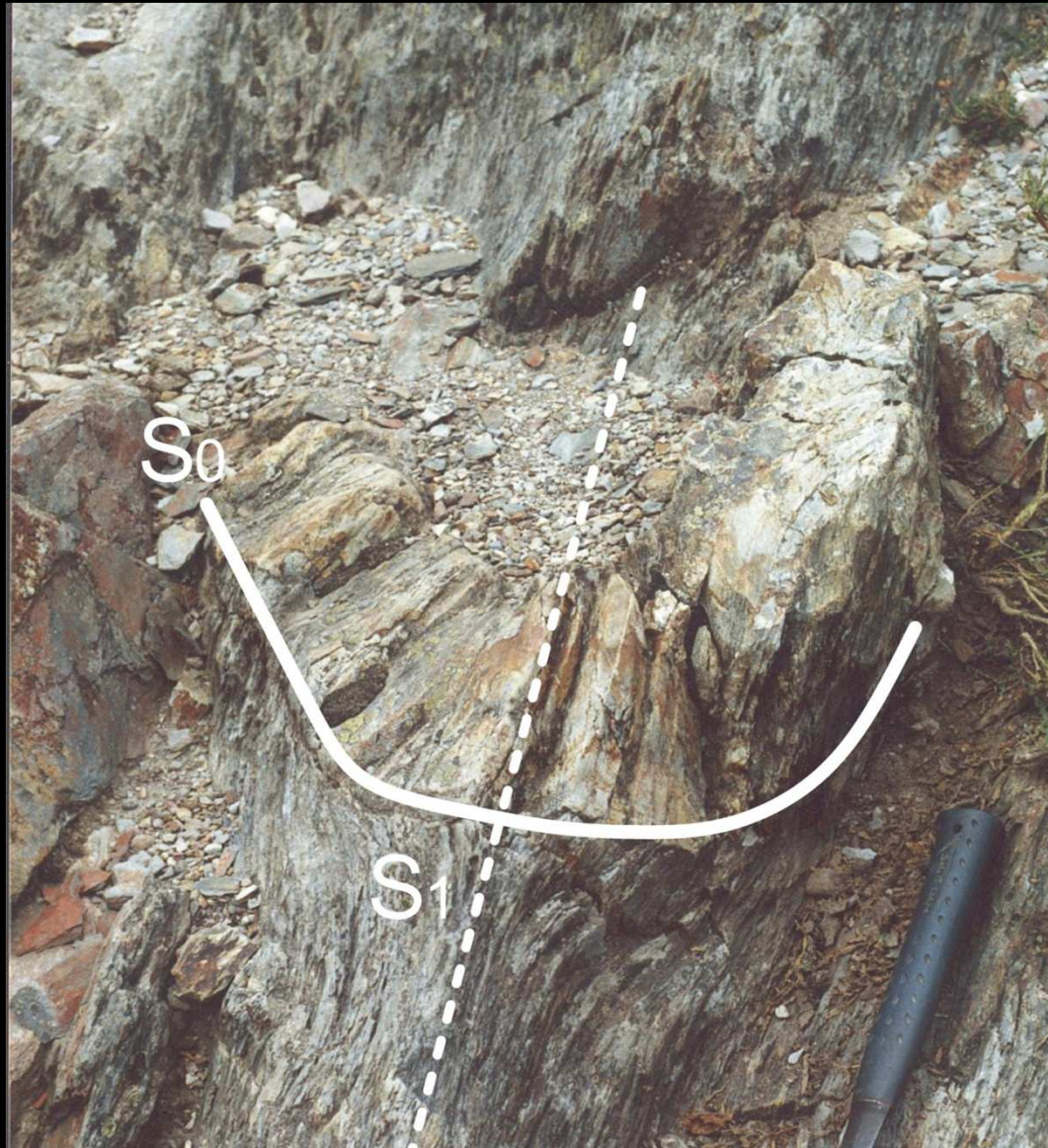
Afecta sequências metamórficas de grau médio-alto
Carácter heterogéneo
Zonas de cisalhamento sub-horizontais
Desenvolvimento de uma foliação S₂

D₃ - Fase transcorrente

Carácter heterogéneo
Zonas de cisalhamento sub-verticais
Redobra as estruturas anteriores

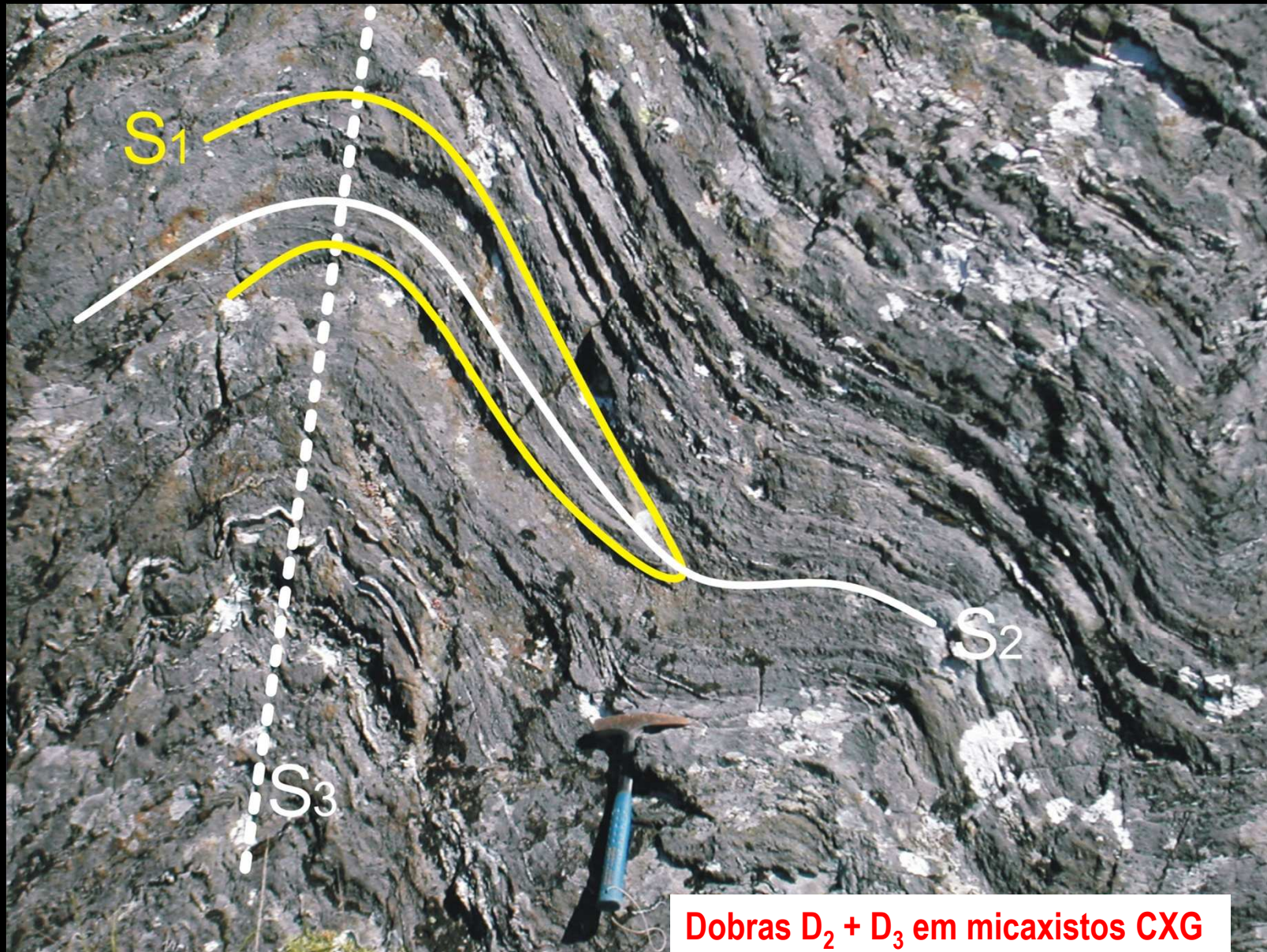


TECTÓNICA E METAMORFISMO REGIONAL



Xistosidade S_1 em filádios CXG (Neoproterozóico – Câmbrio Inferior)

TECTÓNICA E METAMORFISMO REGIONAL



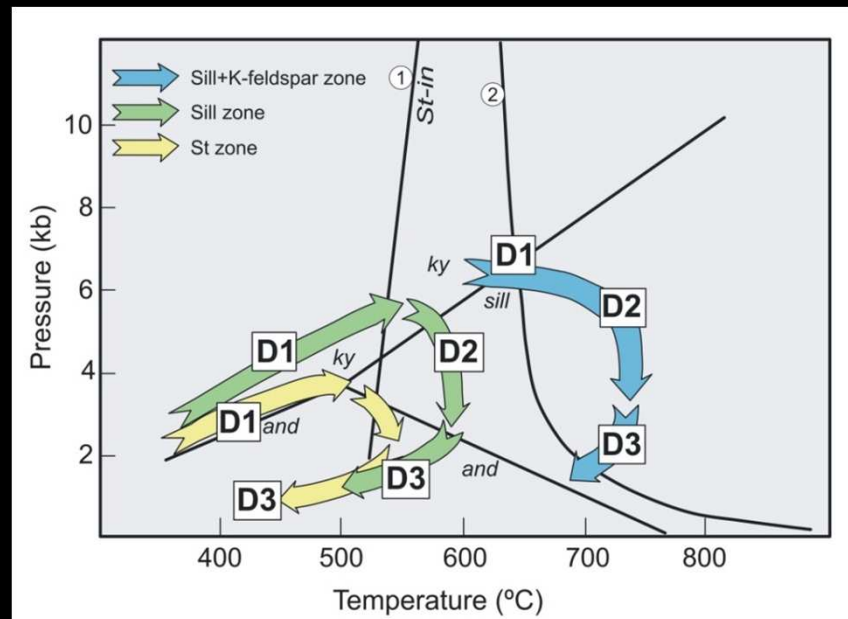
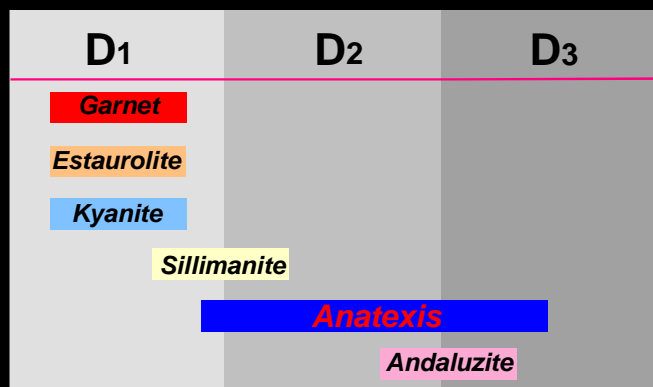
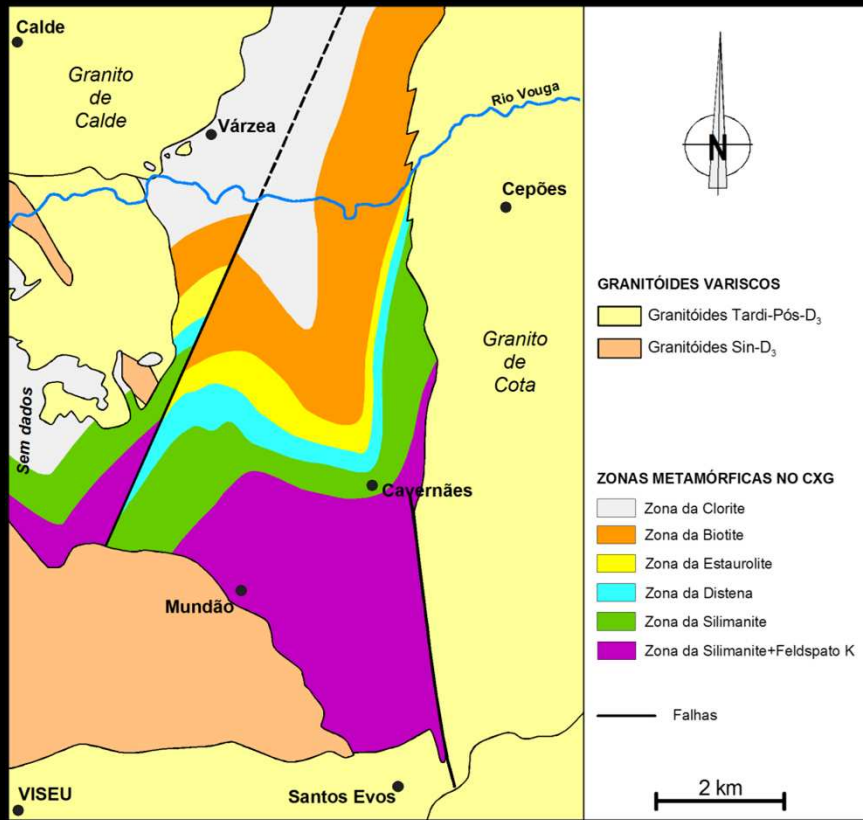
Dobras $D_2 + D_3$ em micaxistos CXG

TECTÓNICA E METAMORFISMO REGIONAL



Dobras D₃ em micaxistos CXG

TECTÓNICA E METAMORFISMO REGIONAL



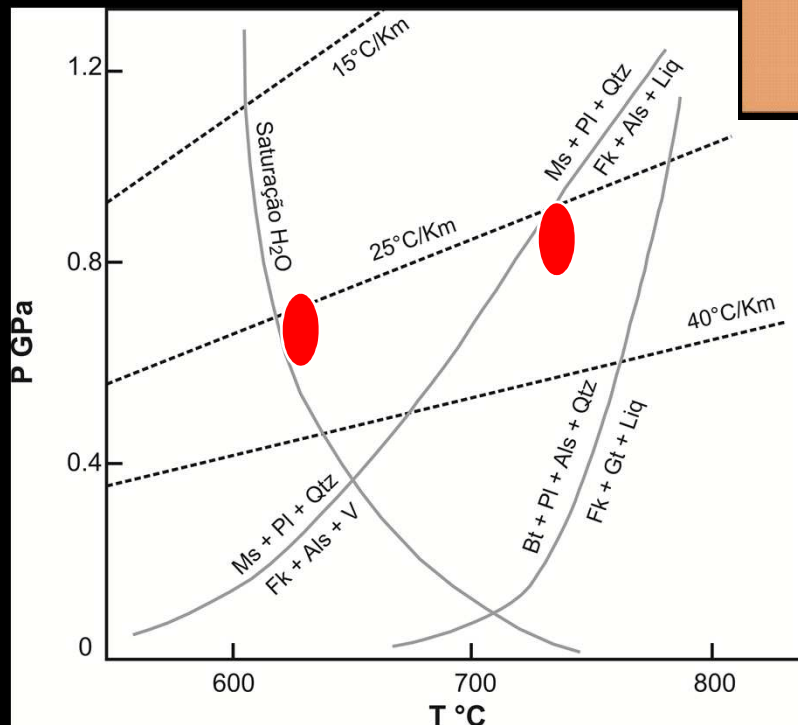
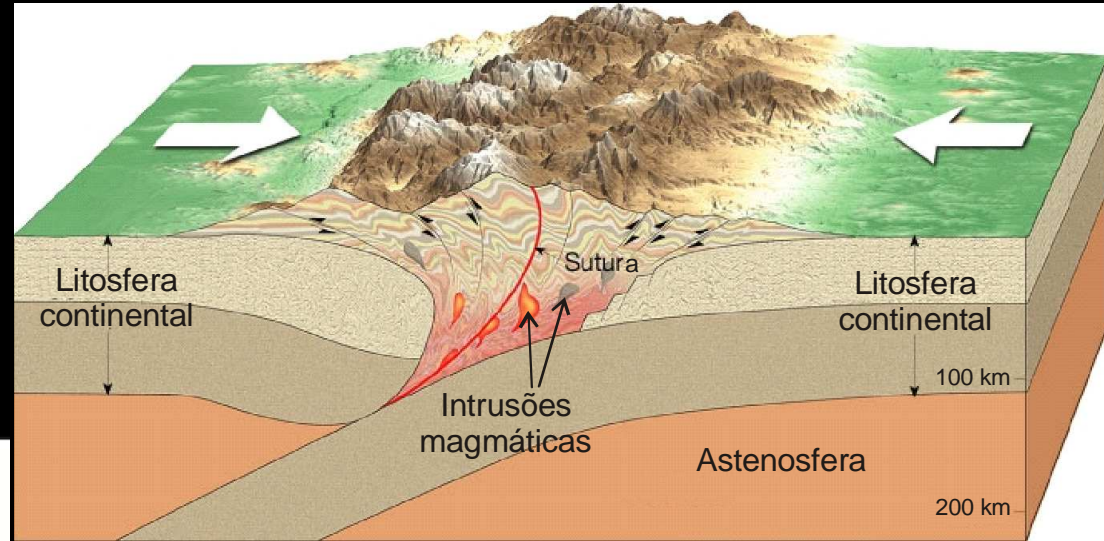
TECTÓNICA E METAMORFISMO REGIONAL



Migmatitos de Mundão - Viseu

MIGMATIZAÇÃO

**FUSÃO PARCIAL
E
MIGMATIZAÇÃO**



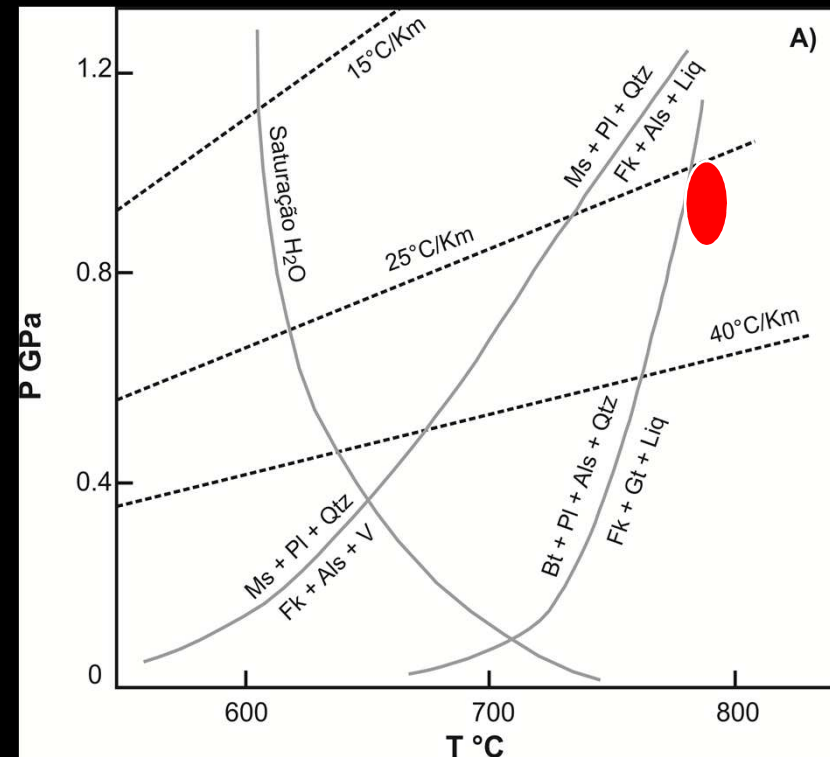
Saturação em água

Desidratação da moscovite
(1) $ms + pl + qz \Rightarrow fk + als + Liq$

**PEQUENOS VOLUMES DE FUNDIDOS
GRANÍTICOS PERALUMINOSOS**

GÉNESE DE MAGMAS GRANÍTICOS

FUSÃO PARCIAL DE PROTÓLITOS CRUSTAIS



Desidratação da biotite



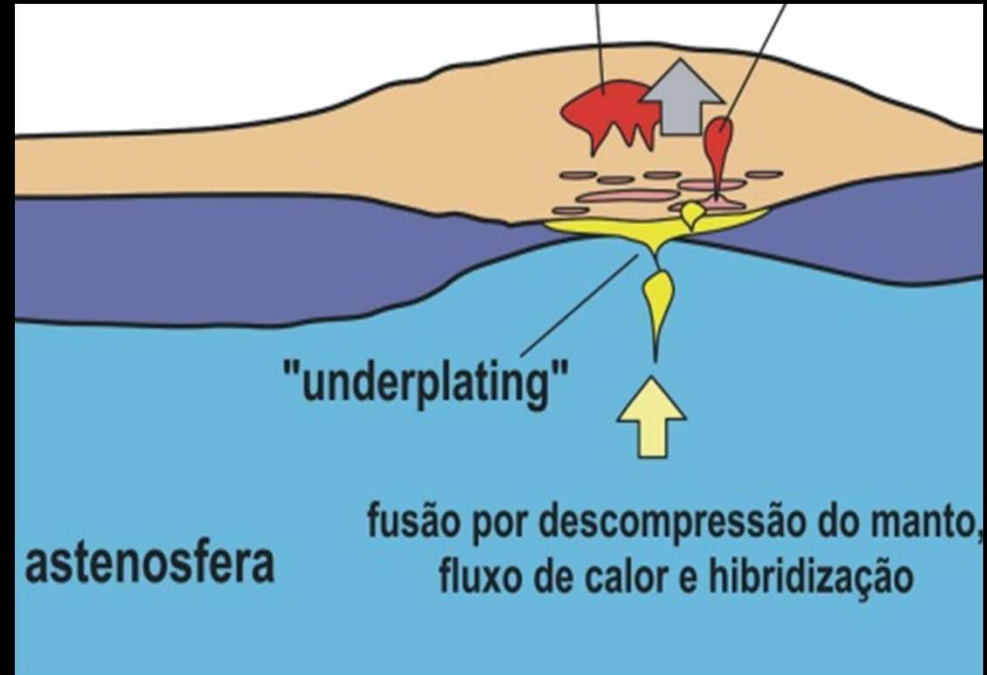
Desidratação da anfíbola



LARGOS VOLUMES DE MAGMAS GRANÍTICOS PERALUMINOSOS a METALUMINOSOS

HIBRIDIZAÇÃO DE MAGMAS

**INTRUSÃO DE
MAGMAS BÁSICOS
NA INTERFACE
CRUSTA-MANTO
“UNDERPLATING”**



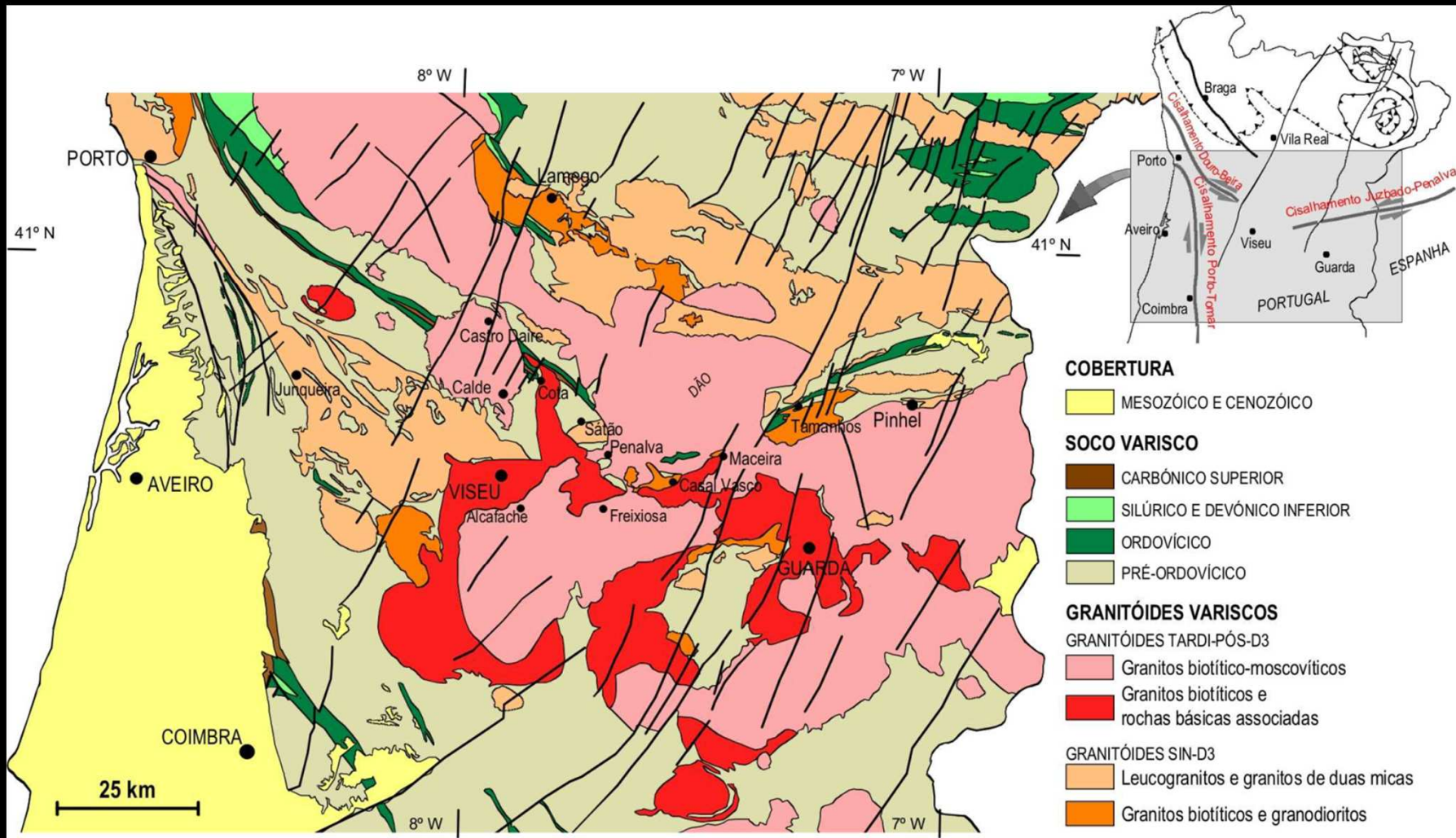
1- fonte de calor para as reacções de fusão parcial dos protólitos crustais.

2- interacção química / mecânica dos líquidos básicos de origem mantélica com fundidos crustais (“mixing/mingling”).

**LARGOS VOLUMES DE MAGMAS GRANÍTICOS
COM CARACTERÍSTICAS MISTAS**

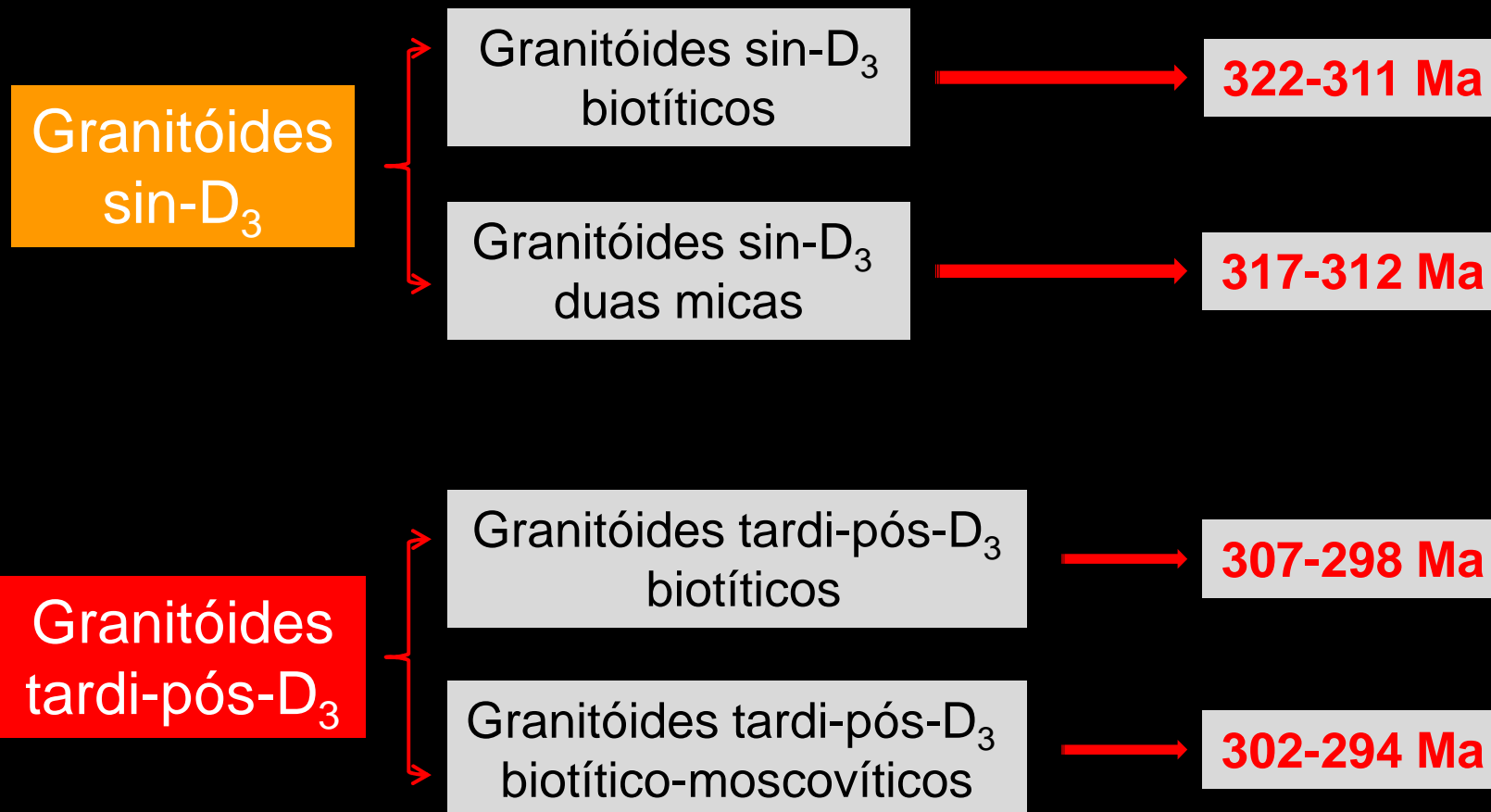
GRANITÓIDES VARISCOS

A instalação de magmas graníticos ocorre essencialmente durante ou após a terceira fase de deformação varisca (D_3)



PLUTONISMO GRANÍTICO VARISCO

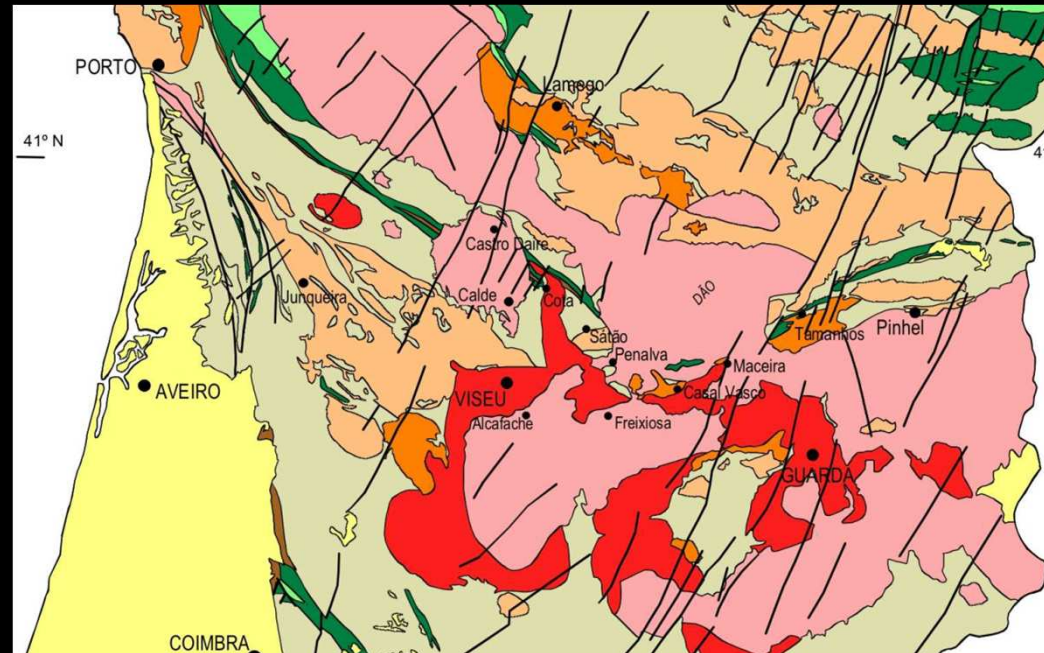
SEQUÊNCIA DE INSTALAÇÃO



GRANITÓIDES BIOTÍTICOS SIN-D₃ PRECOCES

Maçiços estudados:

- Tamanhos
- Maceira
- Casal Vasco
- Sernancelhe



- Pequenas intrusões de granitos e granodioritos biotíticos
- Variedades porfiróides e não porfiróides, de grão médio a grosseiro
- Encraves microgranulares máficos
- Foliação concordante com estruturas regionais
- Deformação heterogénea

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS SIN-D₃ PRECOCES



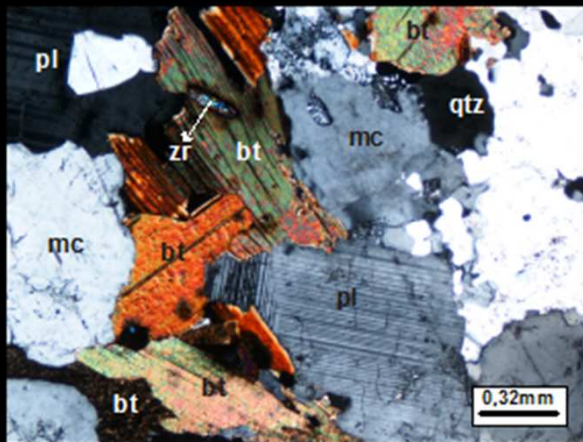
**Granito - granodiorito
Maceira**

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS SIN-D₃ PRECOCES

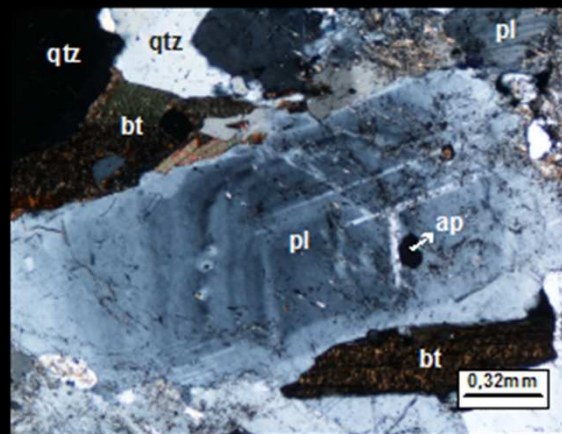
Textura hipidiomórfica granular seriada, porfiróide e não porfiróide

Associação mineralógica:

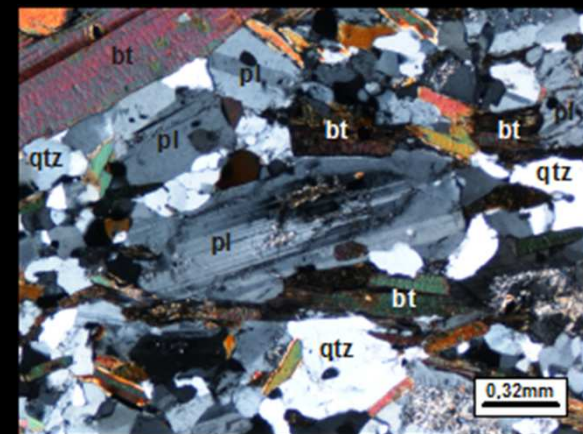
Qz + FK+ Pl (oligoclase - andesina) + Bi + Ap + Zr + Mn + Op



Biotite – fase máfica dominante



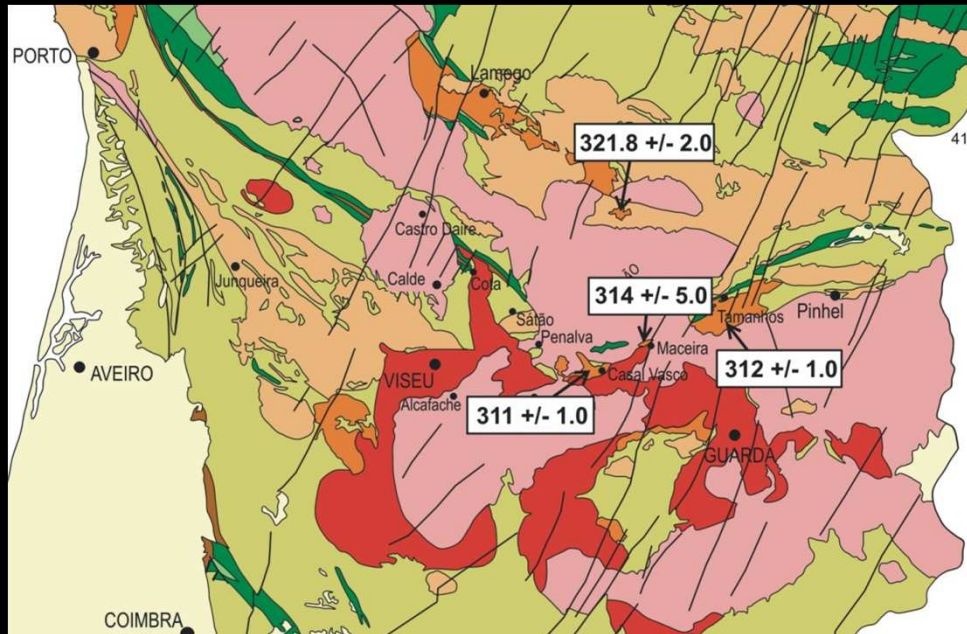
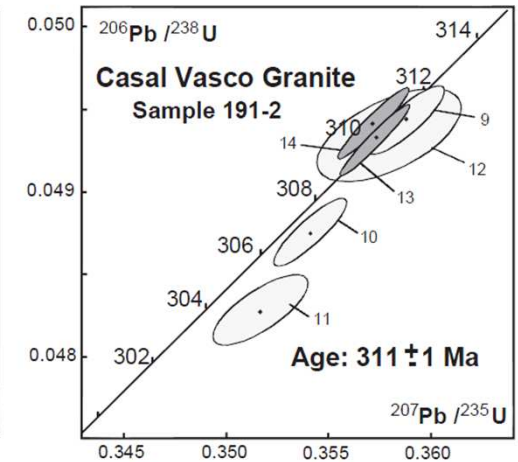
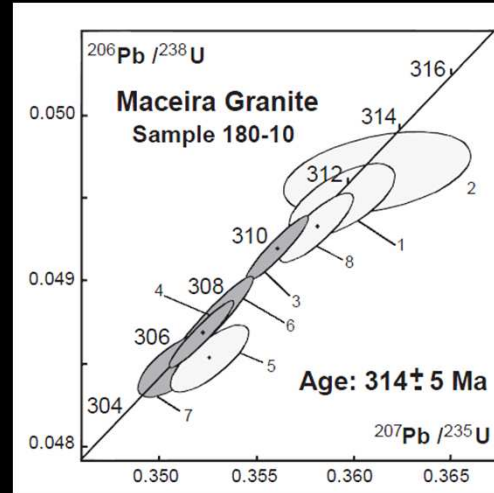
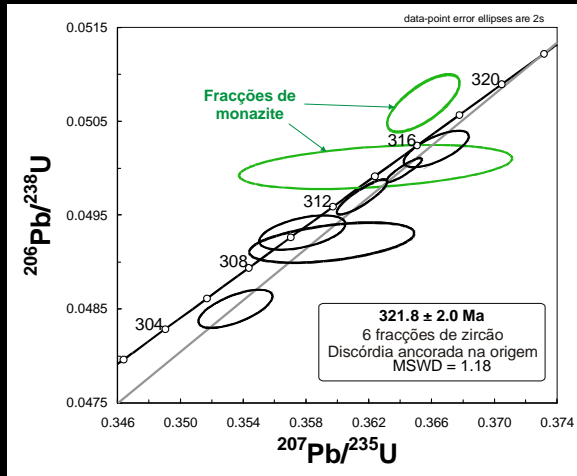
Plagioclase com zonamento complexo



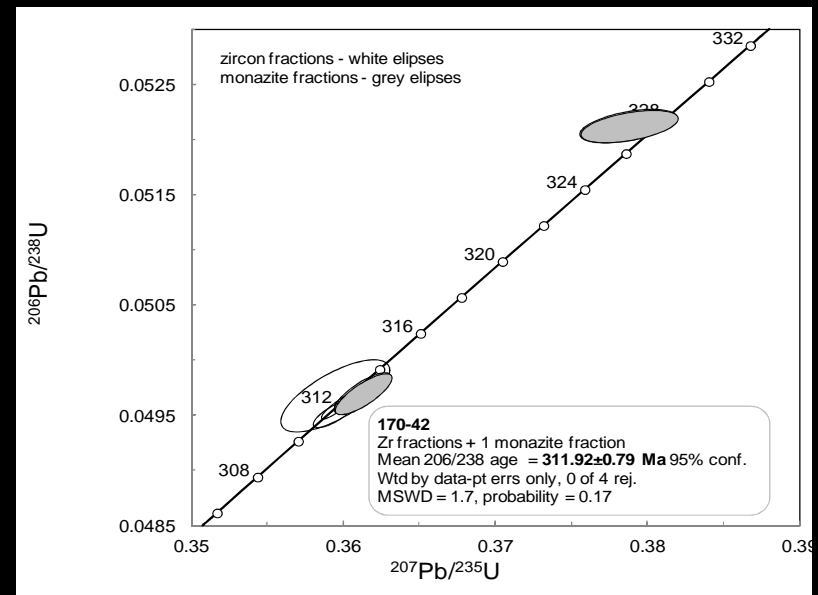
Encraves microgranulares

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS SIN-D₃ PRECOSES

Granito de Sernancelhe – 322 ± 2 Ma



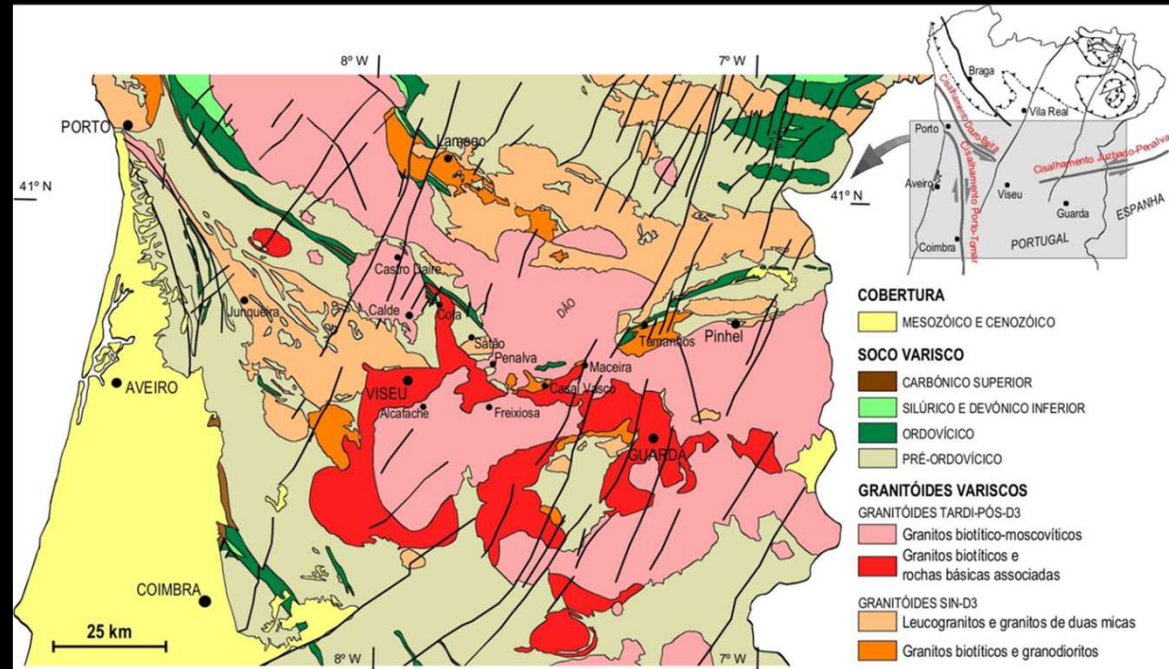
Granodiorito Tamanhos - 312 ± 0,79 Ma



GRANITÓIDES DE DUAS MICAS SIN-D₃

Maciços estudados:

- Junqueira
- Sátão
- V. Chã Beira



- Intrusões mesozonais alongadas de leucogranitos e granitos de duas micas
- Variedades porfiróides e não porfiróides, de grão fino, médio e grosseiro
- Encraves metassedimentares
- Foliação concordante com estruturas regionais
- Deformação heterogénea

GRANITÓIDES DE DUAS MICAS SIN-D₃



Granito de Junqueira

GRANITÓIDES DE DUAS MICAS SIN-D₃



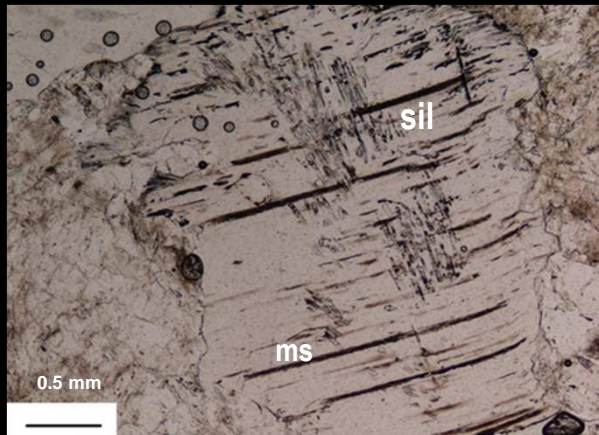
Granito de Sátão

GRANITÓIDES DE DUAS MICAS SIN-D₃

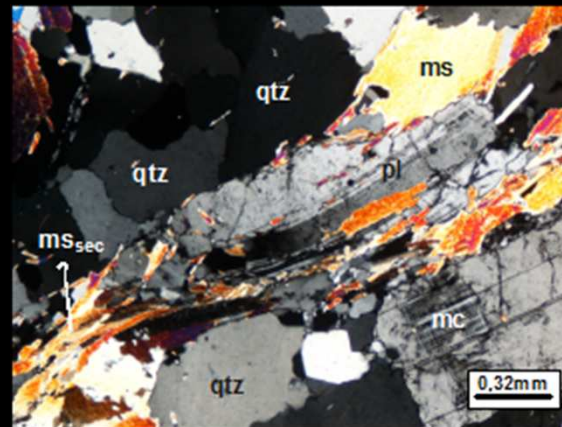
Textura granular seriada. Evidências de deformação no estado sólido nas amostras mais deformadas (quartzo com subgranulação, feldspatos com bordos de recristalização, micas com clivagens encurvadas)

Associação mineralógica:

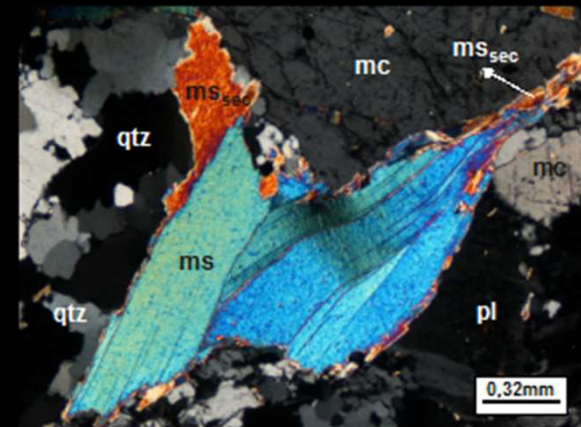
Qz + FK+ Pl (oligoclase - albite) + Ms + Bi + Ap + Zr + Mn + Op ± Sil ± Tu



Inclusões de sillimanite em moscovite primária



Foliação gnáissica incipiente

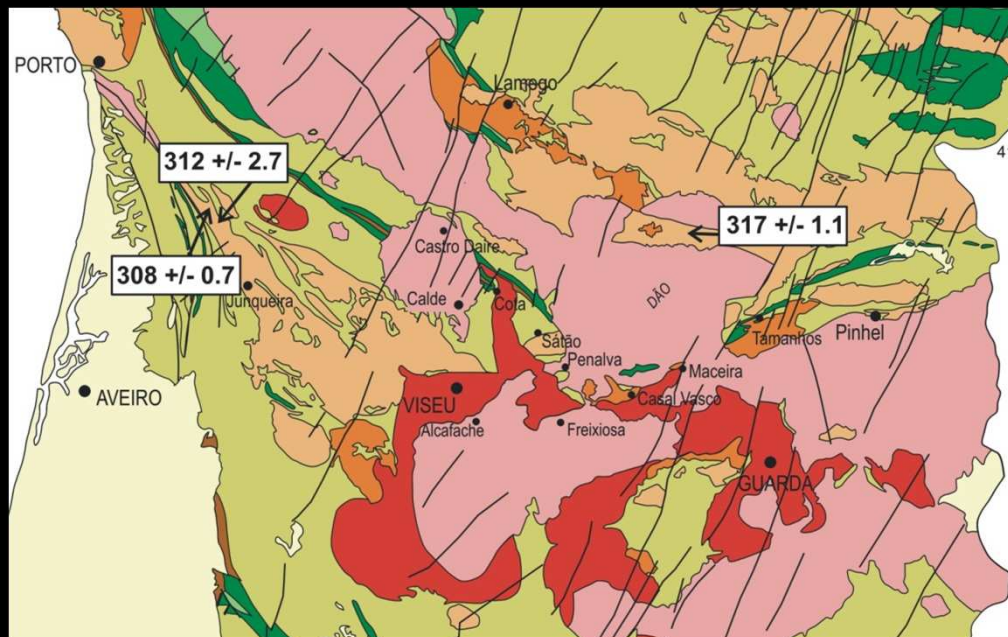
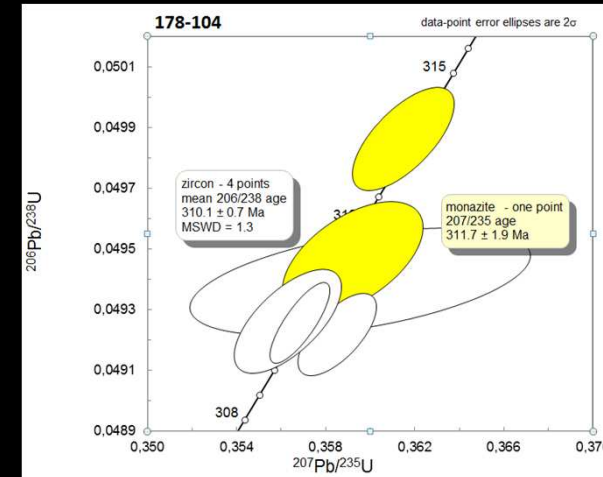
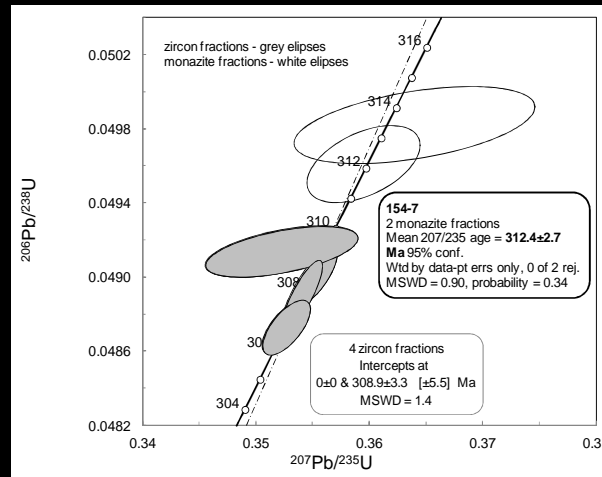
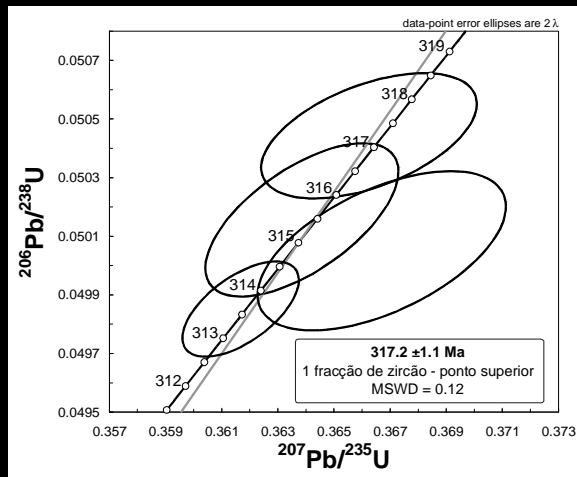


Moscovite primária sigmoidal

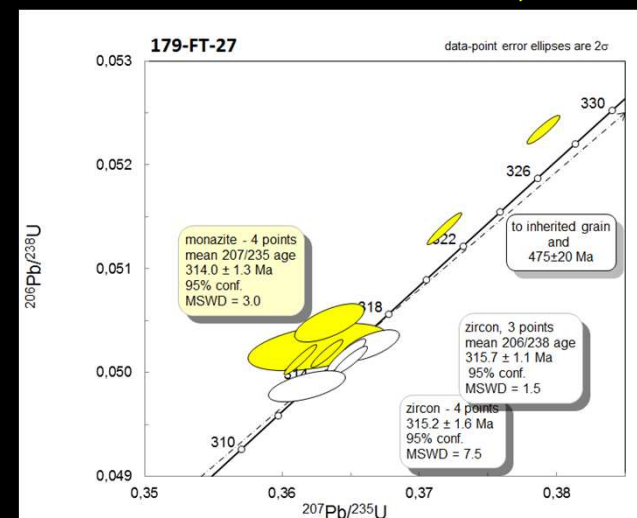
GRANITÓIDES DE DUAS MICAS SIN-D₃

Granito V. Chã da Beira – 317 ± 1,1 Ma

Granito Junqueira – 312 ± 2,7 Ma e 310 ± 0,7 Ma



Granito Sático – 315 ± 1,6 Ma



GRANITÓIDES SIN-D₃ - GEOQUÍMICA

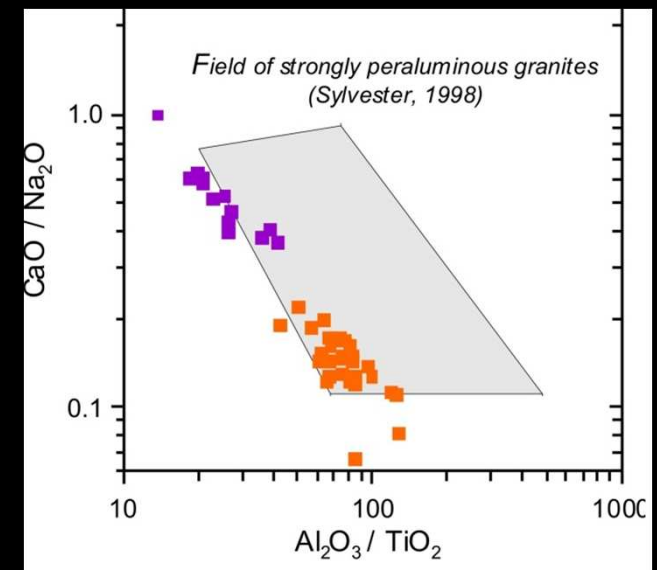
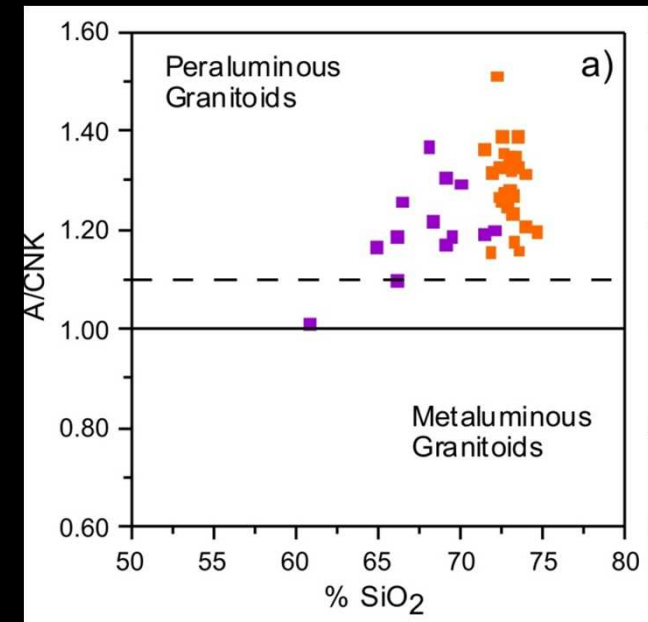
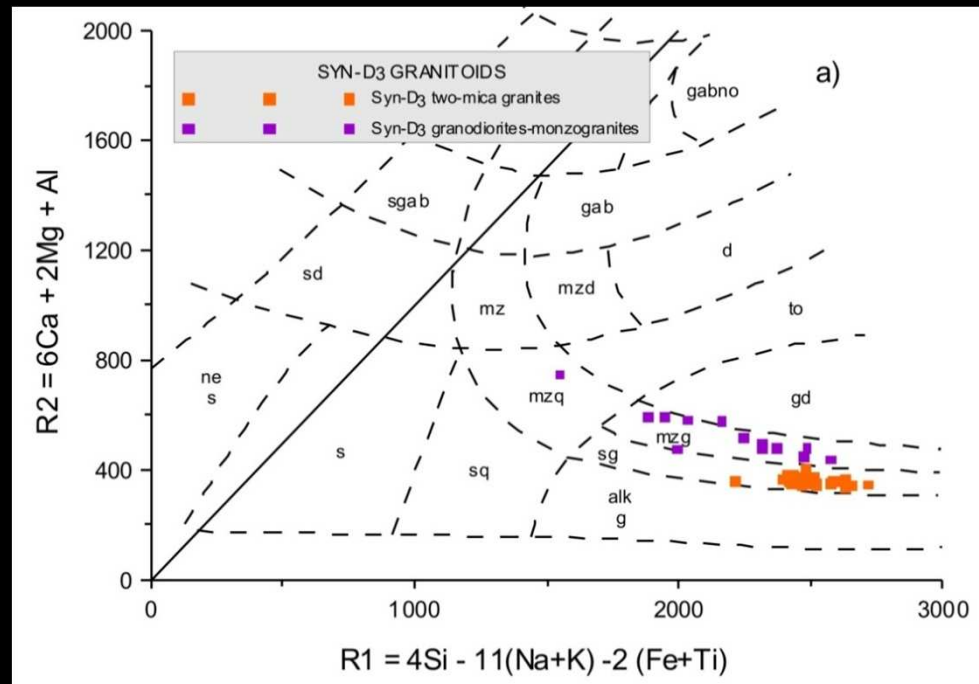
Granitos e granodioritos biotíticos

Metaluminosos a peraluminosos

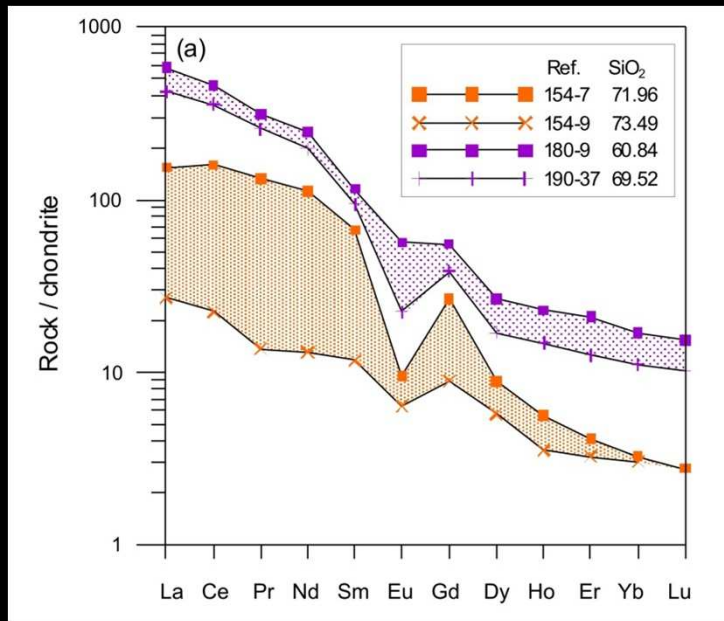
⇒ **TIPOLOGIA transicional I-S**

Leucogranitos e granitos duas micas

Fortemente peraluminosos ⇒ **TIPOLOGIA-S**



GRANITÓIDES SIN-D₃ - GEOQUÍMICA



Granitos e granodioritos biotíticos

Padrões de terras raras muito fraccionados
Anomalias negativas Eu pequenas

Leucogranitos e granitos duas micas

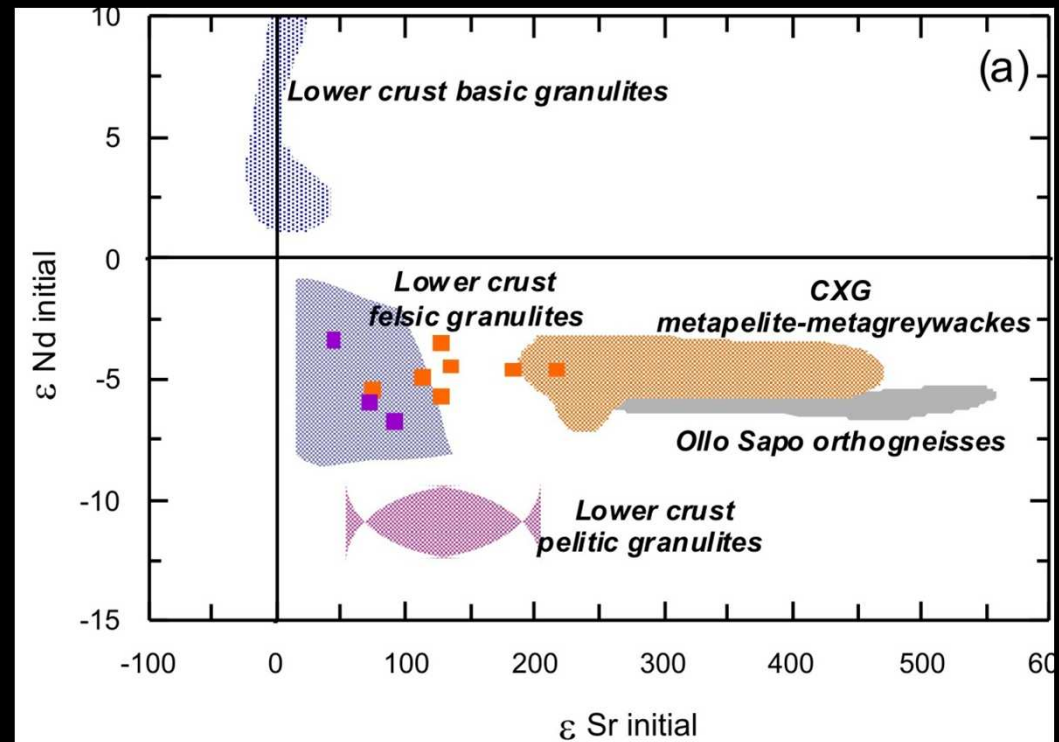
Padrões de terras raras menos fraccionados
Anomalias negativas Eu elevadas

Granitóides sin-D3 biotíticos

Fusão parcial protólitos
ígneos / grauváquicos crustais
ou
Hibridização de magmas

Granitóides sin-D3 duas micas

Fusão parcial protólitos
metassedimentares crustais



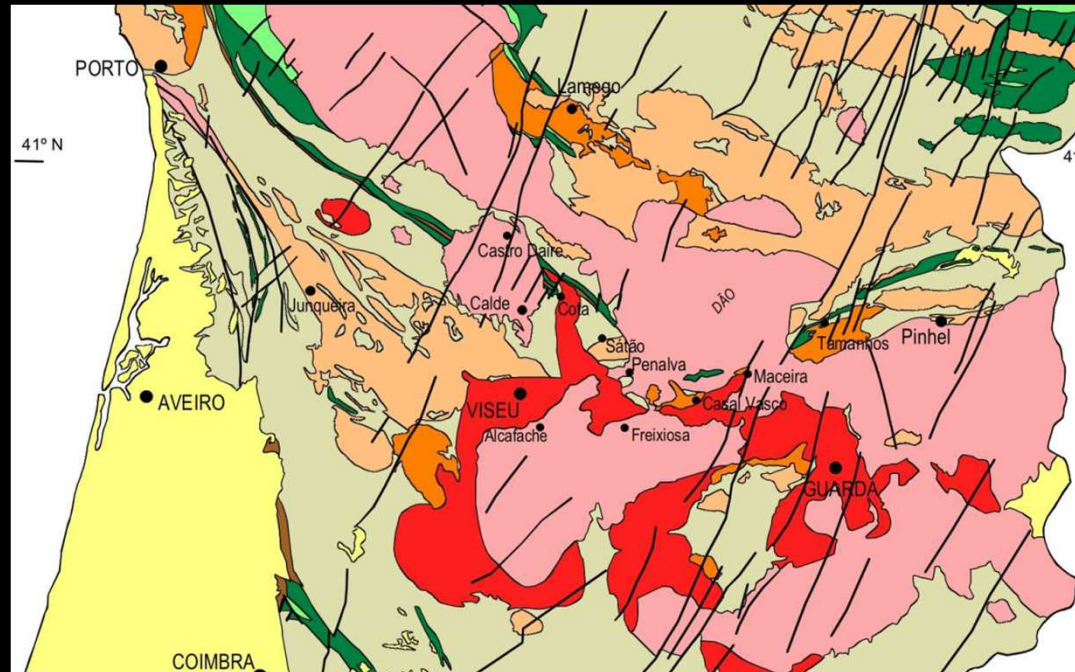
GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃

Maçiços estudados:

- Cota-Viseu
- Rochas ígneas básicas e intermédias associadas



Granito Cota-Viseu



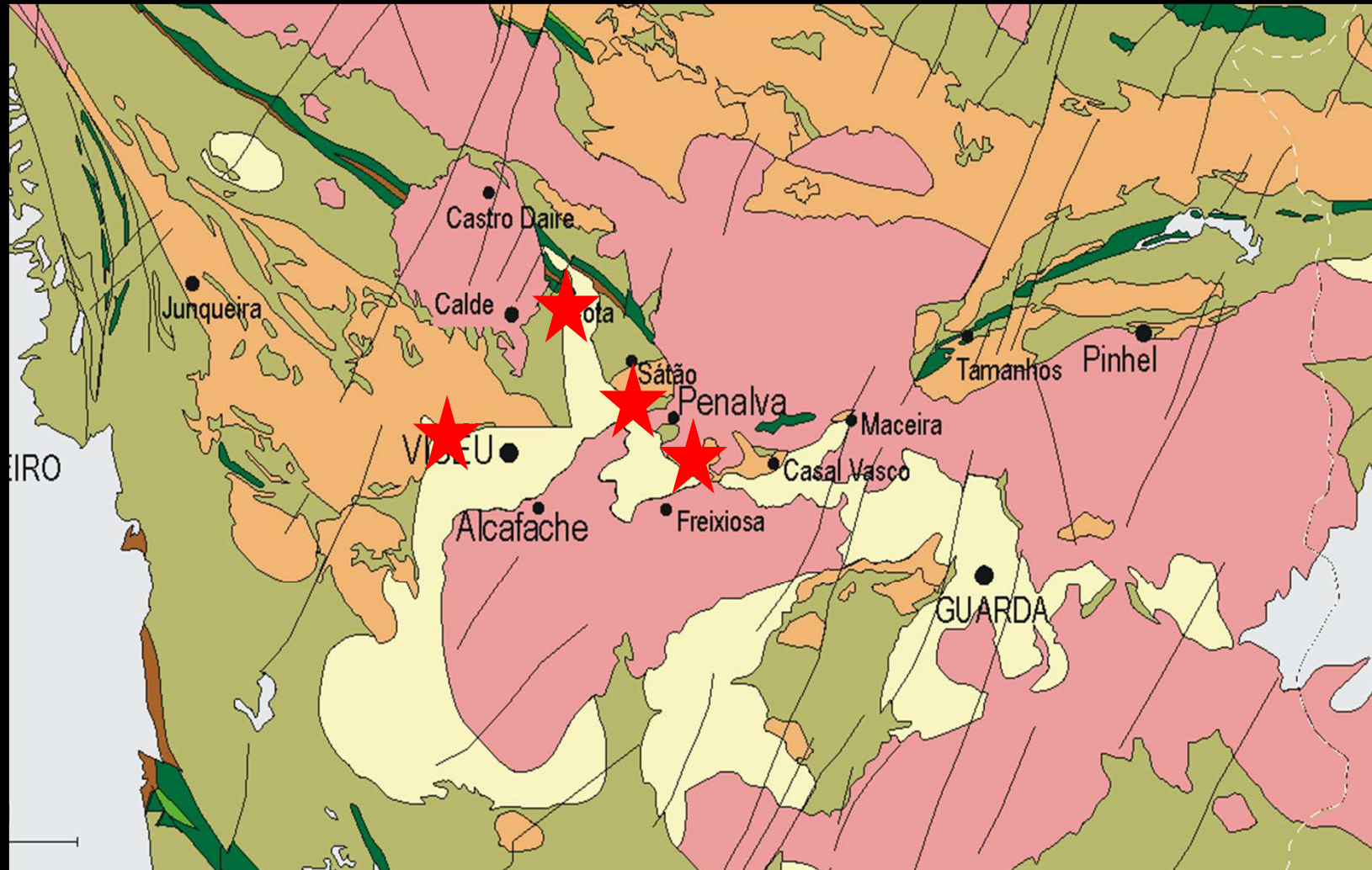
- Intrusão de dimensões batolíticas de granito porfiróide de grão médio a grosseiro biotítico
- Pequenos corpos básicos e intermédios
- Encraves microgranulares máficos / zonas de mistura de magmas
- Foliação de fluxo magmático concordante com contactos
- Ausência de deformação

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



Granito Cota-Viseu
Fluxo magmático

ROCHAS ÍGNEAS BÁSICAS TARDI-PÓS-D₃



ROCHAS ÍGNEAS BÁSICAS TARDI-PÓS-D₃



Rochas ígneas máficas

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



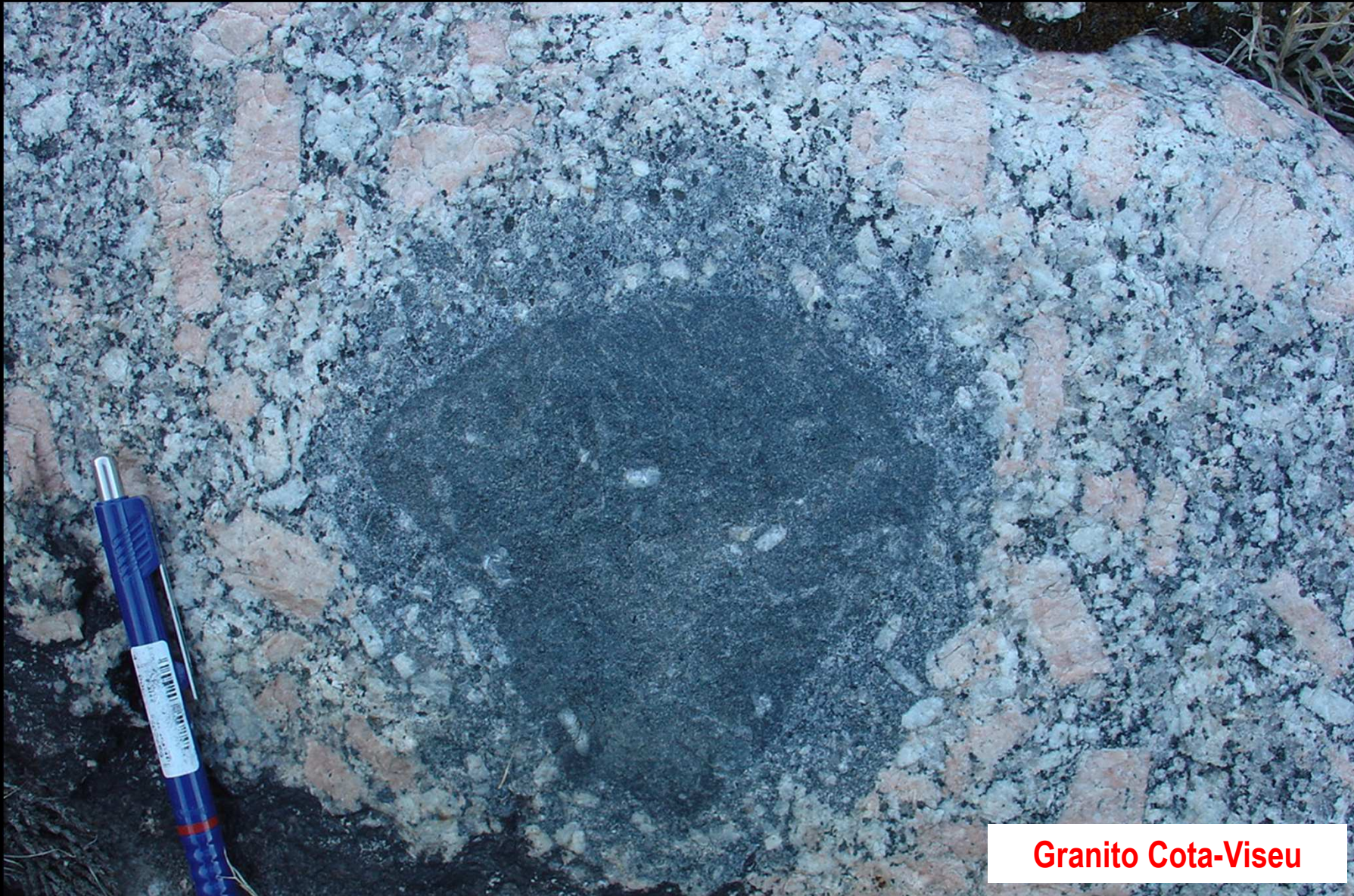
Granito Cota-Viseu

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



Granito Cota-Viseu

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



Granito Cota-Viseu

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



Zona de mistura de magmas

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



Zona de mistura de magmas

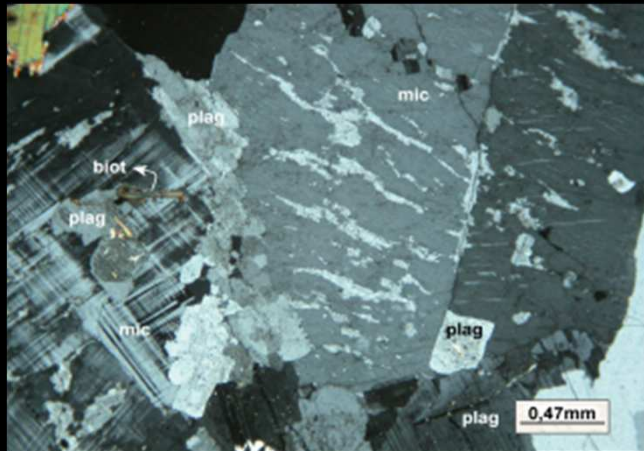
GRANITÓIDES TARDI-PÓS-D₃ BIOTÍTICOS

Granito porfiróide biotítico

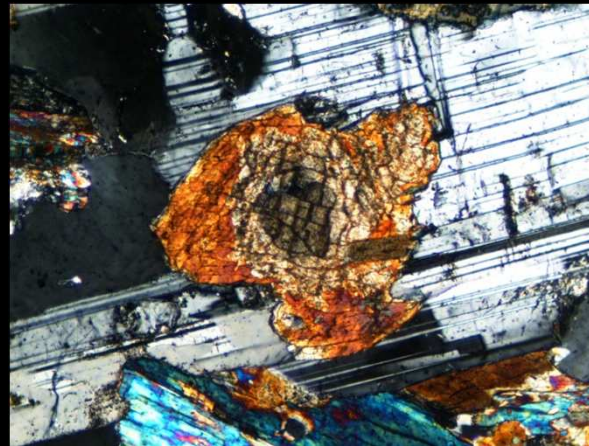
Textura granular seriada porfiróide de grão médio-grosseiro
Qz + FK+ Pl (oligoclase - andesina) + Bi + Ap + Zr + Mn + Op

Rochas básicas e intermédias associadas

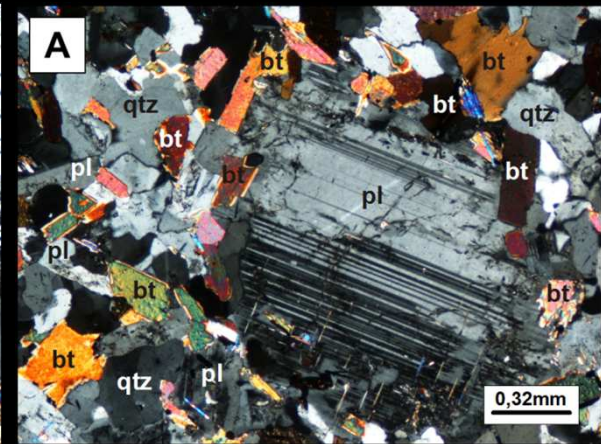
Textura granular seriada de grão fino a médio
Qz + Pl (oligoclase - labradorite) ± FK + Bi ± Anf ± Cpx+ Ap + Zr + Esf + Op



Microclina pertítica no granito porfiróide



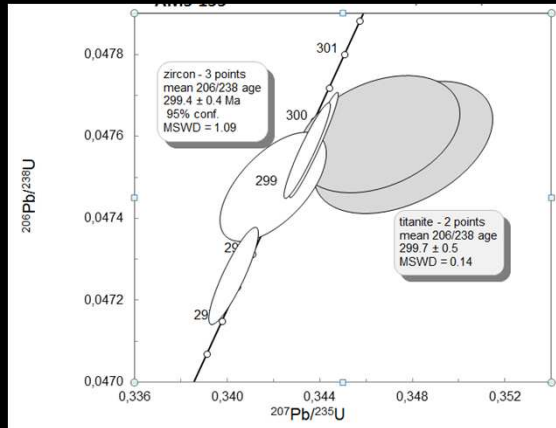
Relíquia de piroxena em cristal de anfíbola



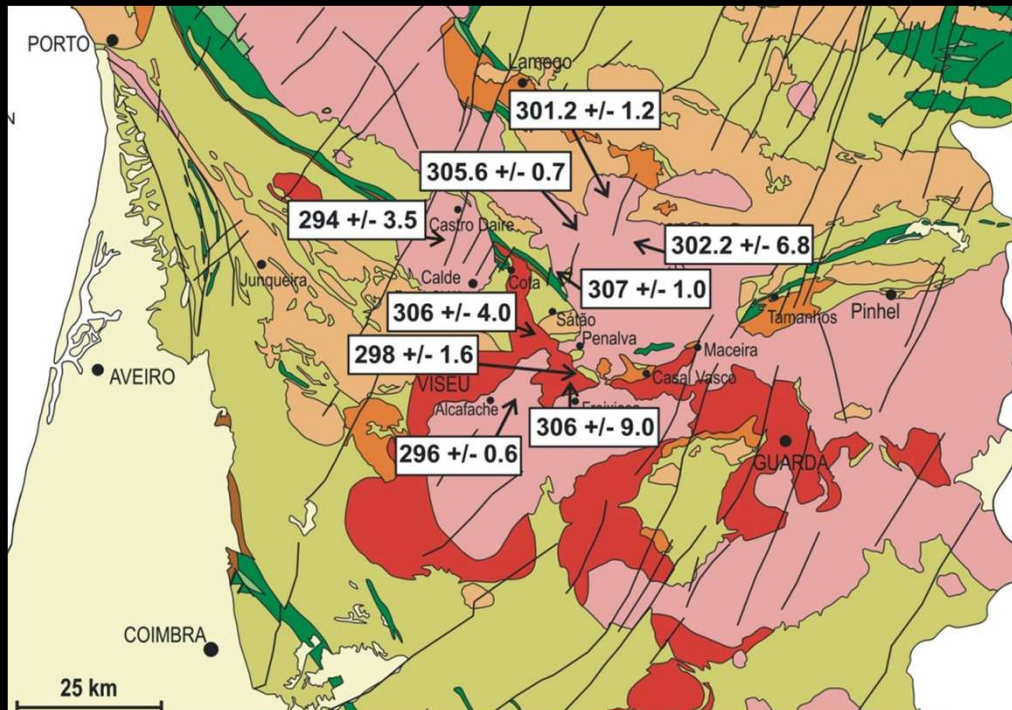
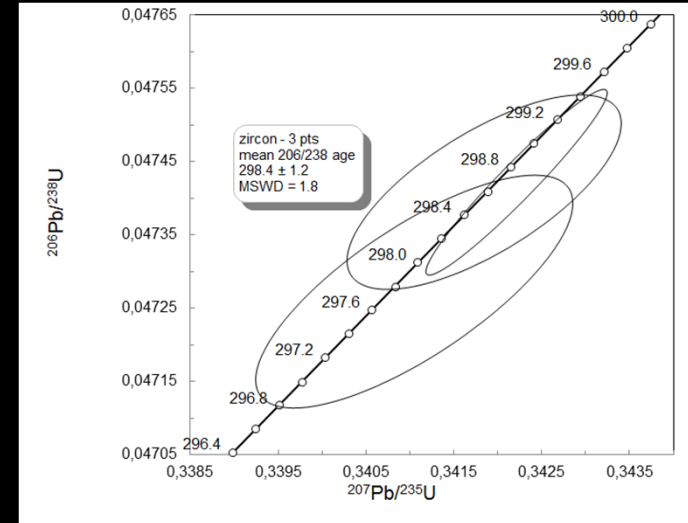
Texturas de disequilibrium em encaves microgranulares

GRANITÓIDES BIOTÍTICOS TARDI-PÓS-D₃

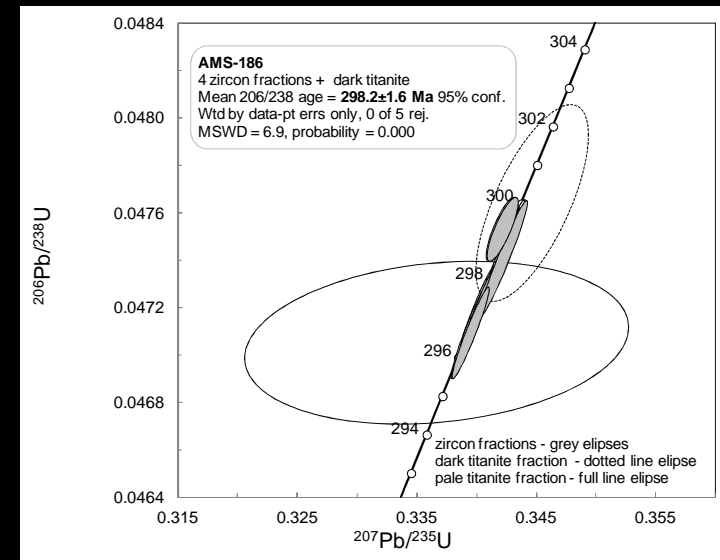
Granodiorito Torredeita - $299 \pm 0,4$ Ma



Granito Cota-Viseu - $298 \pm 1,2$ Ma



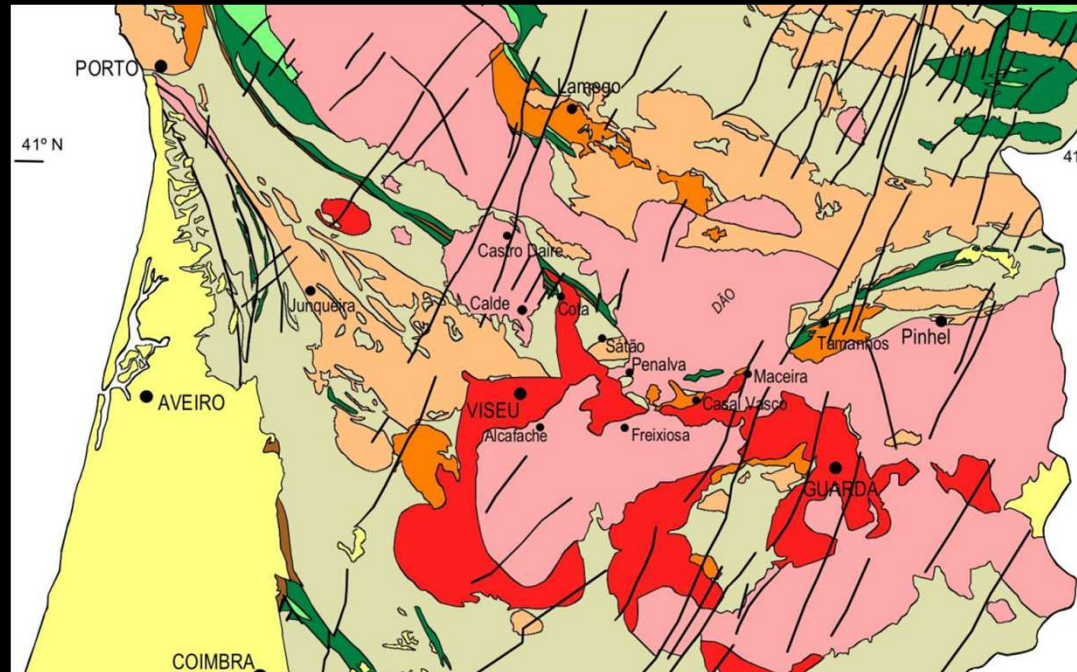
Granodiorito Trancozelos - $298 \pm 1,6$ Ma



GRANITÓIDES BIOTÍTICO-MOSCOVÍTICOS TARDI-PÓS-D₃

Maçiços estudados:

- Alcafache
- Aguiar da Beira
- Pera Velha
- Calde



Granito Alcafache

- Intrusões de grandes dimensões de granitóides biotítico moscovíticos
- Variedades porfiróides e não porfiróides
- Encraves microgranulares máficos pouco abundantes
- Foliação de fluxo magmático concordante com contactos
- Ausência de deformação

GRANITÓIDES BIOTÍTICO-MOSCOVÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



Granito de Alcafache

GRANITÓIDES BIOTÍTICO-MOSCOVÍTICOS TARDI-PÓS-D₃



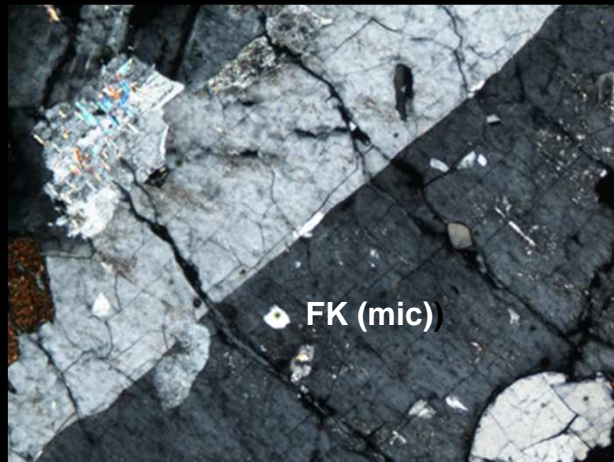
Granito de Alcafache

GRANITÓIDES BIOTÍTICO-MOSCOVÍTICOS TARDI-PÓS-D₃

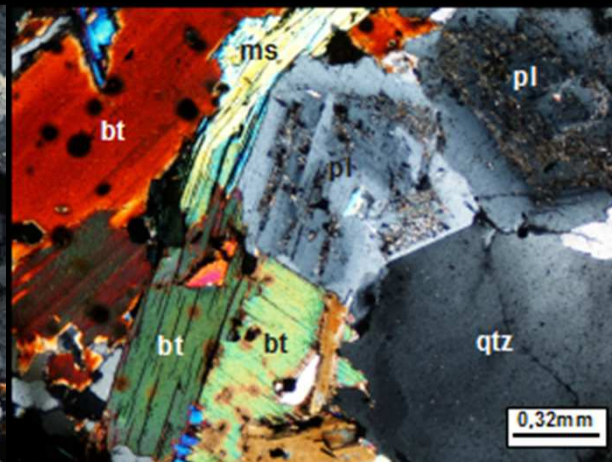
Textura hipidiomórfica granular seriada, porfiróide e não porfiróide

Associação mineralógica:

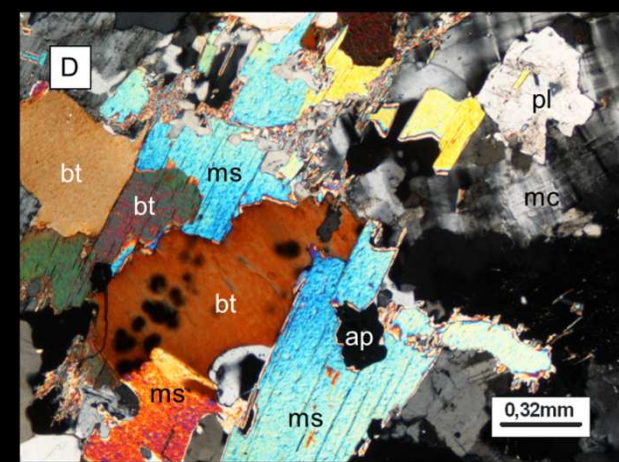
Qz + FK+ Pl (oligoclase - albite) + Bi + Ms + Ap + Zr + Mn + Op



Megacrystal de microclina
pertítica



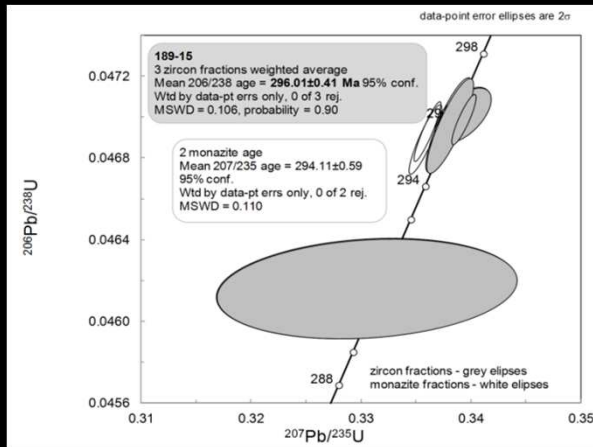
Plagioclase com
zonamento complexo



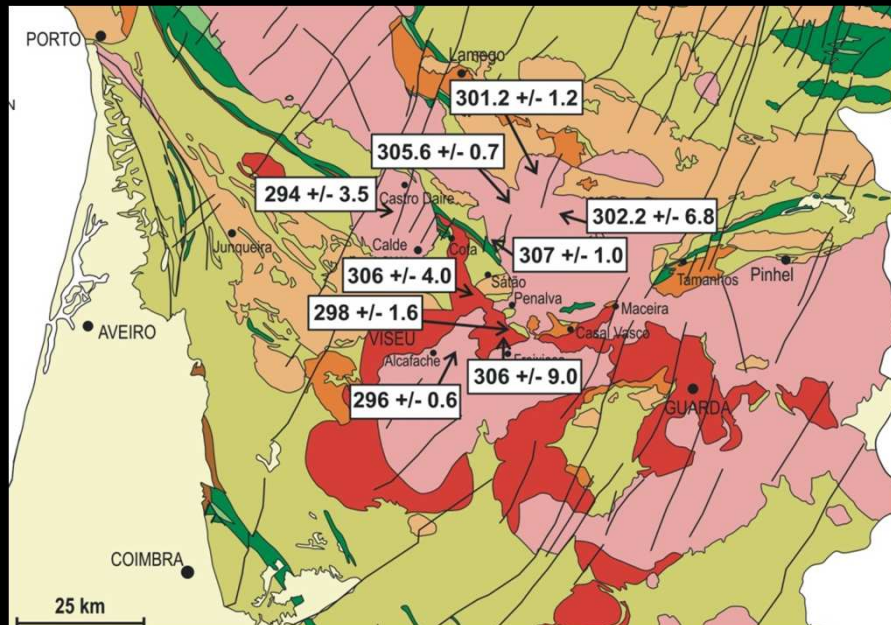
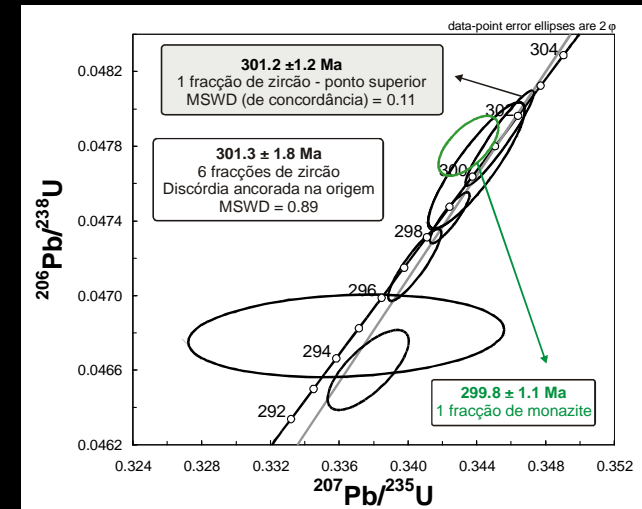
Biotite e moscovite na
matriz

GRANITÓIDES BIOTÍTICO-MOSCOVÍTICOS TARDI-PÓS-D₃

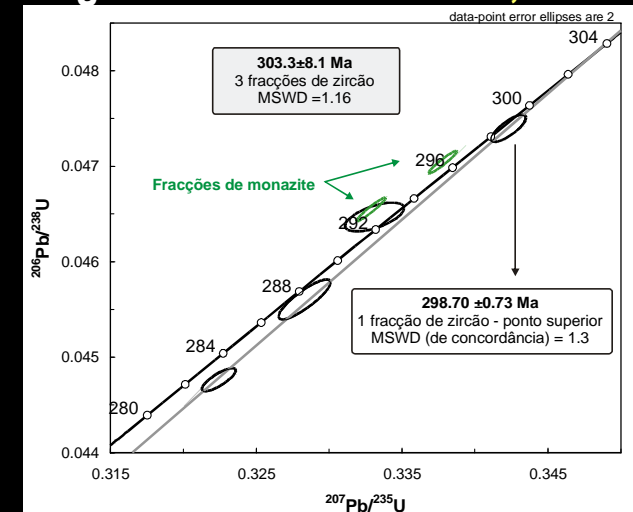
Gr. Alcafache – 296 ± 0,41 Ma



Gr. Pera Velha 301 ± 1,2 Ma



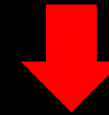
Gr. Aguiar da Beira - 303 ± 8,1 Ma



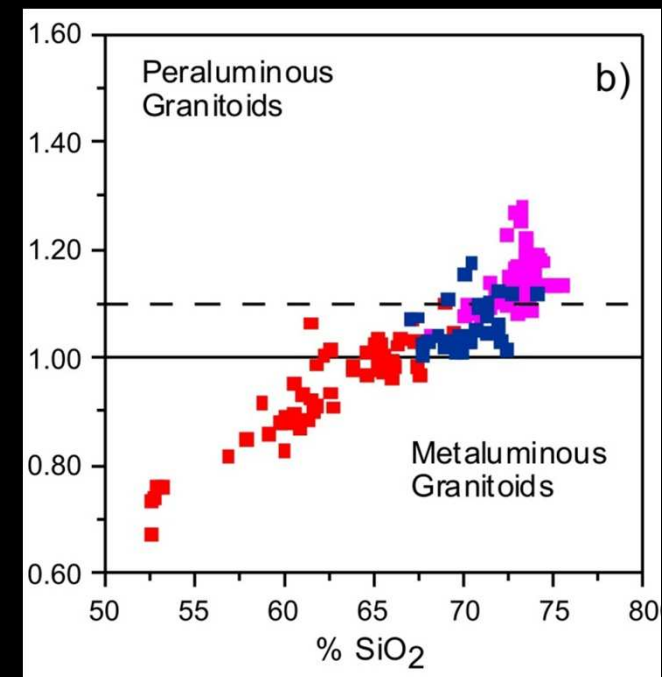
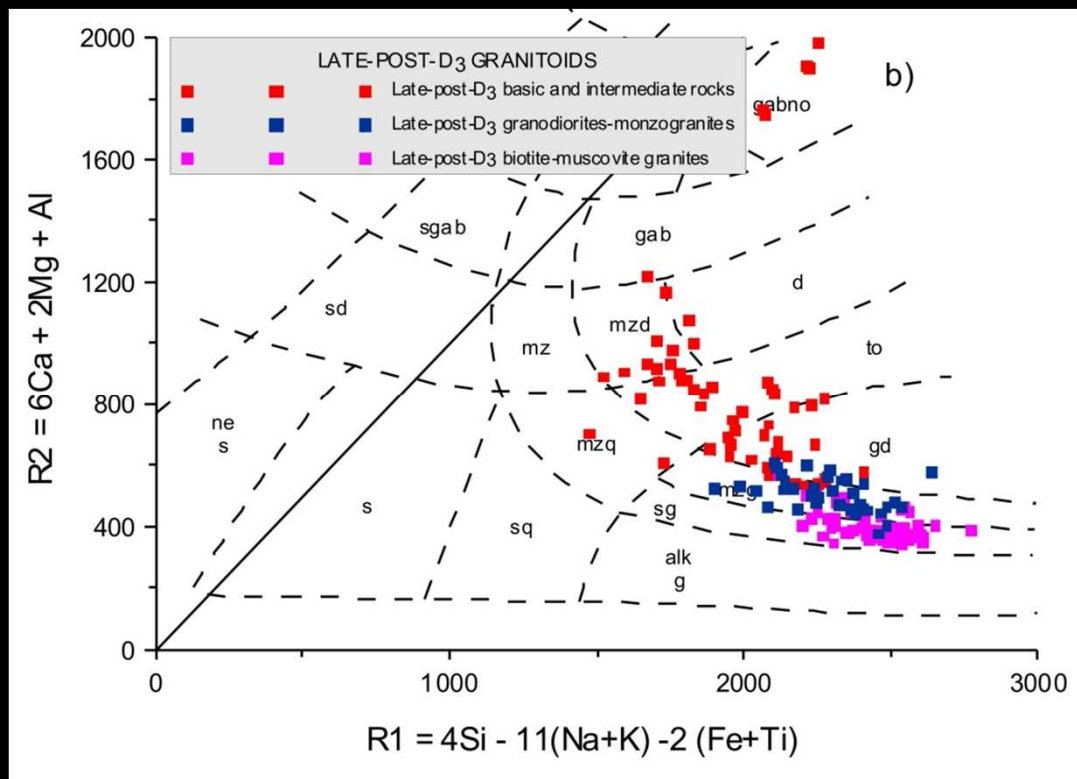
GRANITÓIDES TARDI-PÓS-D₃ GEOQUÍMICA

Rochas ígneas máficas +
Granitos porfiróides biotíticos +
Granitos biotítico-moscovíticos

Sequência contínua calco-alcalina
Metaluminosa-peraluminosa
Transicional I-S



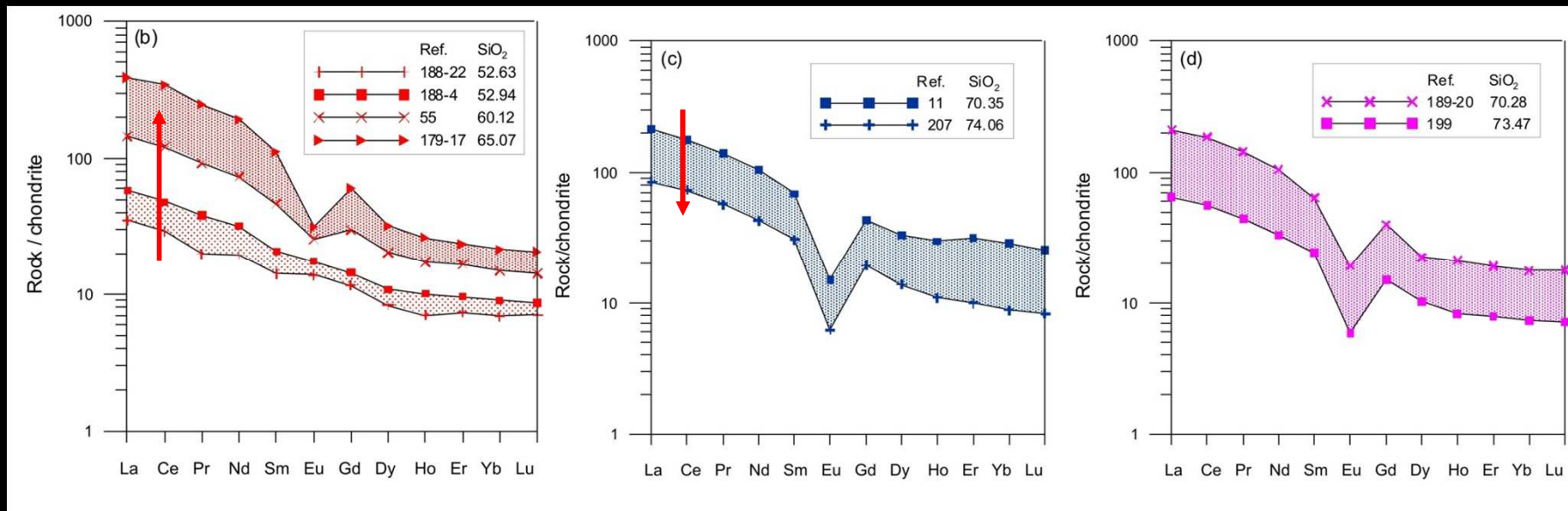
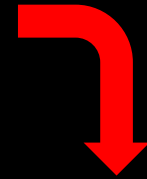
**MISTURA MAGMAS
CRISTALIZAÇÃO
FRACCIONADA**



GRANITÓIDES TARDI-PÓS-D₃

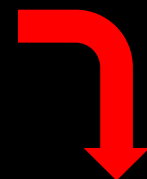
Termos mais máficos

Enriquecimento progressivo em terras raras com a diferenciação
Anomalias negativas Eu progressivamente mais acentuadas



Granitos porfiróides biotíticos e biotítico-moscovíticos

Significativo grau de sobreposição composicional
Perfis de terras raras sub-paralelos
Anomalias negativas Eu bem definidas



**PROCESSOS
AFC**

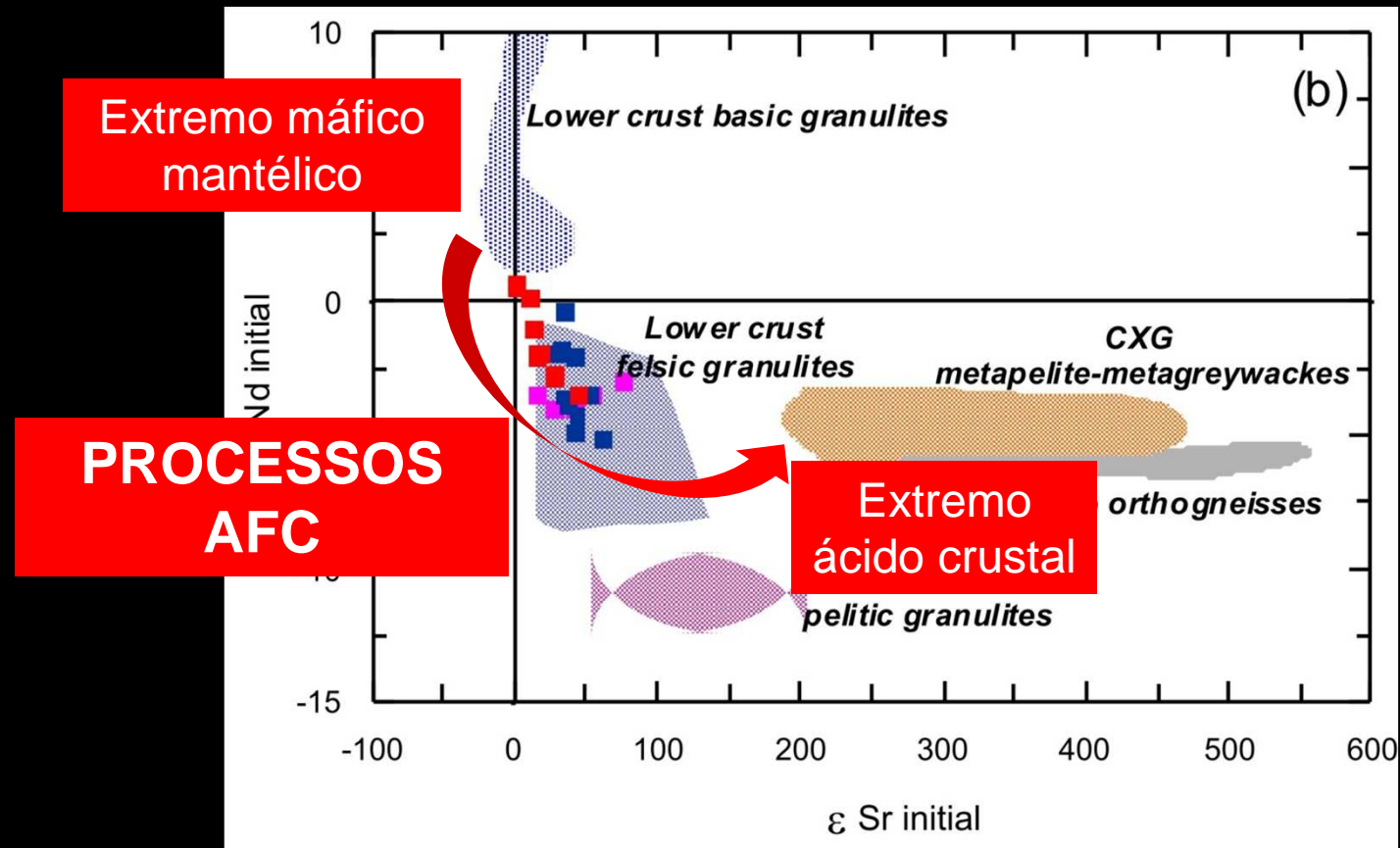
GRANITÓIDES TARDI-PÓS-D₃

Termos mais máficos

Valores de $\epsilon\text{Nd}_{\text{inicial}}$ ligeiramente positivos e $\epsilon\text{Sr}_{\text{inicial}}$ baixos

Granitos porfiróides biotíticos e biotítico-moscovíticos

Valores de $\epsilon\text{Nd}_{\text{inicial}}$ pouco negativos e $\epsilon\text{Sr}_{\text{inicial}}$ baixos



PLUTONISMO GRANÍTICO VARISCO CENTRO NORTE PORTUGAL

GÉNESE

Granitóides
sin-D₃

Granitóides sin-D₃
biotíticos

Hibridização magmas ou
Fusão protólitos ígneos /
grauváquicos crustais

Granitóides sin-D₃
duas micas

Fusão protólitos crustais
metassedimentares

Granitóides
tardi-pós-D₃

Granitóides tardi-pós-D₃
biotíticos

Hibridização magmas +
Cristalização fraccionada

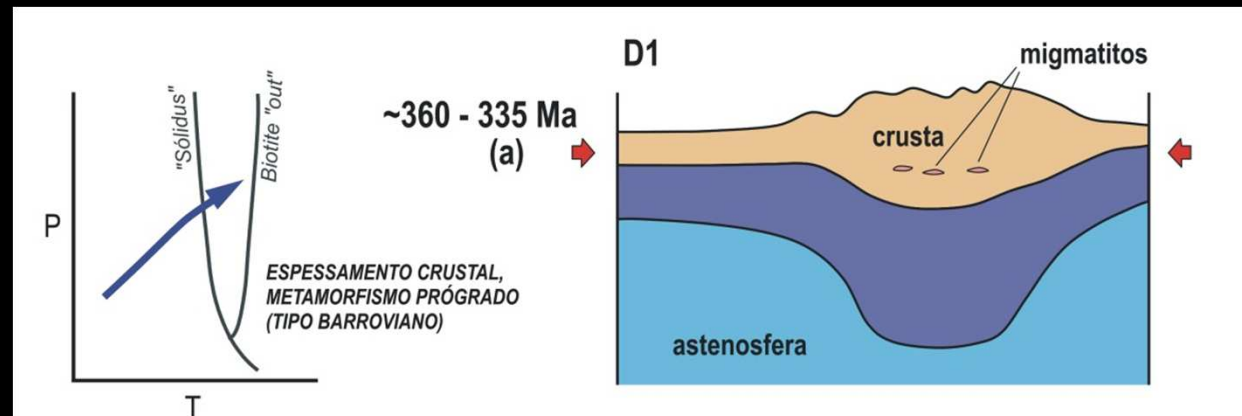
Granitóides tardi-pós-D₃
biotítico-moscovíticos

Hibridização magmas +
Cristalização fraccionada
Maior contribuição crustal

MODELO PETROGENÉTICO

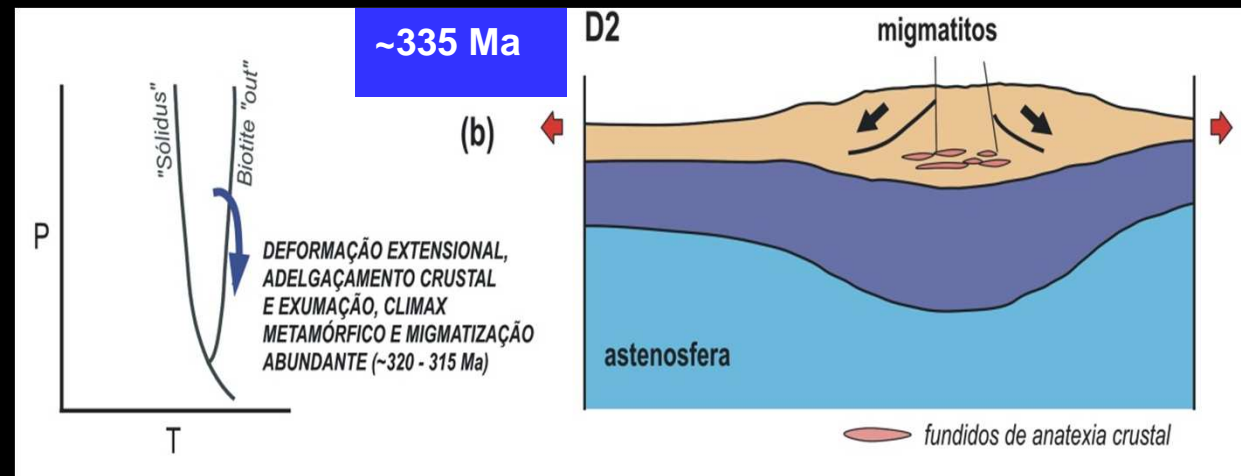
D₁ - Fase espessamento crustal

- Deformação penetrativa
- Metamorfismo regional prógrado ⇒ zona da Sil+Fk



D₂ - Fase extensional

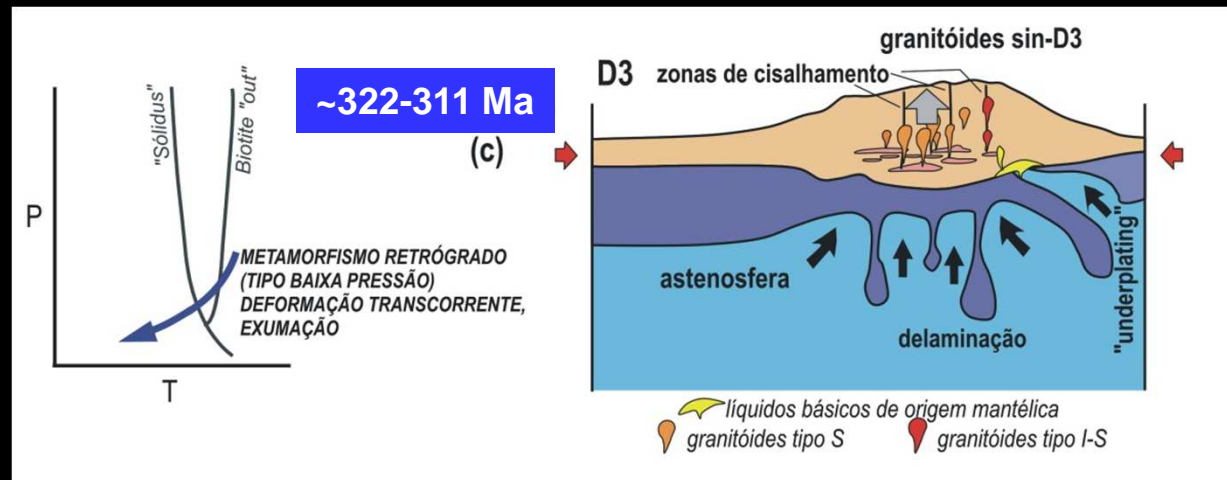
- Adelgaçamento crustal
- Migmatização nos níveis crustais profundos



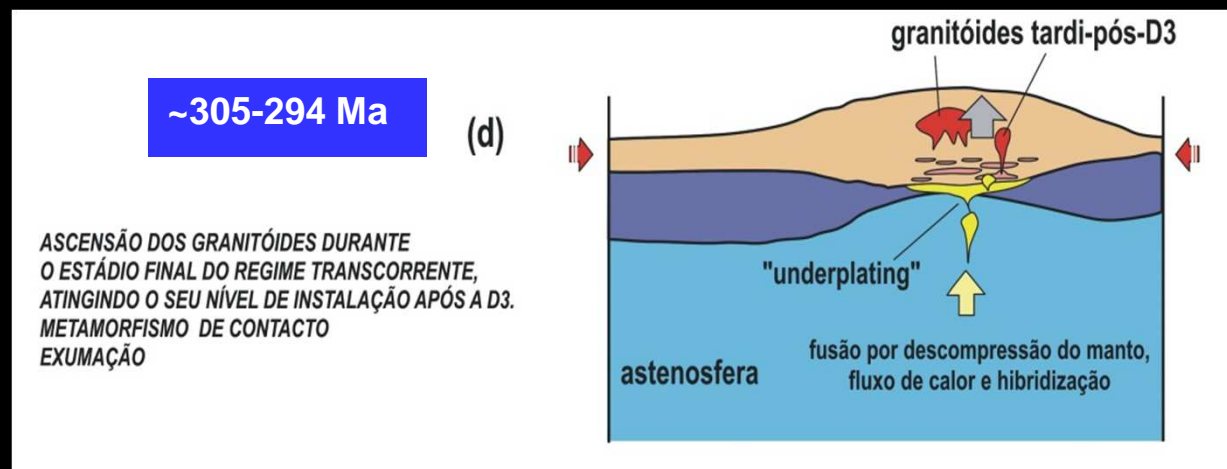
MODELO PETROGENÉTICO

D₃ - Fase transcorrente

- *Underplating* magmas máficos e fusão crustal
- Intrusão granitóides biotíticos sin-D₃
- Anatexia crustal abundante
- Intrusão granitóides de duas micas sin-D₃



- Mistura magmas mantélicos e crustais
- Cristalização fraccionada
- Intrusão granitóides tardi-pós-D₃



Equipa de trabalho

Beatriz Valle Aguado

John Nolan

Mafalda Costa

Fernando Corfu

Jorge Medina

Alunos de Eng. Geológica e de Biologia e Geologia

