

Série D 2012 - Diagrama de Fases

ATUALIZADO

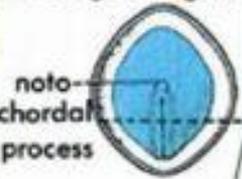
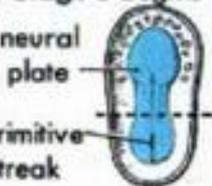
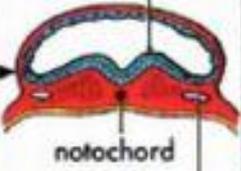
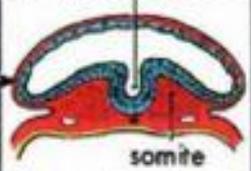


A1: Atlético-AC, Náutico-RR, Penarol-AM, Remo-PA e Vilhena-RO
 A2: Araguaína-TO, Comercial-PI, Mixto-MT, Sampaio Corrêa-MA e Santos-AP
 A3: Baraúnas-RN, Campinense-PB, Horizonte-CE, Petrolina-PE e Ypiranga-PE
 A4: CSA-AL, Feirense-BA, Itabaiana-SE, Sousa-PB e Vitória da Conquista-BA

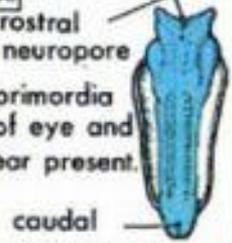
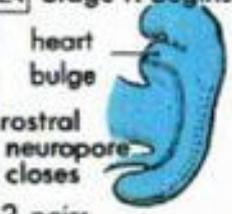
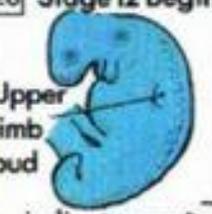
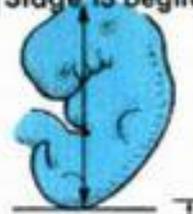
A5: Aparecidense-GO, Ceilândia-DF, CENE-MS, CRAC-GO e Sobradinho-DF
 A6: Aracruz-ES, Friburguense-RJ, Guarani-MG, Nacional-MG e Volta Redonda-RJ
 A7: Cerâmica-RS, Cianorte-PR, Concórdia-SC, Marília-SP e Mogi Mirim-SP
 A8: Arapongas-PR, Brasil-RS, Juventude-RS, Metropolitan-SC e Mirassol-SP

Stage 10, Day 23

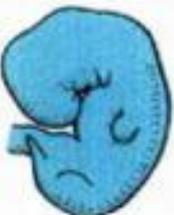
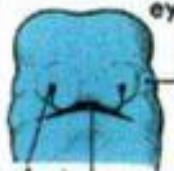
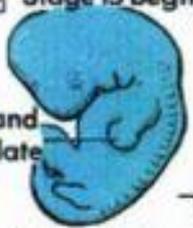
3

15 first missed menstrual period  primitive streak	16 Stage 7 begins  notochord process	17 intra-embryonic mesoderm  trilaminar embryo	18 Stage 8 begins neural plate primitive streak  length: 1.5 mm I	19 neural fold  neural fold notochord embryonic coelom	20 Stage 9 begins brain neural groove somite Thyroid begins to develop.	21 neural groove  somite Heart tubes begin to fuse.
--	--	--	--	--	--	--

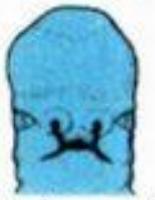
4

22 Stage 10 begins Heart begins to beat  Neural folds fusing.	23 rostral neuropore primordia of eye and ear present.  caudal neuropore	24 Stage 11 begins heart bulge rostral neuropore closes  2 pairs of branchial arches	25 otic pit  3 pairs of branchial arches	26 Stage 12 begins Upper limb bud  indicates actual size I	27 4 pairs of branchial arches. Upper & lower limb buds present. CR = crown-rump length.	28 Stage 13 begins  CR: 4.0 mm I
--	---	--	---	---	---	--

5

29  CR: 5.0 mm I	30 Lens pits, optic cups, nasal pits forming.	31 developing eye  nasal pit primitive mouth	32 Stage 14 Hand plates (paddle-shaped) Lens pits and optic cups formed.	33 Stage 15 begins hand plate  CR: 7.0 mm I	34 Head much larger relative to trunk. cerebral vesicles distinct Foot plates present	35  CR: 8.0 mm I
---	--	---	---	---	--	--

6

36  Oral & nasal cavities confluent.	37 Stage 16 begins foot plate  CR: 9.0 mm I	38  Upper lip formed.	39  CR: 10.0 mm I	40 Upper limbs bent at elbow. Digital rays and auricular hillocks distinct. Palate developing.	41 Stage 17 begins digital rays  ventral view	42  CR: 13.0 mm I
---	--	--	---	---	--	--

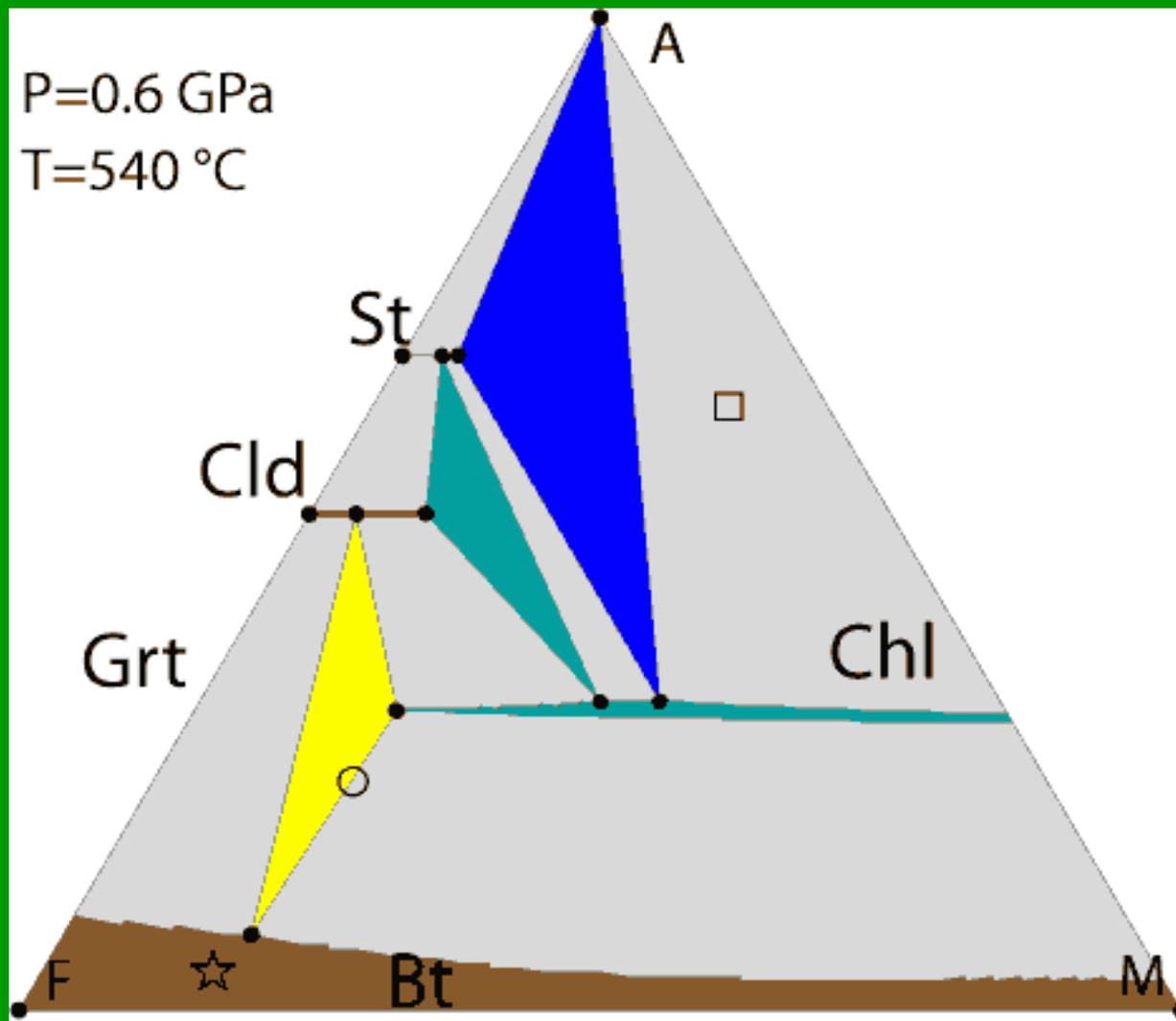


Diagrama AFM: A= Al₂O₃, F= FeO, M= MgO.

DIAGRAMAS DE FASE EM MINERALOGIA

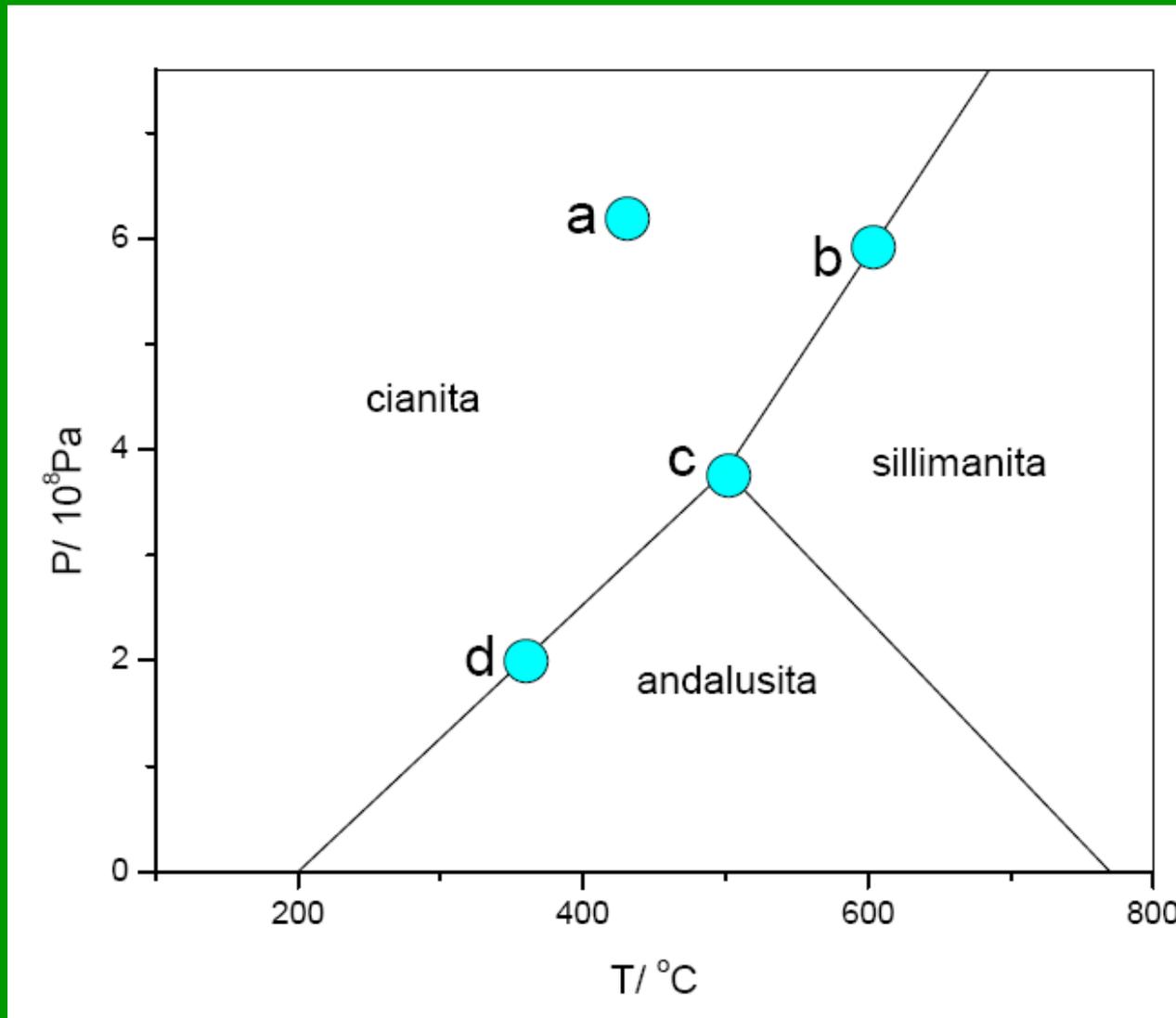
DANIEL ATENCIO

Um **diagrama de fase** em físico-química, engenharia, mineralogia e ciência dos materiais é um tipo de gráfico que mostra as condições de equilíbrio entre as fases termodinamicamente distintas. Em matemática e em física, um diagrama de fase também tem significados alternativos, como um sinônimo de espaço físico. No sentido de tratar de estados da matéria, em especial em engenharia química, um diagrama de fase é também chamado de **carta termodinâmica**.

Classificação dos sistemas em função do número de componentes

Número de componentes	Fases presentes
Único = H_2O	gelo + líquido + vapor
Binário = $MgO + SiO_2$	MgO (periclásio) + Mg_2SiO_4 (forsterita) + $MgSiO_3$ (enstatita) + SiO_2
Ternário = $MgO + CaO + SiO_2$	Mg_2SiO_4 (forsterita) + $CaMgSi_2O_6$ (diopsídio) + $MgSiO_3$ (enstatita) + SiO_2
Quaternário = $MgO + CaO + Al_2O_3 + SiO_2$	$CaAl_2Si_2O_8$ (anortita) + $CaMgSi_2O_6$ (diopsídio) + Mg_2SiO_4 (forsterita) + $MgSiO_3$ (enstatita) + $MgAl_2O_4$ (espinélio)

Exemplo de componente único: Al_2SiO_5



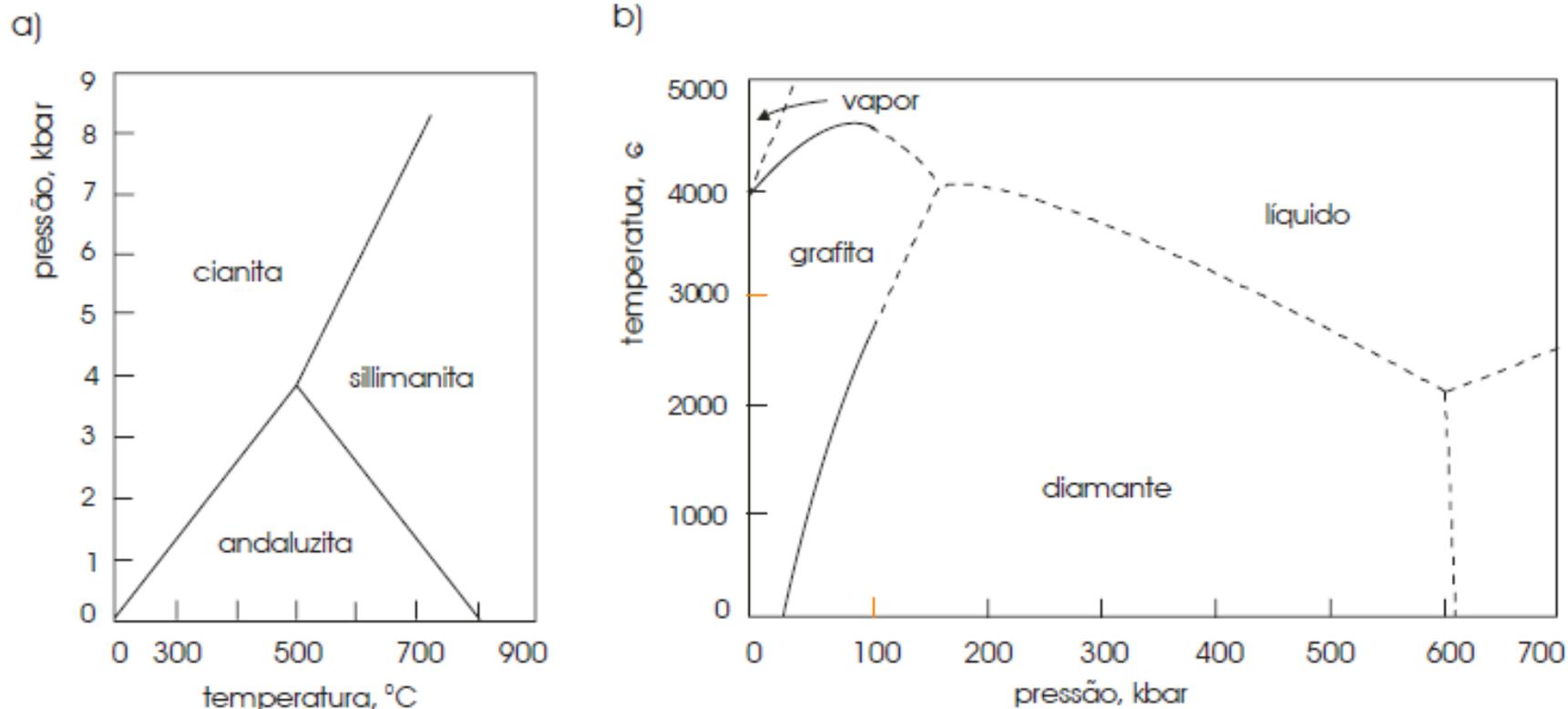
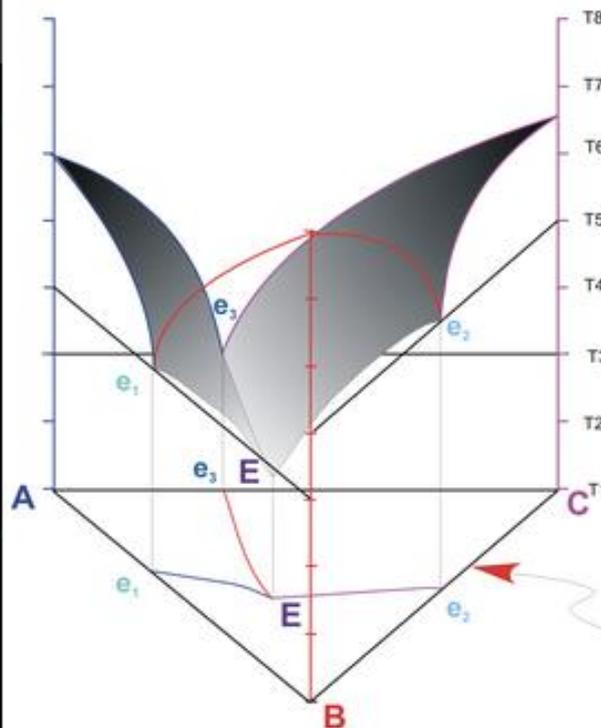
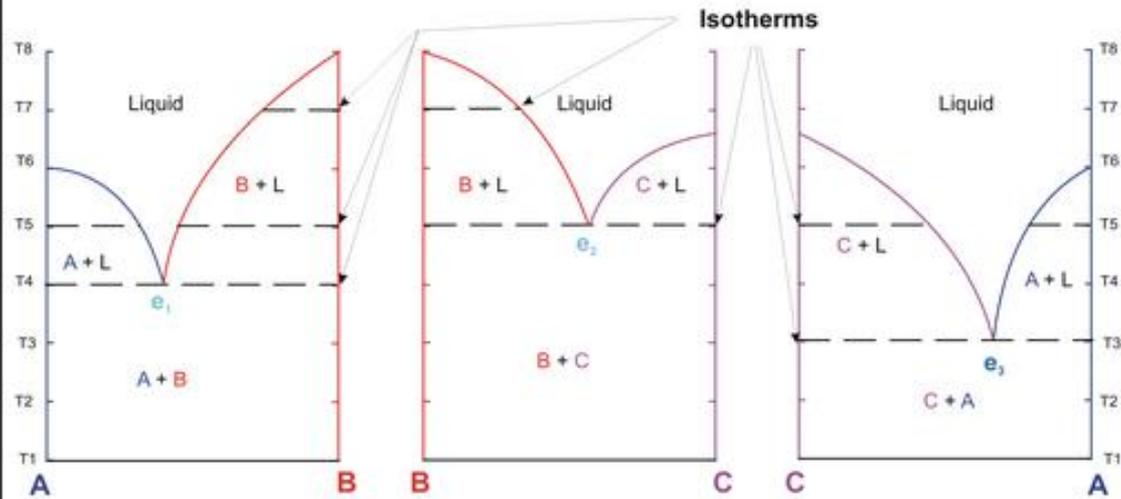


Fig. 4.27: *Digramas temperatura-pressão de estabilidade das modificações polimorfas do Al_2SiO_5 (a), do carbono (b). As fronteiras dos pólos de estabilidade de cada modificação, conhecidas com certeza, estão traçadas com linha cheia; as fronteiras dos pólos de estabilidade de cada modificação conhecidas com incerteza ou supostas estão traçadas com linha tracejada.*



The ternary diagram is constructed by joining together the three binary diagrams along the component axes **A**, **B** and **C**. The ternary diagram is defined in terms of the three components which define the system - **A**, **B** and **C**.

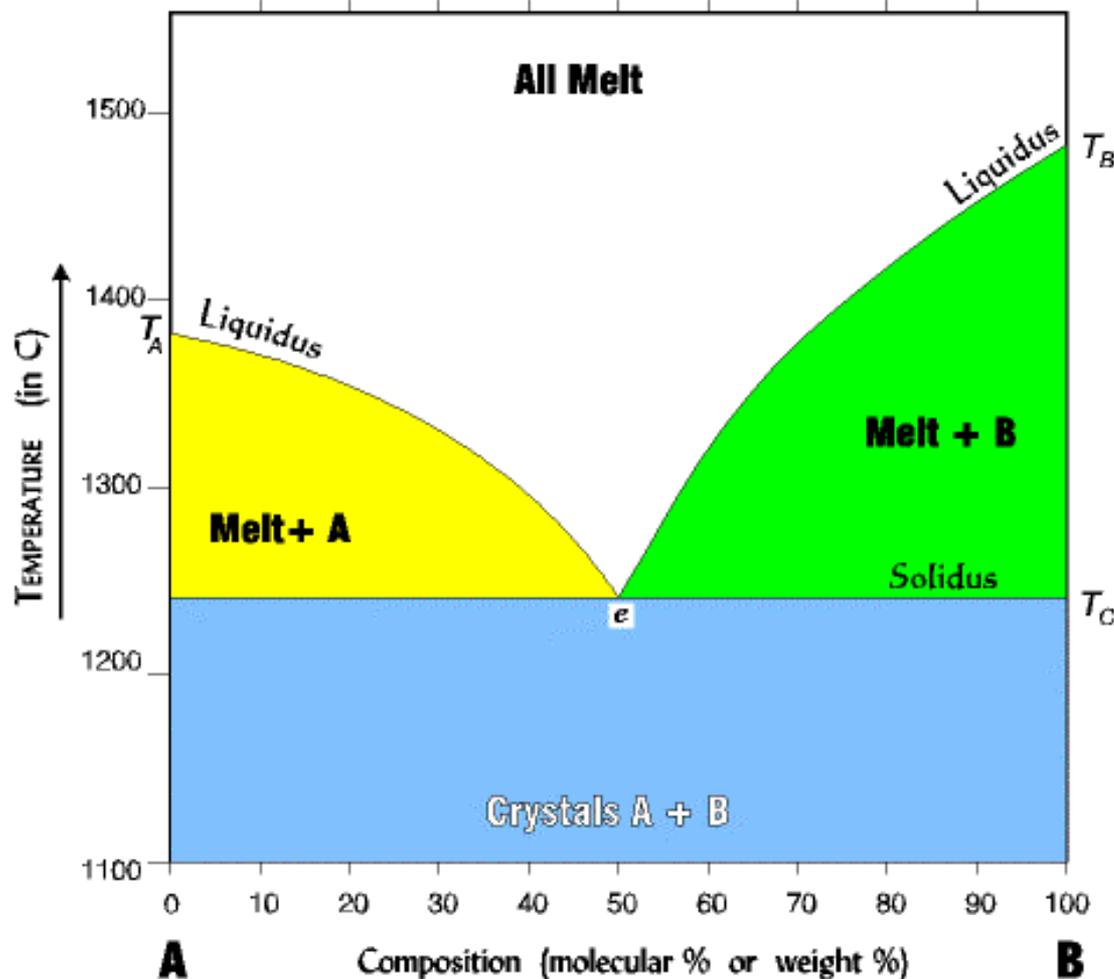
The ternary diagram represents the projection of the liquidus surface, its contours and the boundary curves, onto the base of the triangle formed when the binary diagrams are joined together. The three components which define the ternary system are located at the corners of the triangle.

This surface is contoured with the temperature interval representing the contour interval.

The projection of the three dimensional liquidus surface onto the base of the triangle to present a two-dimensional view of the surface.

e_1 , e_2 and e_3 - Represent the three binary eutectics in the three binary diagrams
E - Represents the ternary Eutectic

Diagrama de fases binário com eutético



Aspectos importantes:

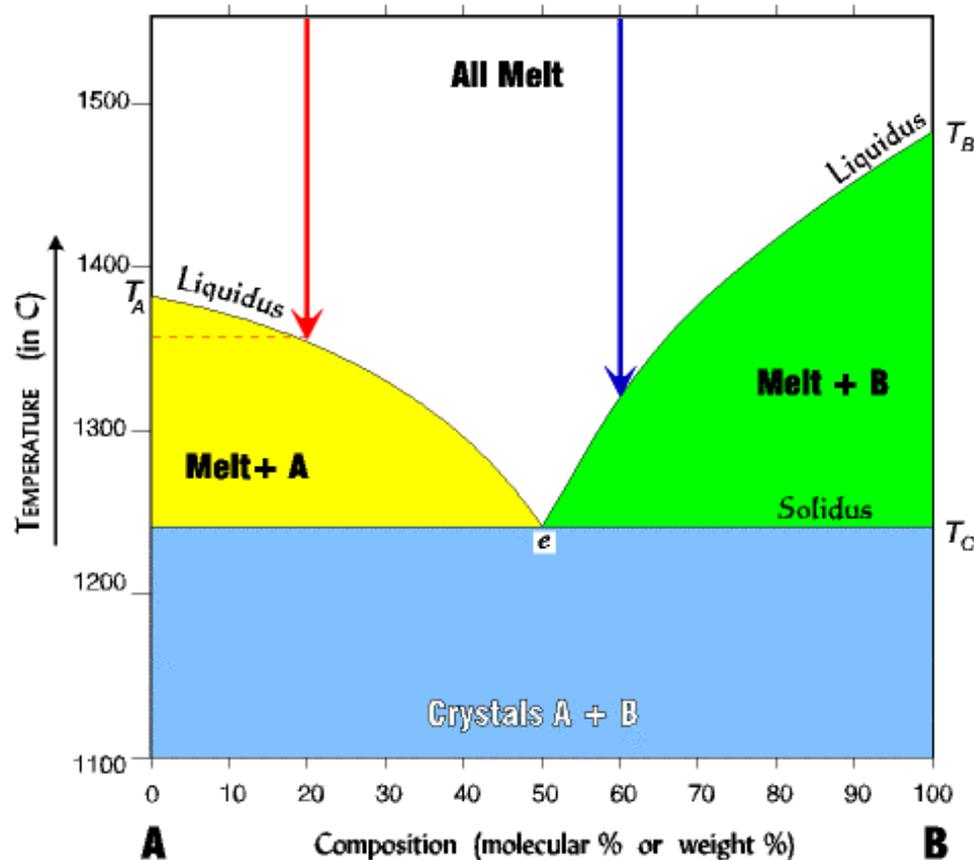
1- Curvas *Liquidus*

2- Linha *Solidus*

(obtidas experimentalmente)

3- Eutético: coexistência de três fases. Exemplo de eutético com 50% de B, mas pode ocorrer por outras proporções.

Exemplo de cristalização a partir de um material fundido com eutético 50/50



PF de A puro $T_A = 1380\text{ }^\circ\text{C}$
PF de B puro $T_B = 1485\text{ }^\circ\text{C}$
Adição de B a A = \downarrow PF até e
Idem para A a B

Sistema binário com eutético

Exemplo: Piroxênio (diopsídio - $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) –
Plagioclásio Ca (anortita - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

Não há miscibilidade entre as fases

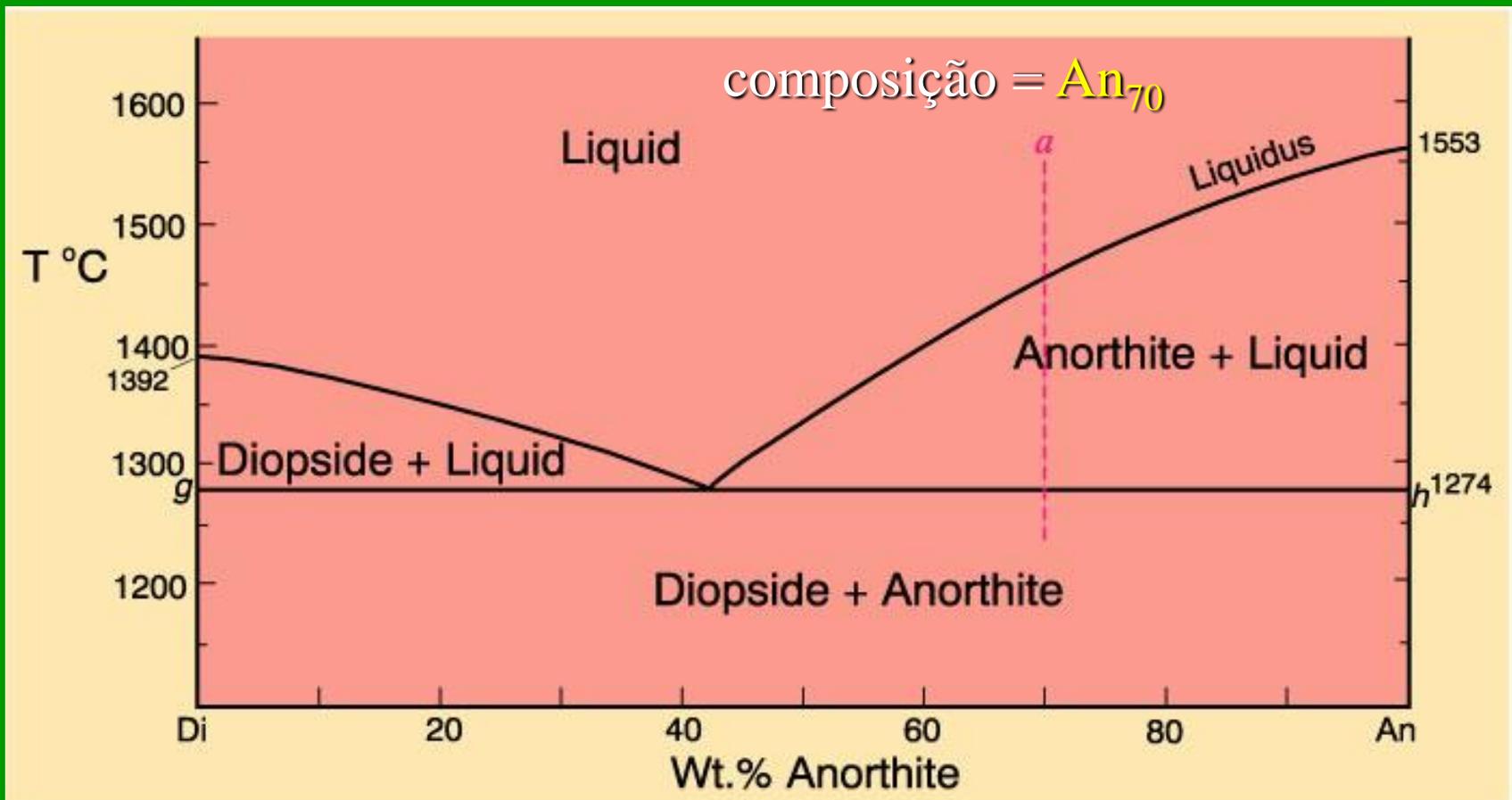
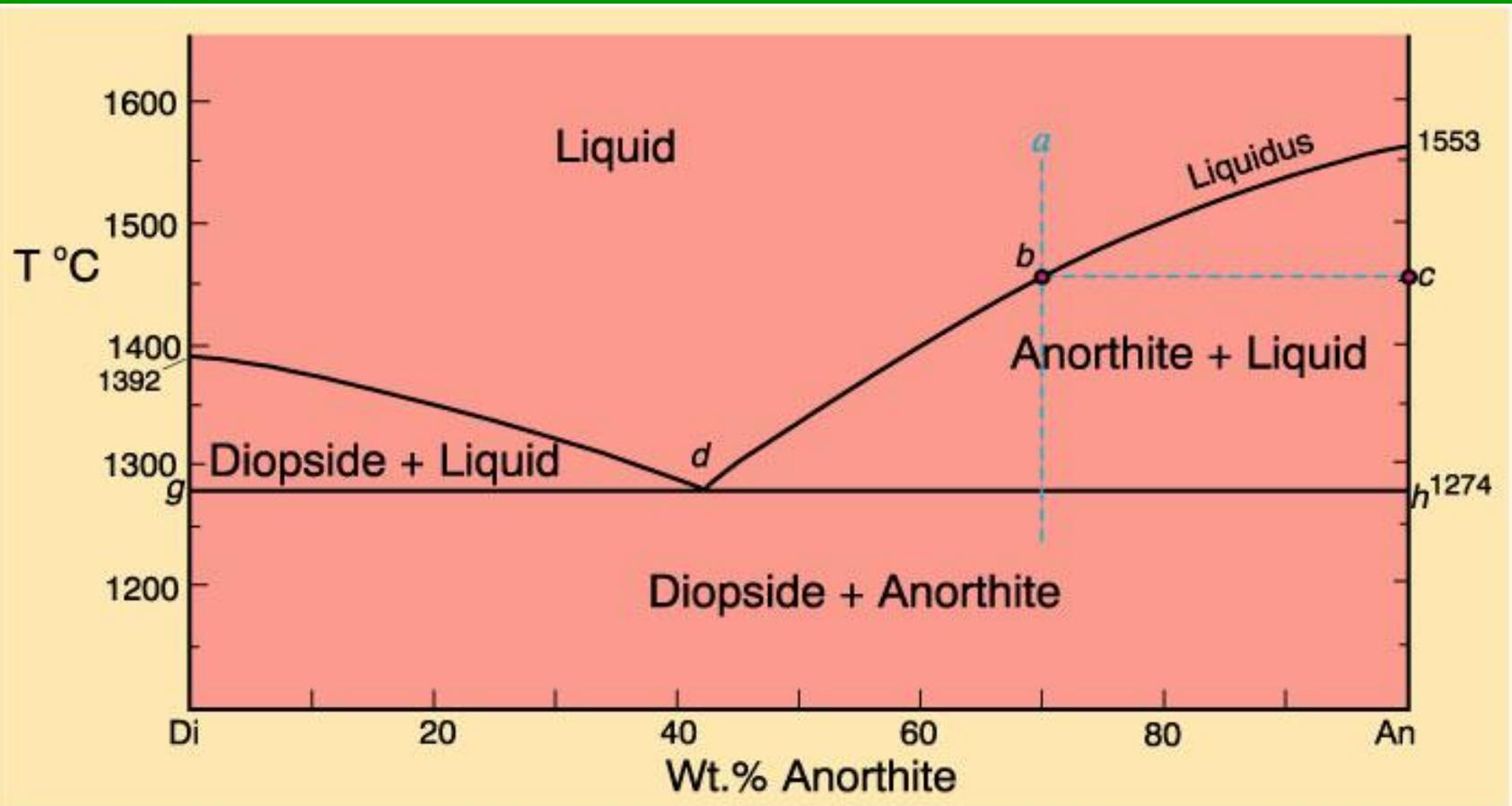
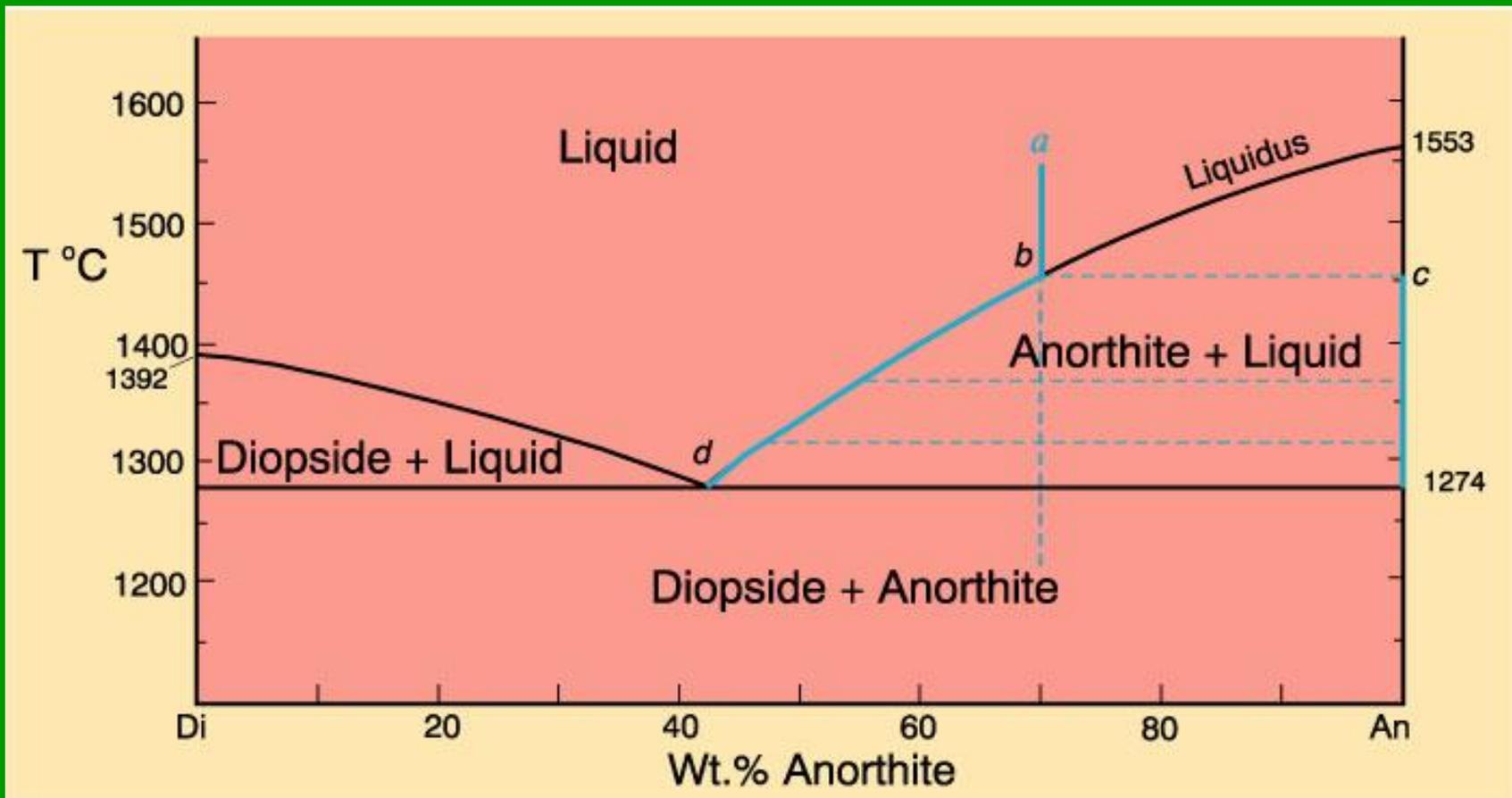


Fig. 6-11. Isobaric T-X phase diagram at atmospheric pressure. After Bowen (1915), Amer. J. Sci. 40, 161-185.

resfriamento para 1455°C (ponto **b**)
Anortita pura (ponto **c**)



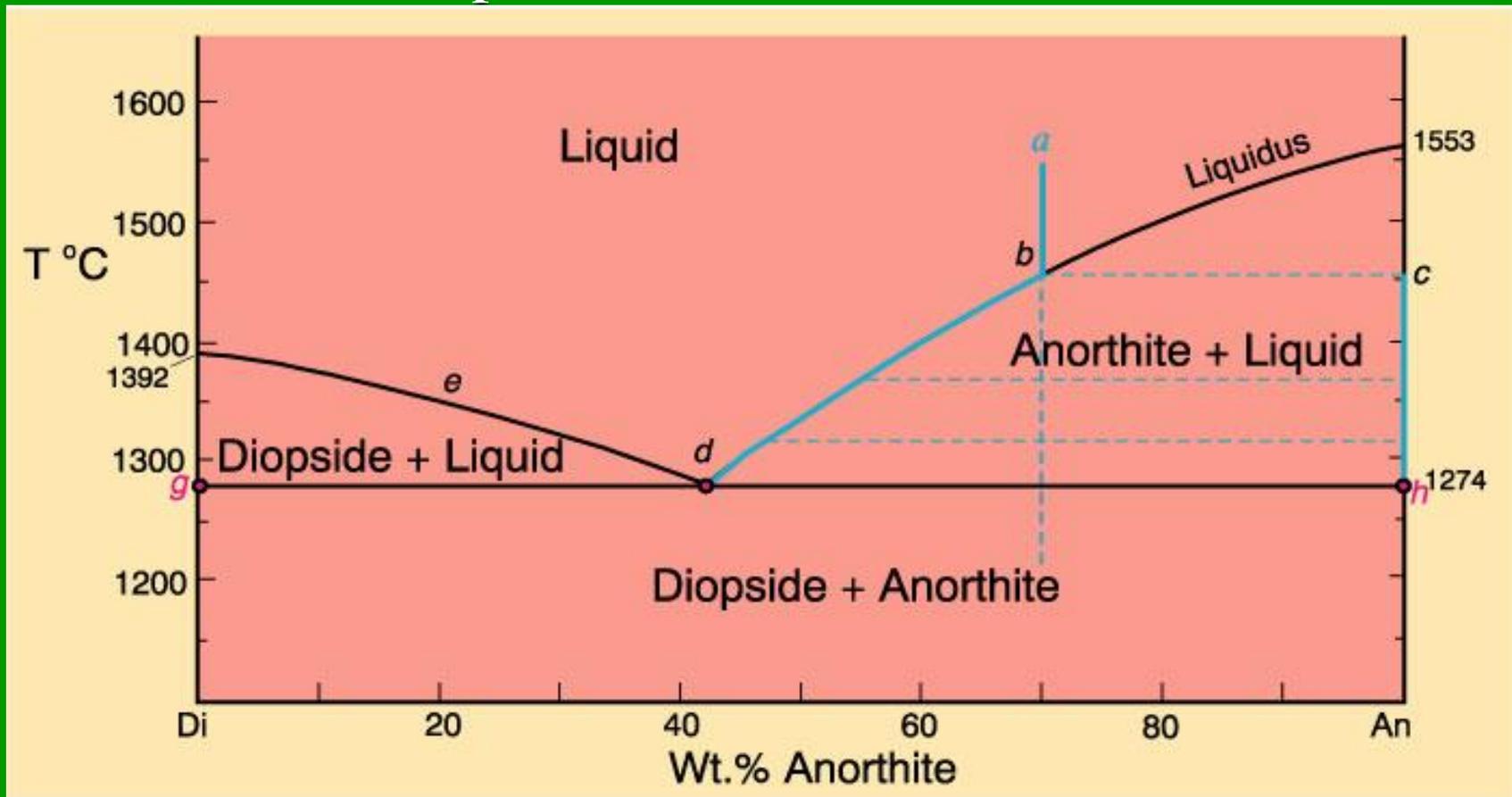
- Composição do fundido (X_{liq}) varia ao longo do liquidus
- **Reação contínua:** $\text{liq}_A \rightarrow \text{anortita} + \text{liq}_B$



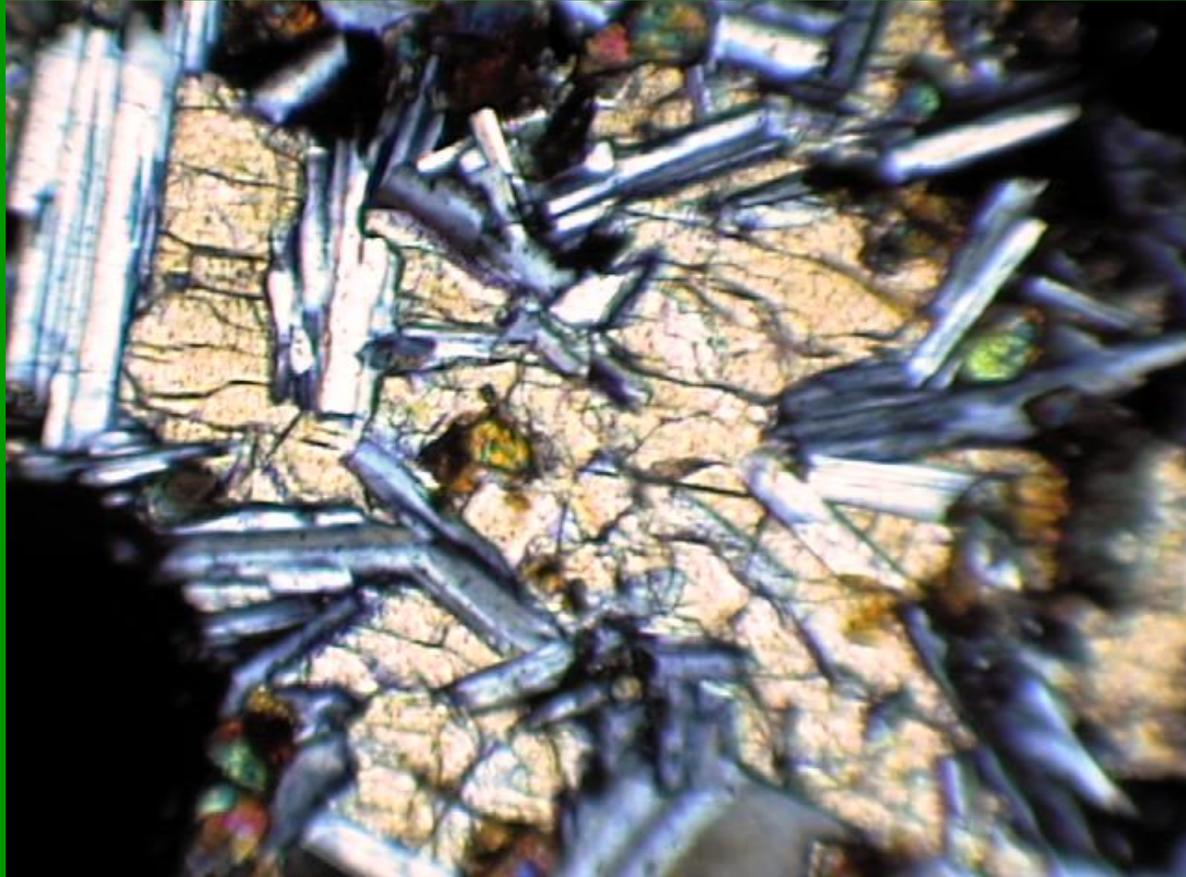
a 1274°C (d)

(P) T e a composição de todas as fases é fixa

- Permanece em 1274°C enquanto uma reação **descontínua (diopsídio + anortita = fundido)** ocorre até uma fase desaparecer.



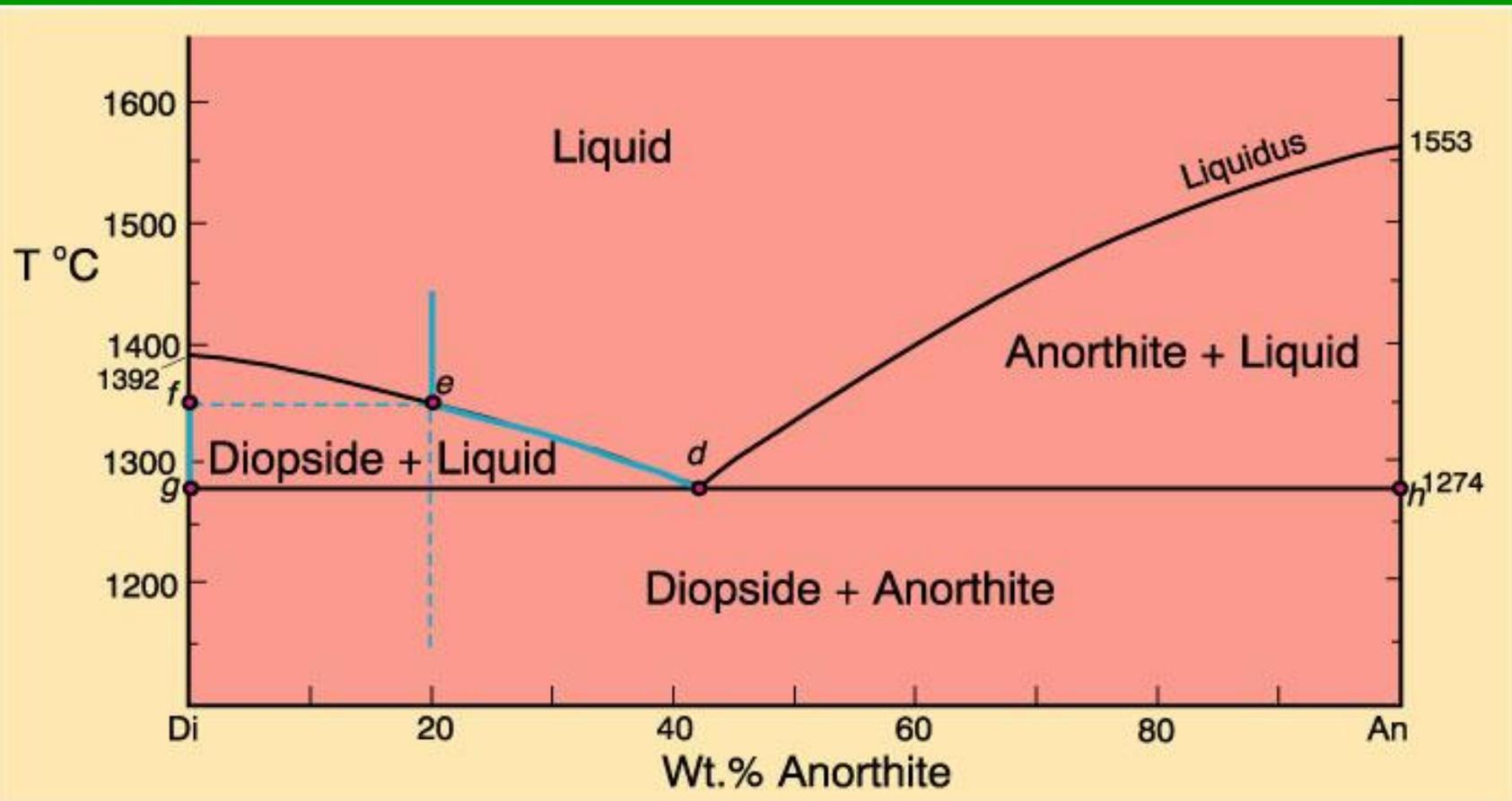
Plagioclásio forma-se antes do piroxênio



Diabásio: rocha intrusiva máfica

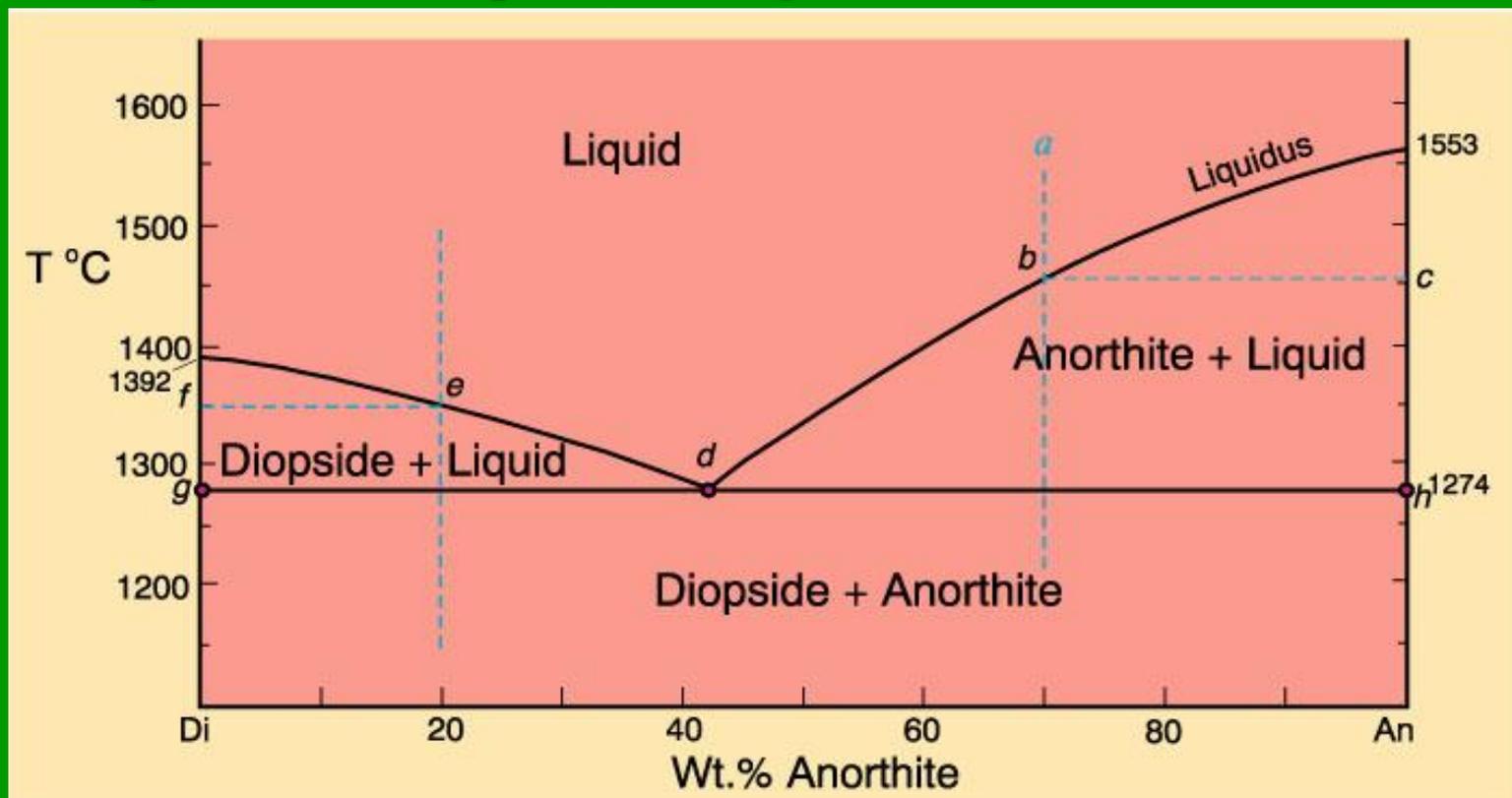
Essa rocha forma-se na parte **direita** do eutético

Evolução similar porém ocorre na parte esquerda do diagrama



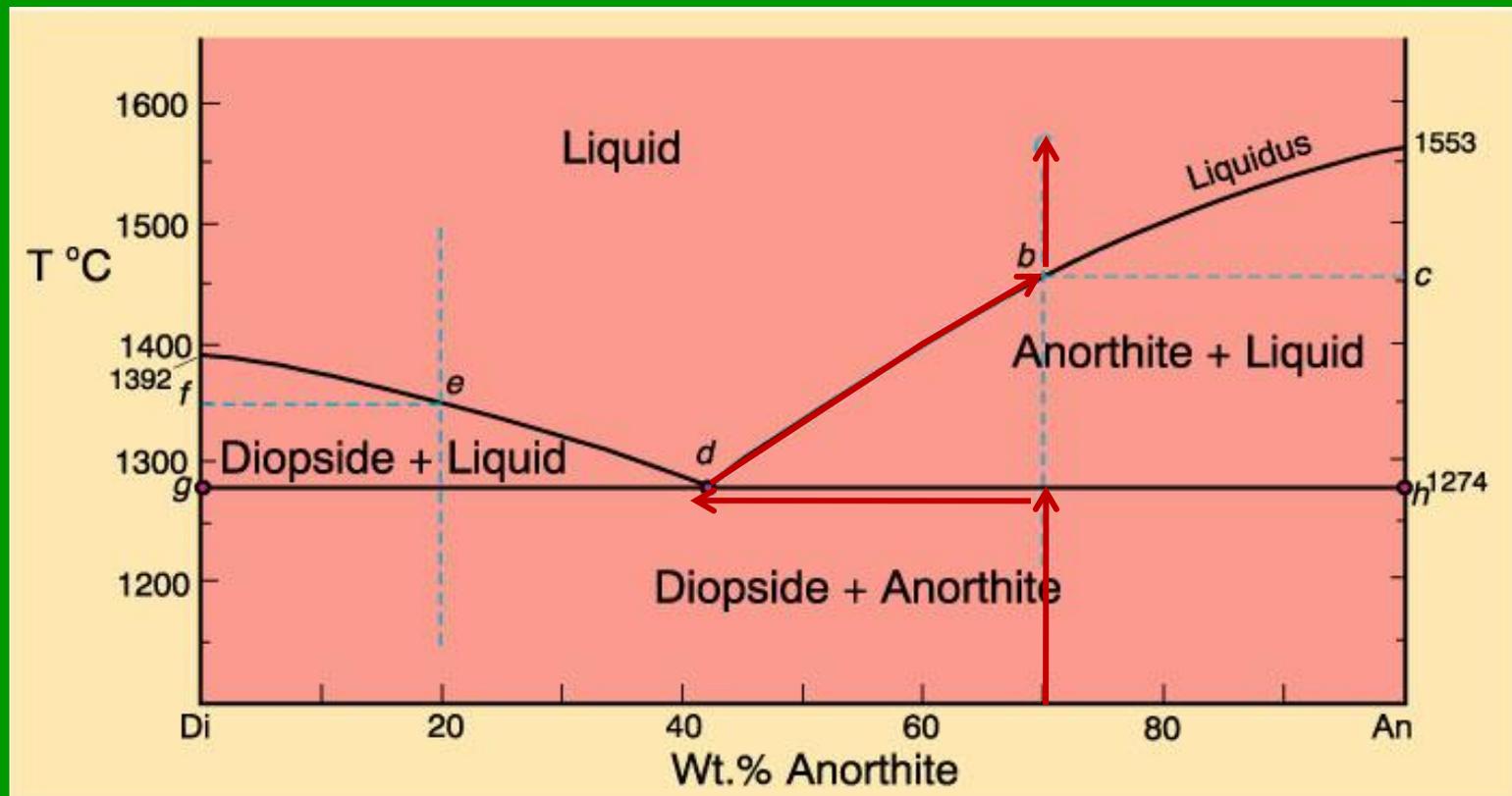
Note que:

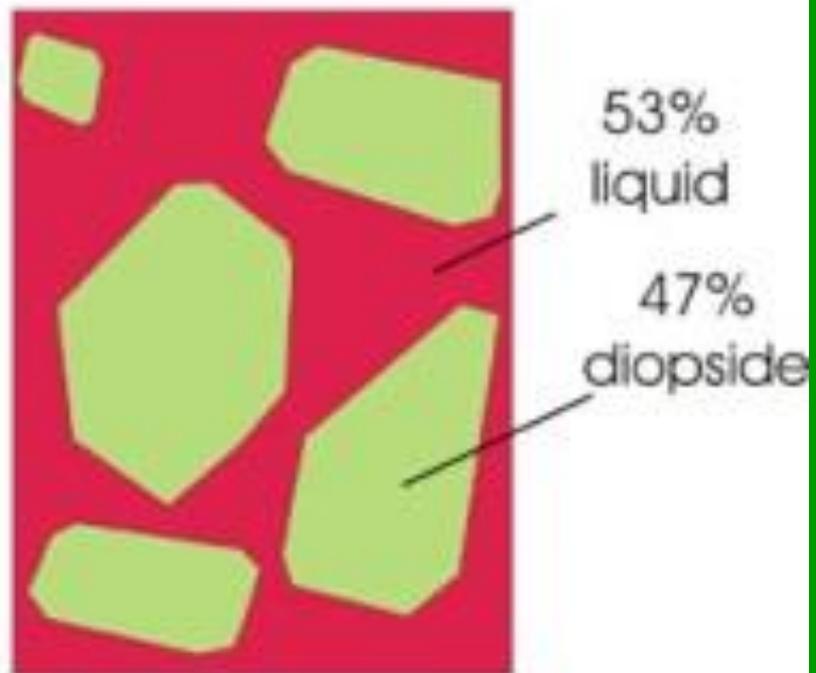
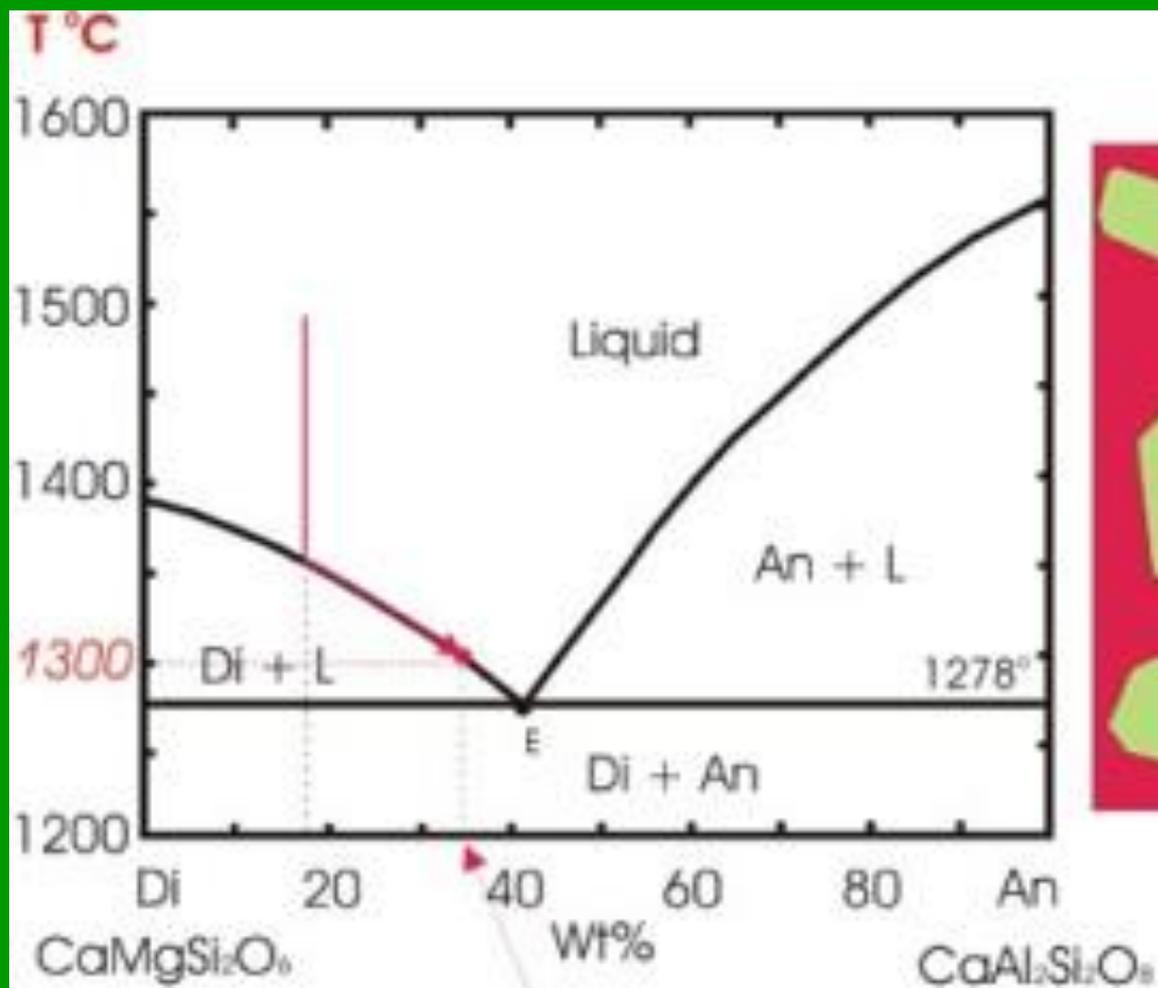
1. O fundido cristaliza-se em um intervalo de $T \sim 280^{\circ}\text{C}$
2. Vários minerais formam-se sequencialmente nesse intervalo e o número de minerais aumenta com o decréscimo de T
3. Os minerais que se cristalizam dependem de T
4. A sequência depende da composição original do fundido



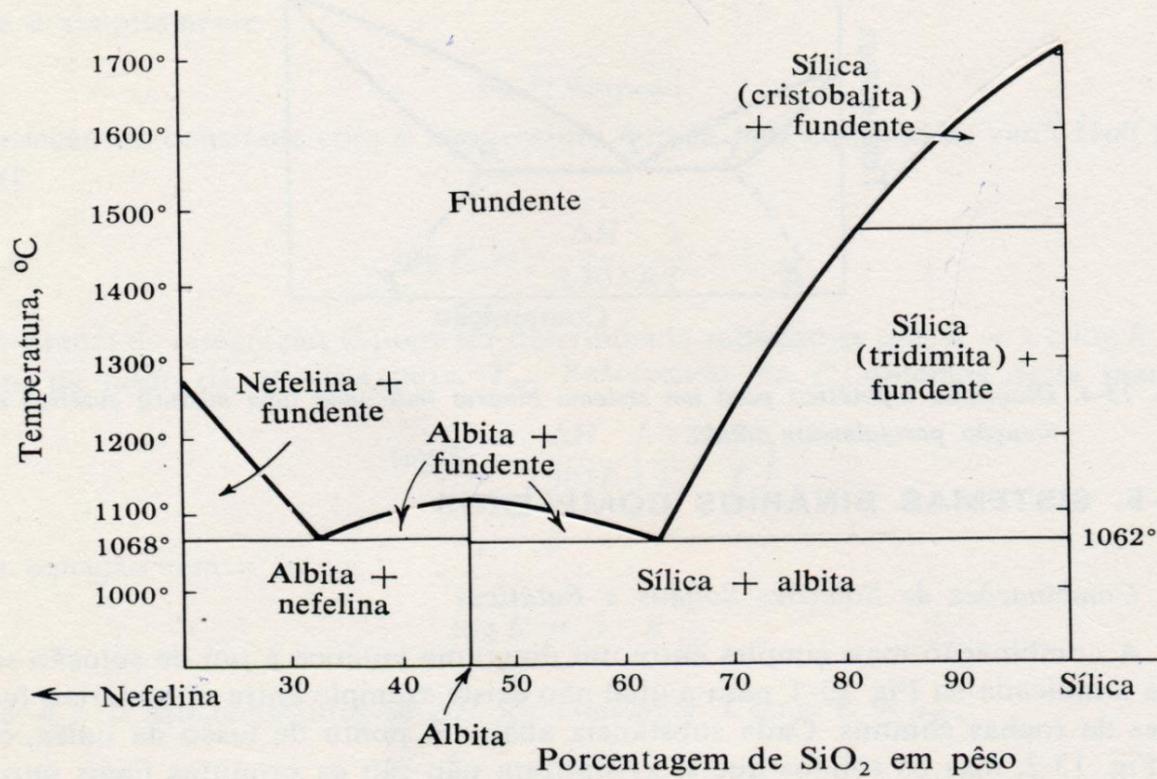
Note também que:

- A última fração de fundido a se cristalizar em qualquer sistema binário será de composição **eutética**
- A **fusão em equilíbrio** será o oposto da **cristalização em equilíbrio**
 - Logo, o primeiro fundido de qualquer mistura de Di and An também deve ser de composição eutética

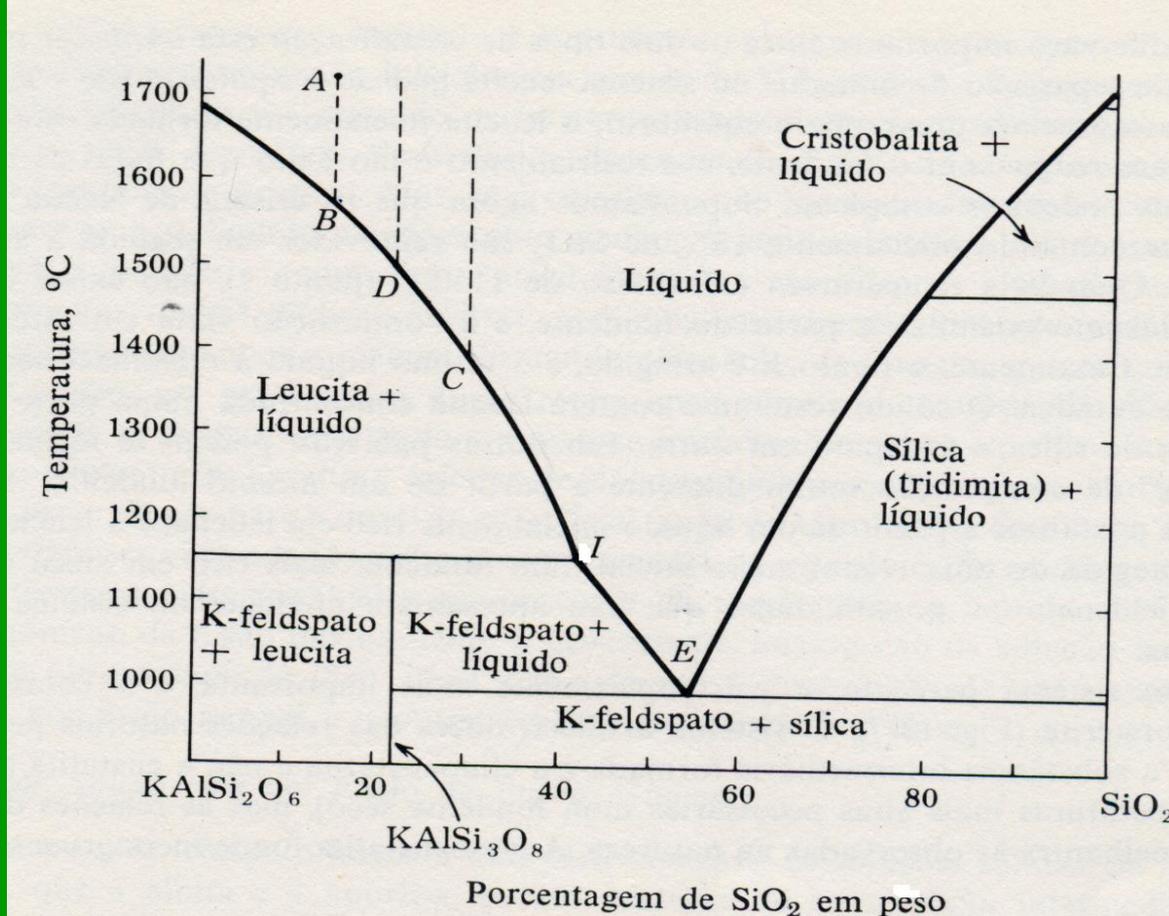




liquid composition is 34% An-66% Di



Sistema Nefelina-S\acute{il}ica (Barth, 1962)



Leucita + Sílica → Ortoclásio / microclínio

Diagrama do sistema Leucita-Sílica

(Turner & Verhoogen, 1960)

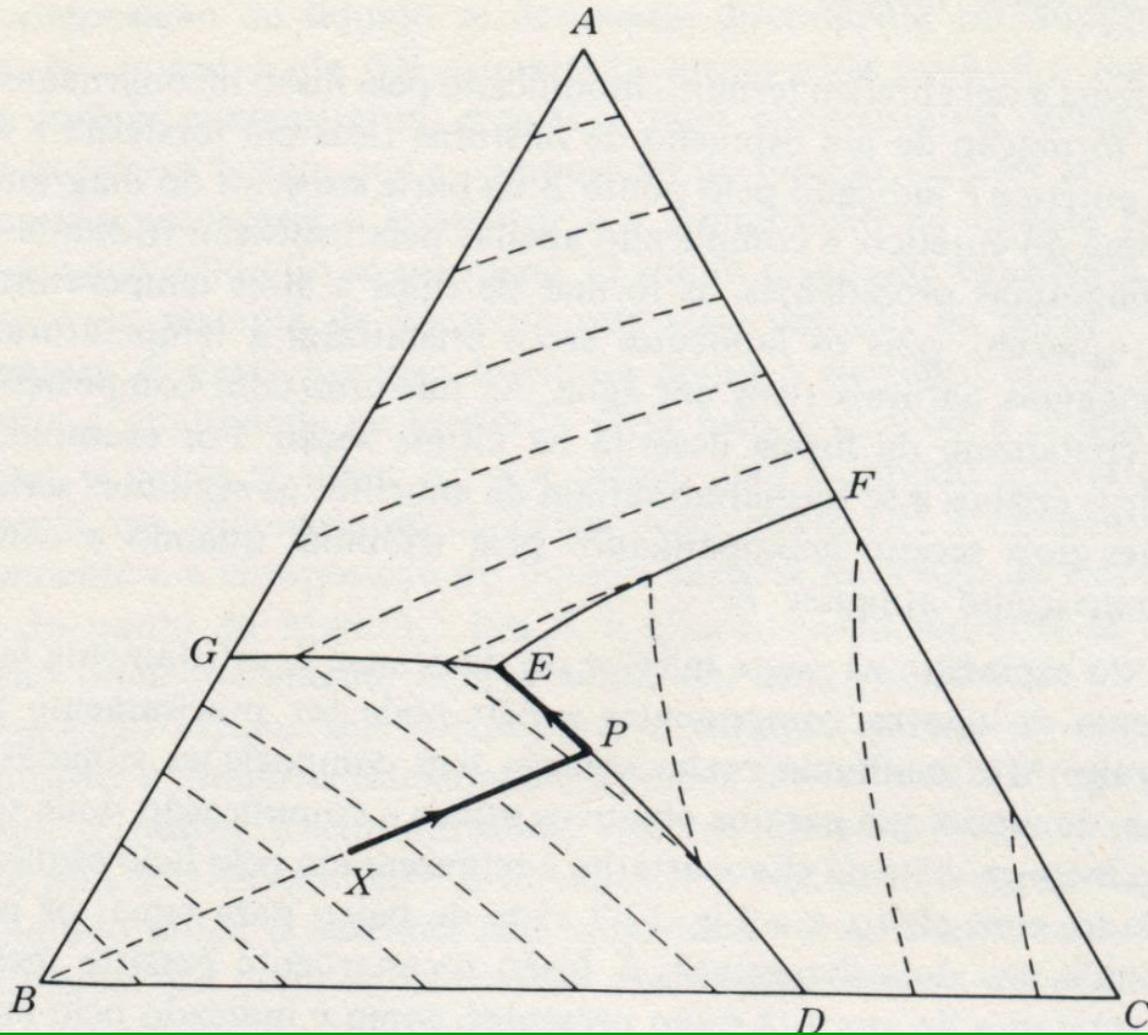


Diagrama ternário genérico

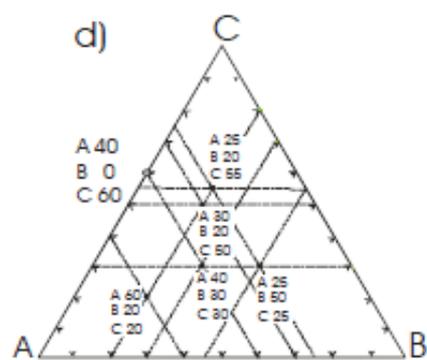
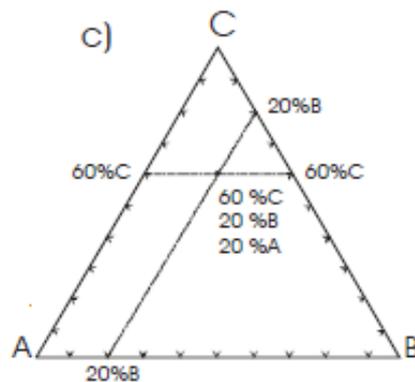
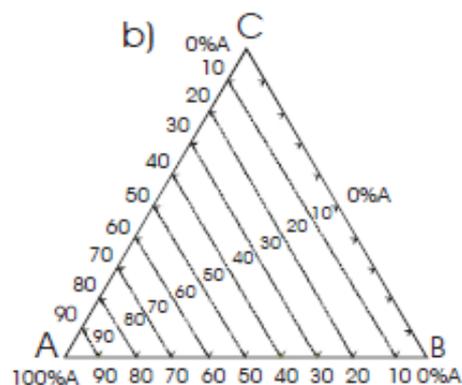
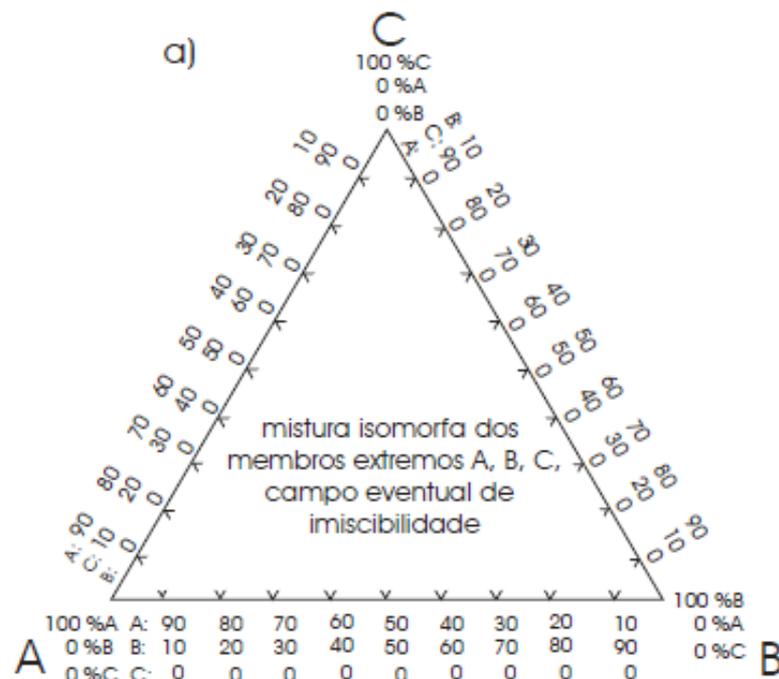
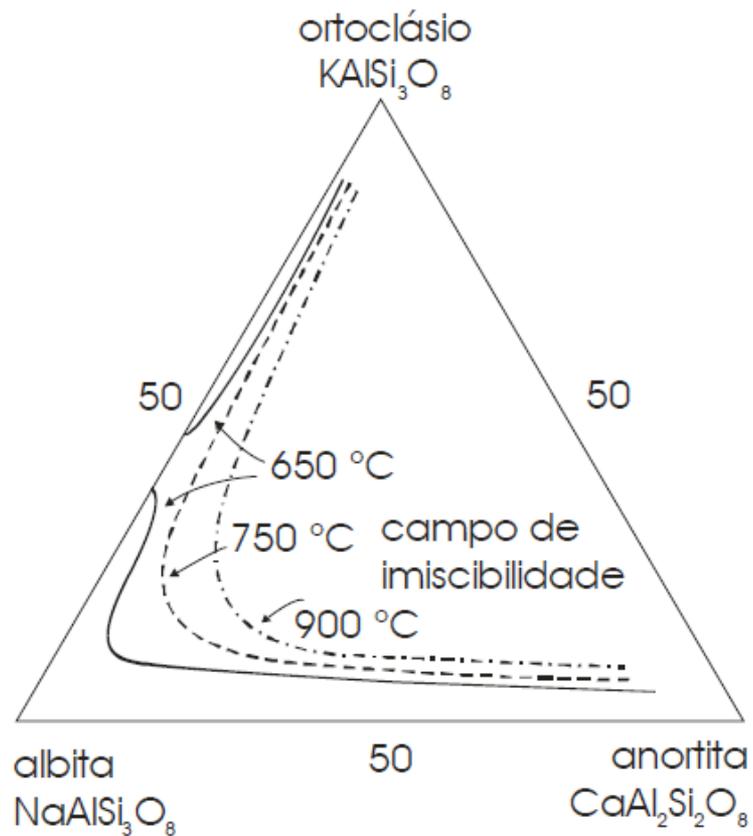
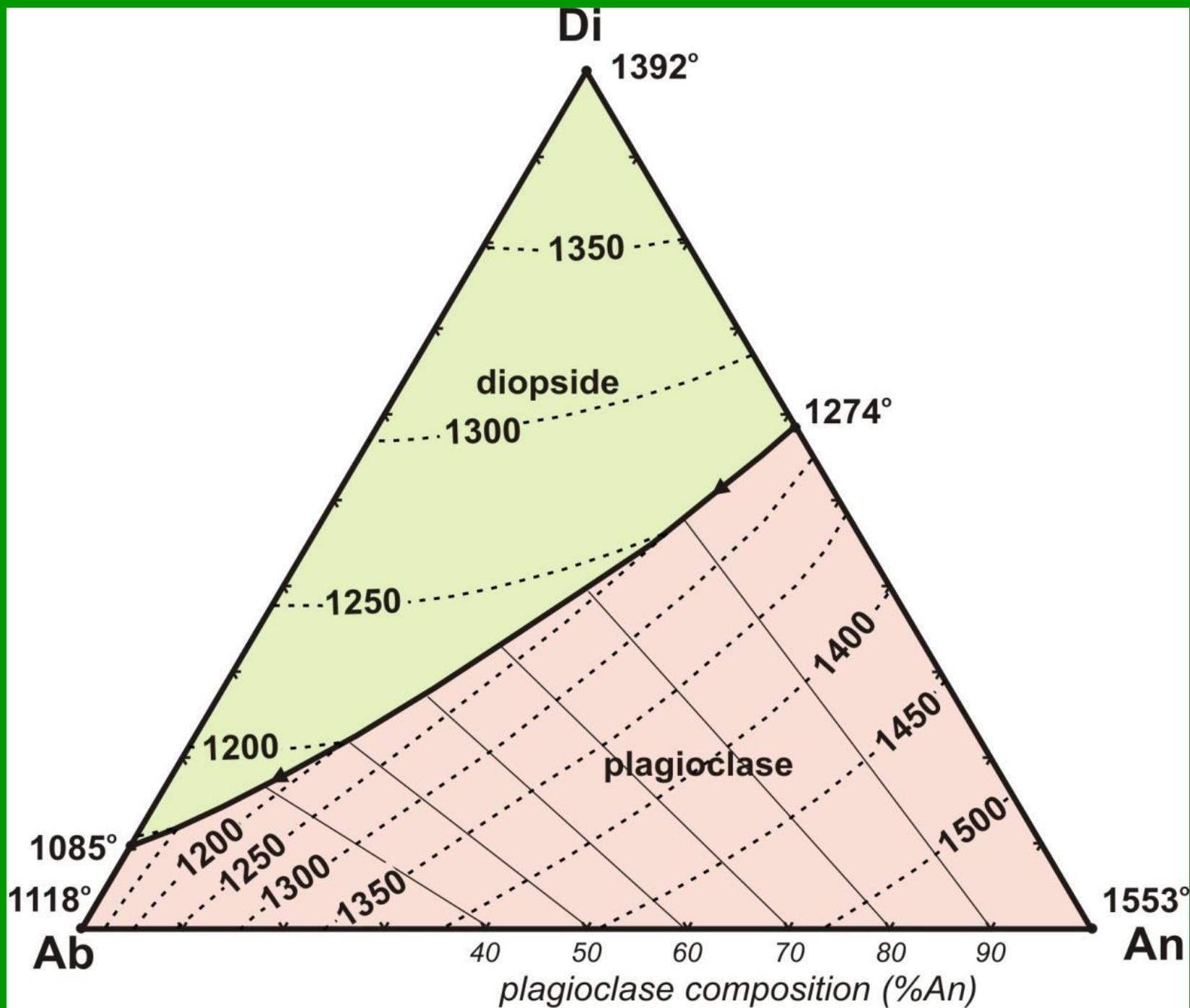
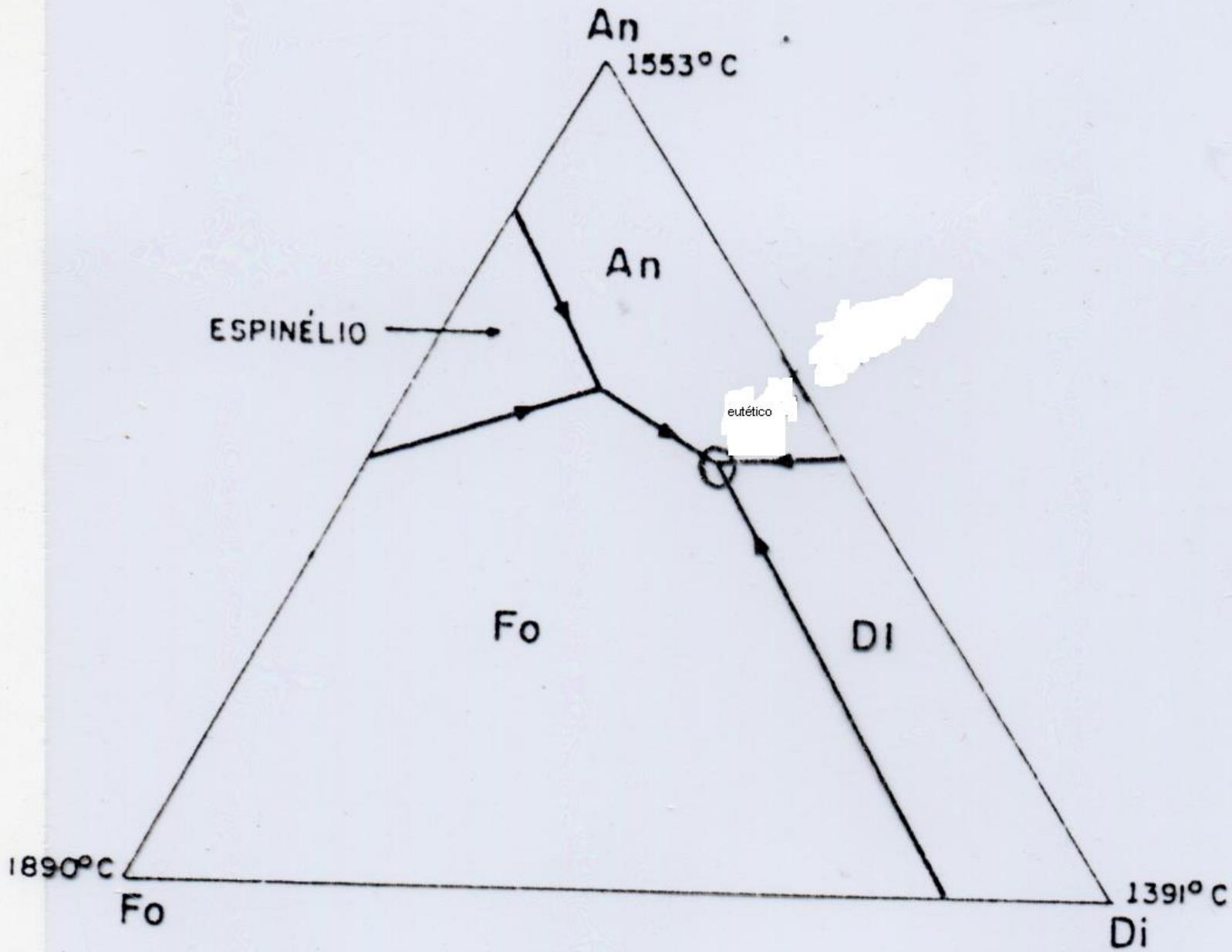


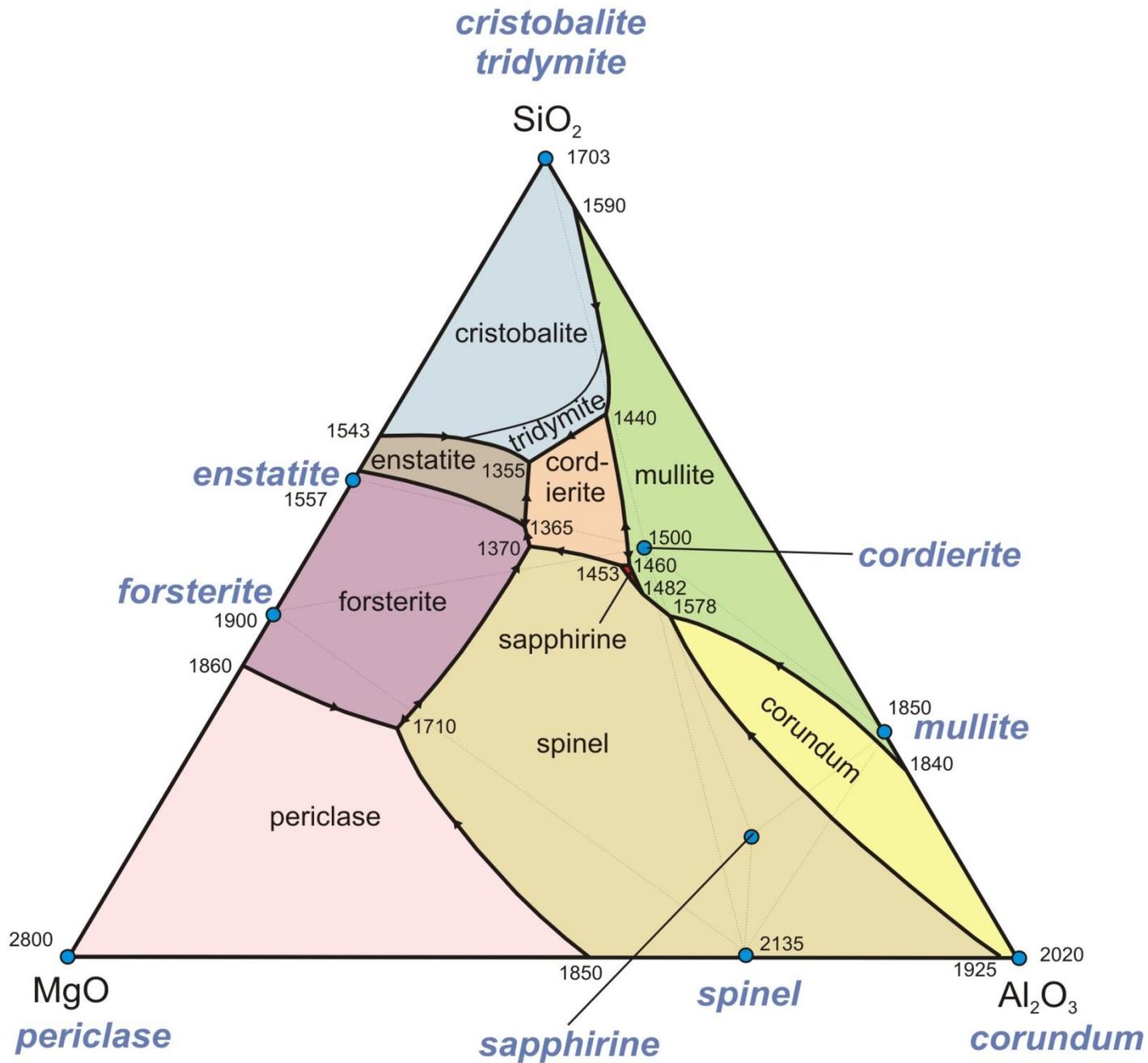
Fig. 4.14: Diagrama triangular para a representação da composição química de sistemas com três componentes (são considerados como a base quimiográfica).

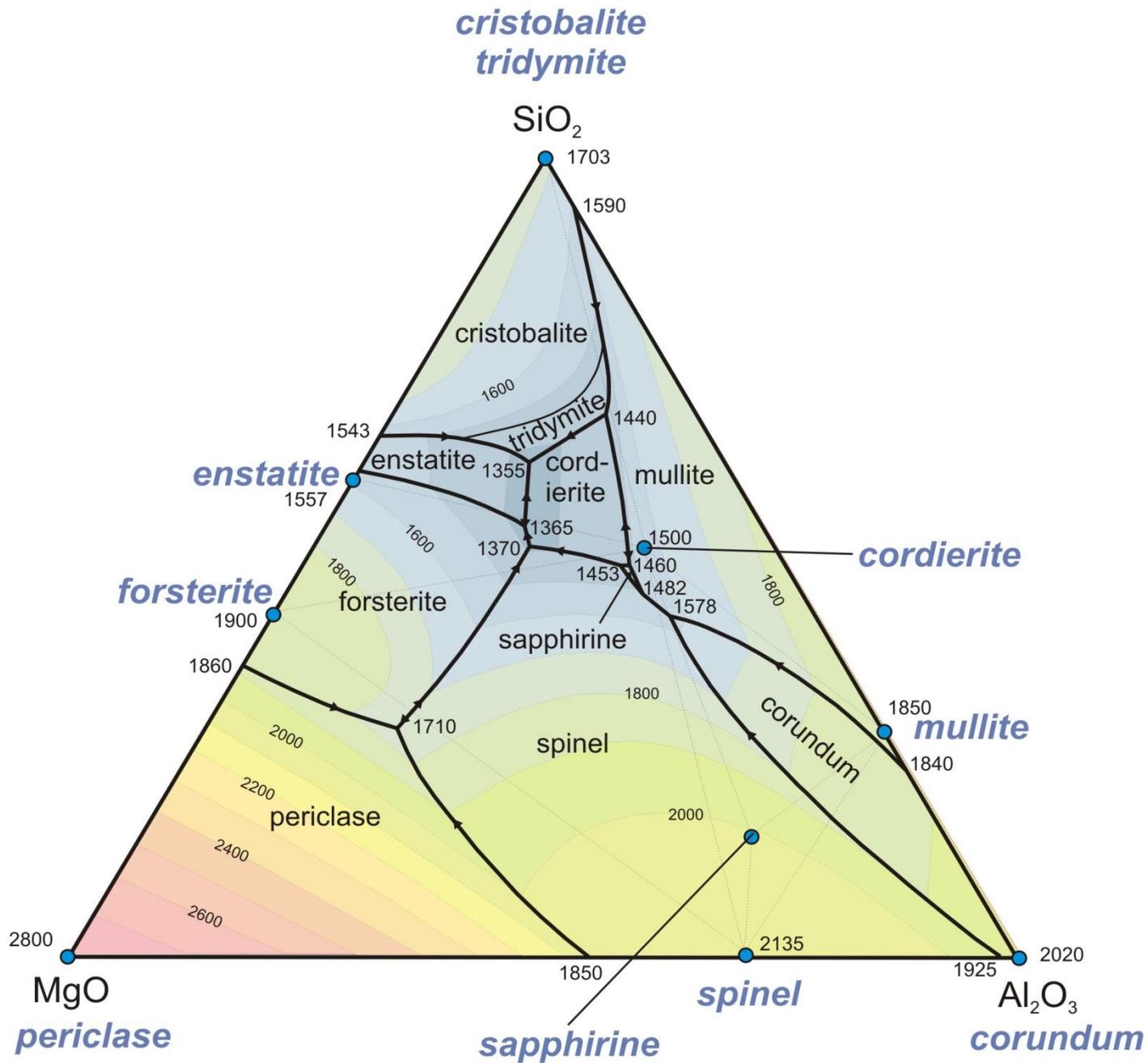
Fig. 4.19: A mistura isomorfa dos componentes é mais perfeita com o aumento da temperatura (ex: ortoclásio - albíta).

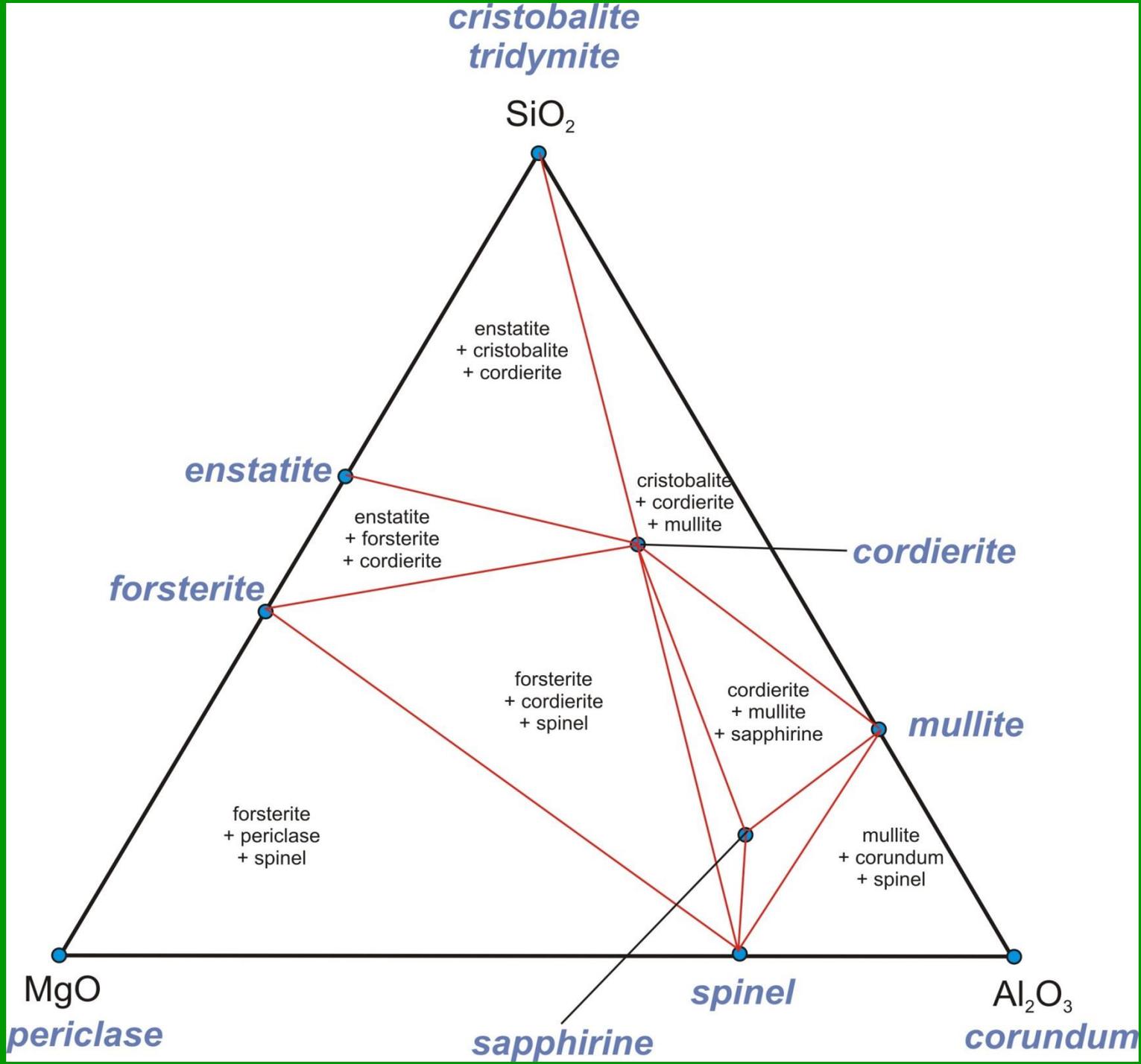




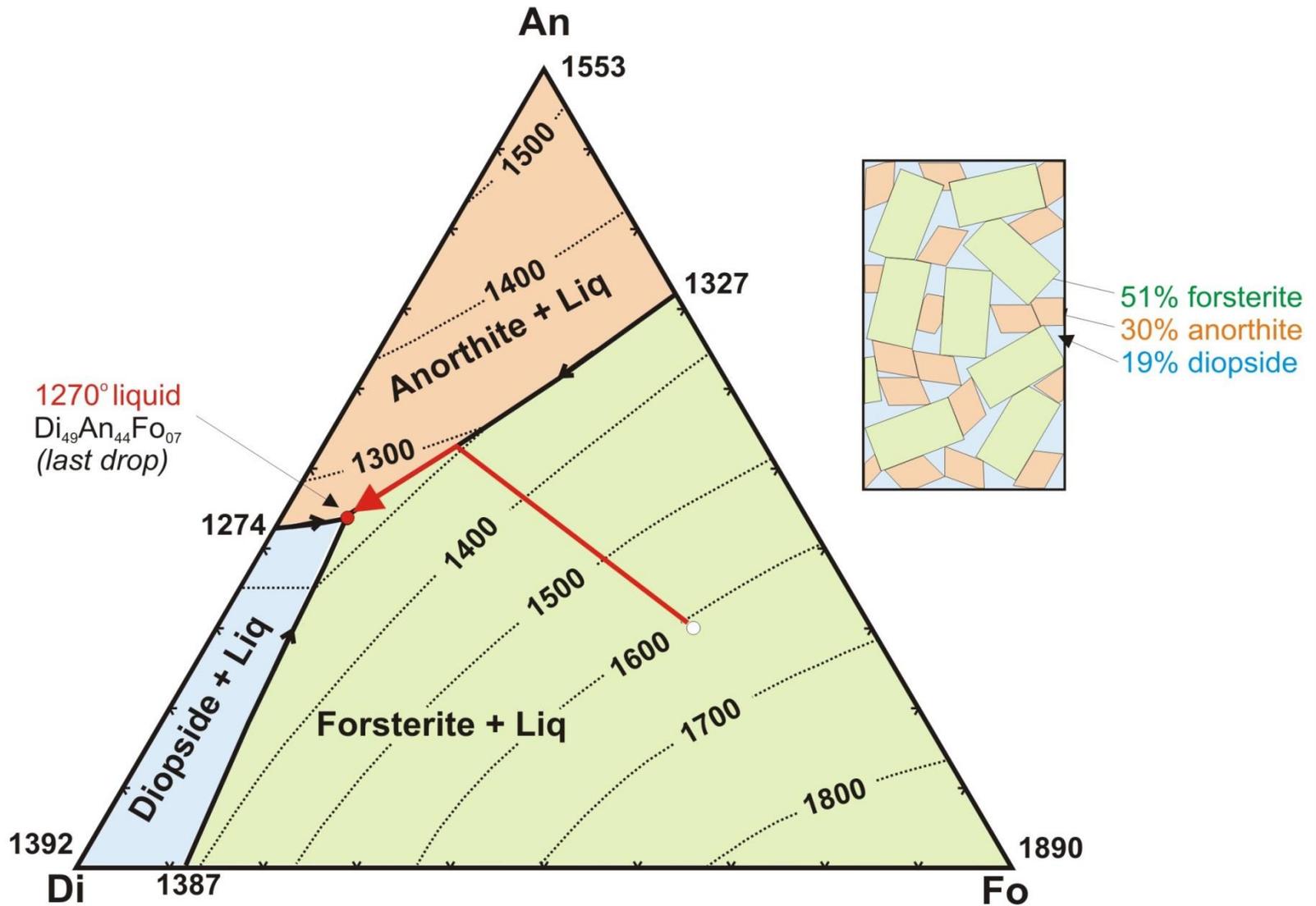


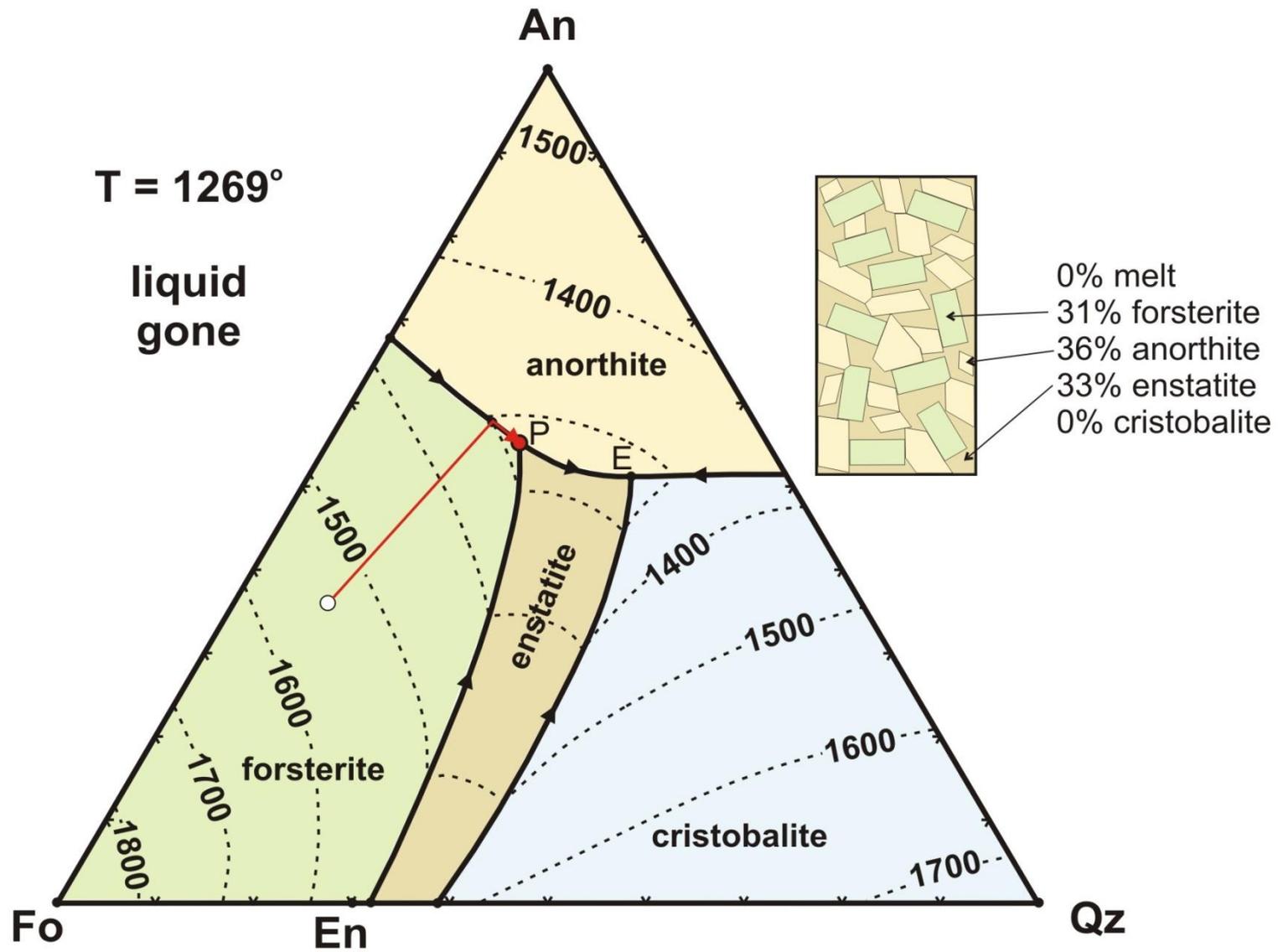






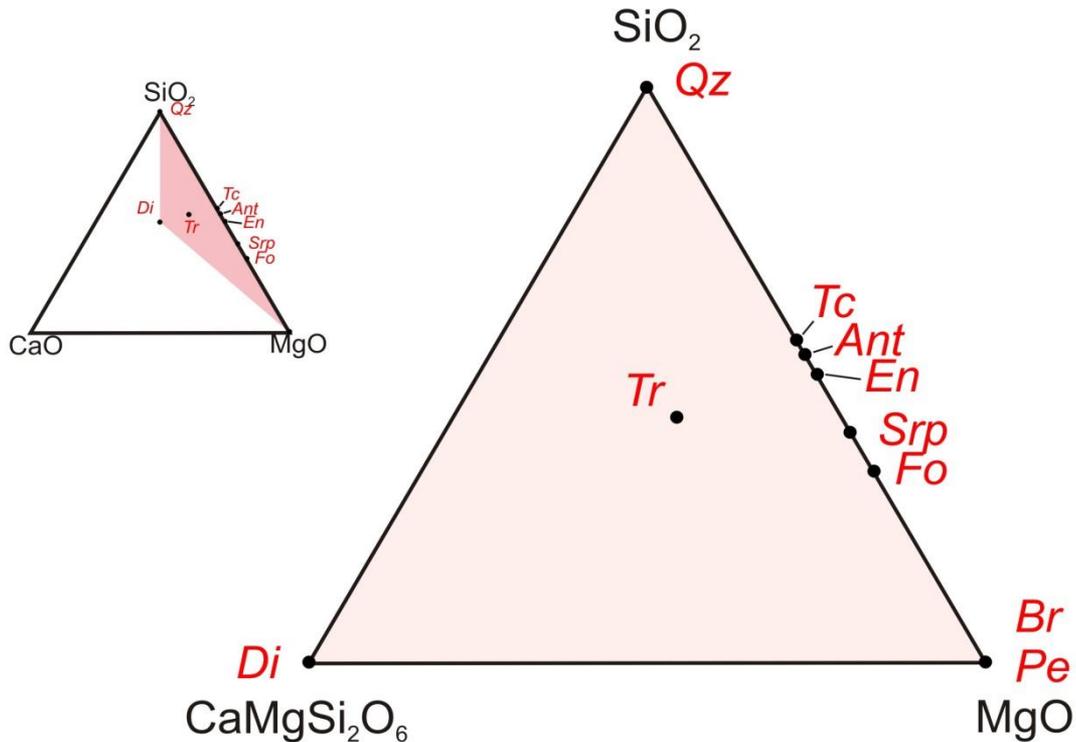
Di-An-Fo at 1 atm. (0.1 MPA)





Ultramafic Rocks (water saturated)

brucite	(Br)	$Mg(OH)_2$	low grade ↓ high grade
antigorite	(Srp)	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	
anthophyllite	(Ant)	$Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$	
talc	(Tc)	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	
tremolite	(Tr)	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	
quartz	(Qz)	SiO_2	
diopside	(Di)	$CaMgSi_2O_6$	
enstatite	(En)	$MgSiO_3$	
forsterite	(Fo)	Mg_2SiO_4	
periclase	(Pe)	MgO	



Sistema binário com solução sólida

Transição do plagioclásio Ca (alta T) para plagioclásio Na (baixa T), ou de minerais mais ricos em Mg (alta T) para os mais ricos em Fe (baixa T).

1. Fundido com An30Ab70

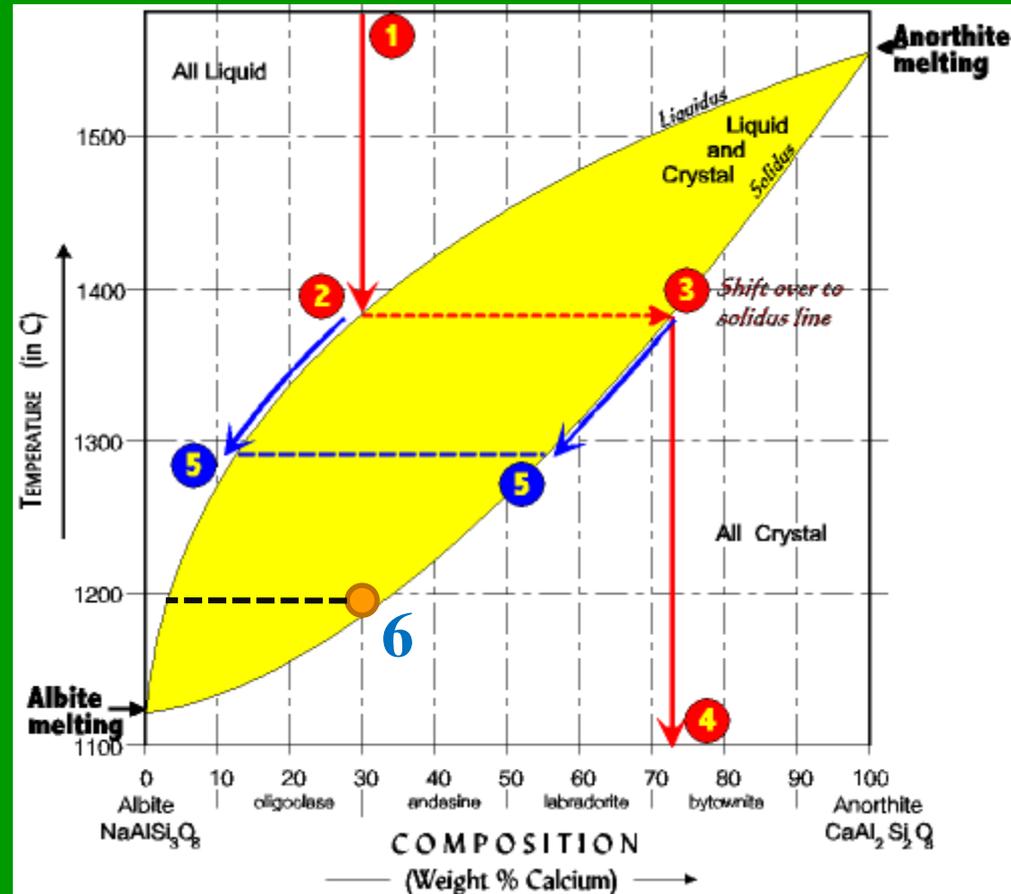
2. Cristal forma-se a 1380°C no *liquidus*

3 - 4. Composição do cristal é indicada pelo *solidus* (72% An): enriquecimento de Na no fundido

5. Composição do fundido muda ao longo do *liquidus*. Cristal torna-se mais pobre em Ca no *solidus* → cristal reage com o fundido, trocando Ca por Na → equilíbrio

6. Composição da última fração de fundido

→ 3% An a 1185°C



Sistema binário com solução sólida: fusão em equilíbrio

1. Rocha com plagioclásio de composição 60% An

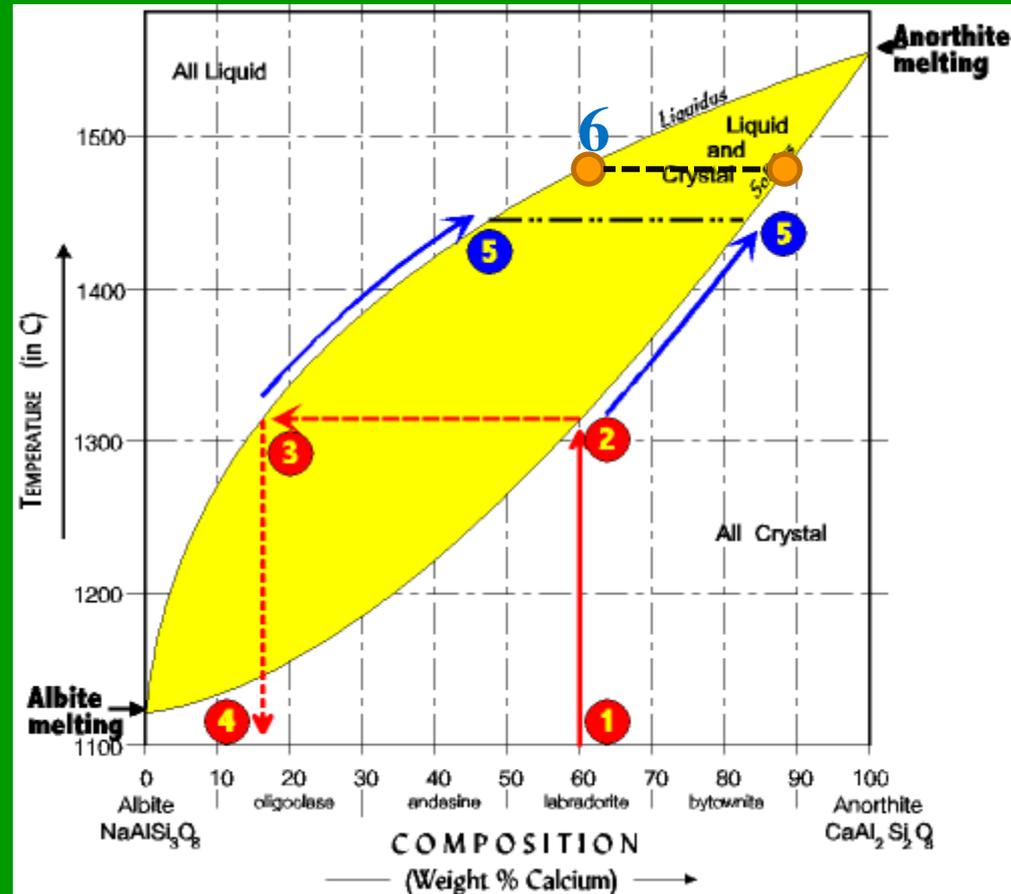
2. Rocha inicia fusão a 1310°C no *solidus*;

3 - 4. Composição do fundido no *liquidus*:
16% An (mais rico em Na que o cristal original) ➡

fracções mais ricas em Na fundem primeiro

5. Com o aumento de T cristais que se fundem são mais enriquecidos em Ca

6. Ultimo cristal a se fundir ➡ 88% An



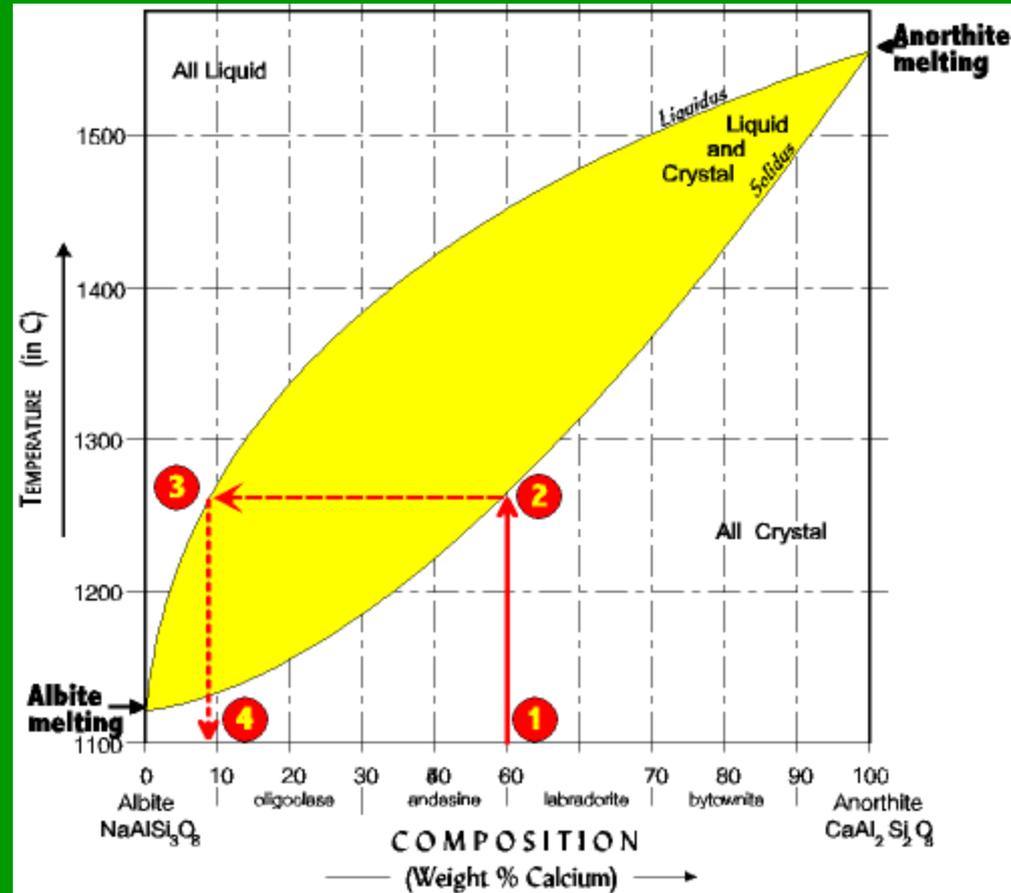
Sistema binário com solução sólida: fusão com fracionamento

1. Rocha com plagioclásio de composição 60% An

2. Rocha inicia fusão no *solidus* (1260°C).

3-4. Composição do fundido no *liquidus*: 9% An/91%Ab (mais rico em Na). O plagioclásio não funde uniformemente: frações mais ricas em Na (<T na série de Bowen) inicia fusão antes que as frações Ricas em Ca (<T na série de Bowen)

Primeira fração de fundido é removida (fracionada) do sistema e não mais reage
(1) Fundido rico em Na (9% An); e (2) cristal com 59% An



Se a temperatura aumentar até 1350°C. qual será a composição das duas frações resultantes?

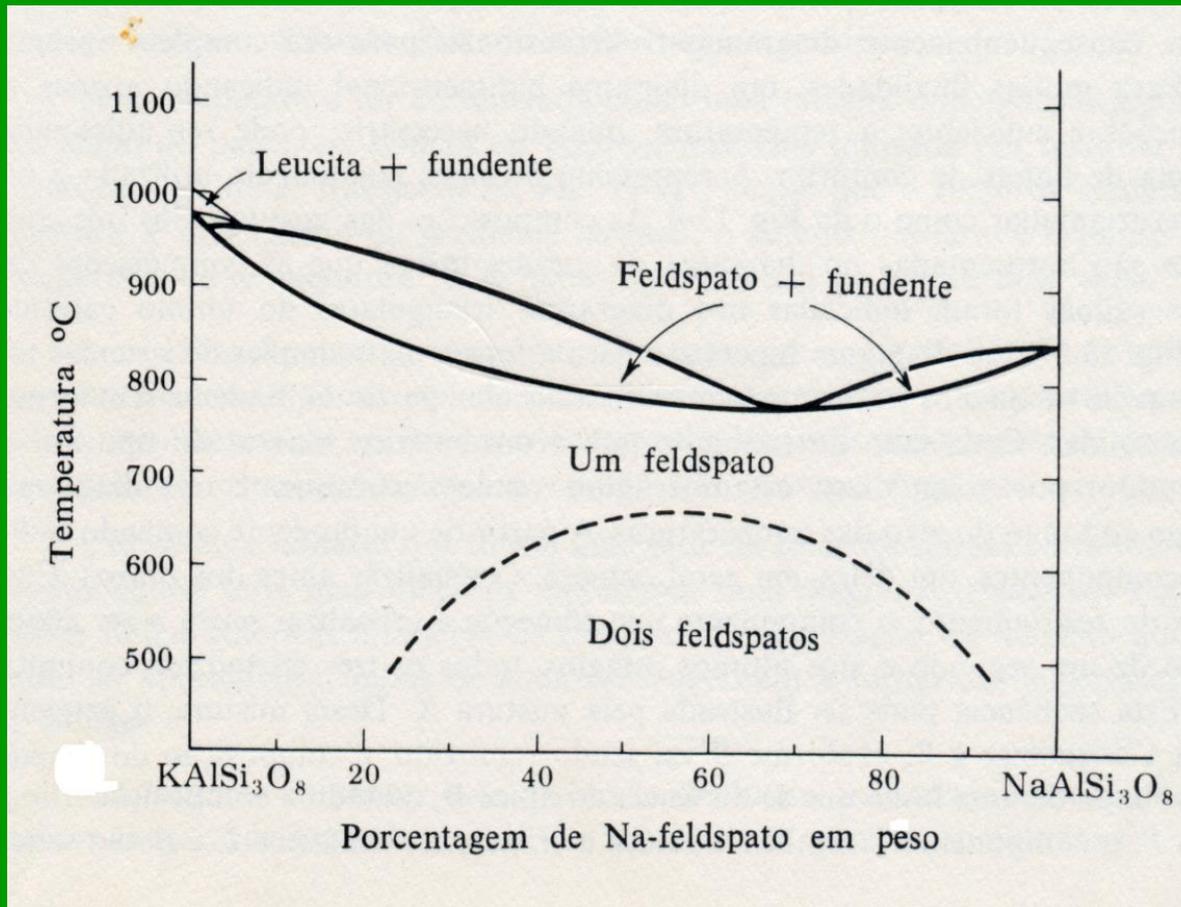
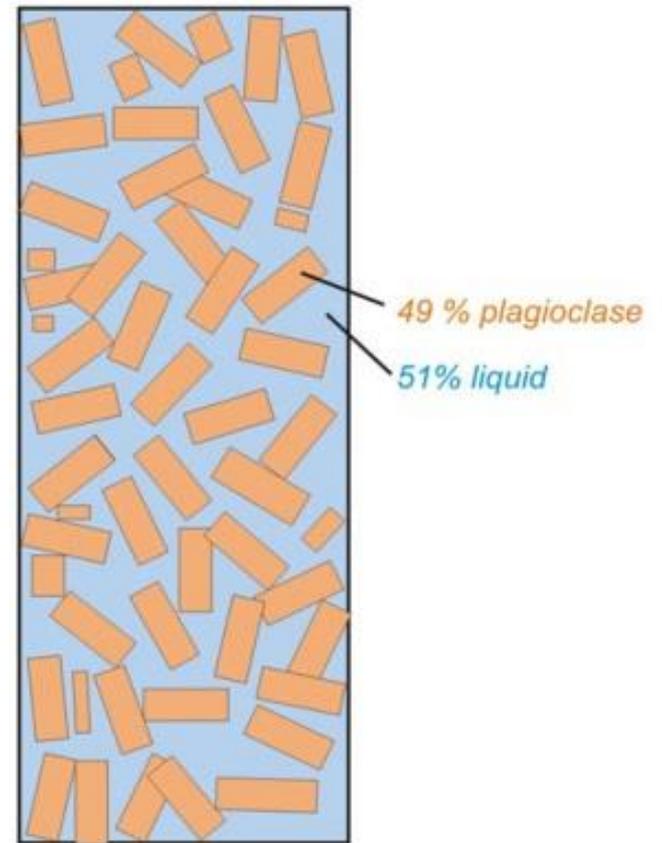
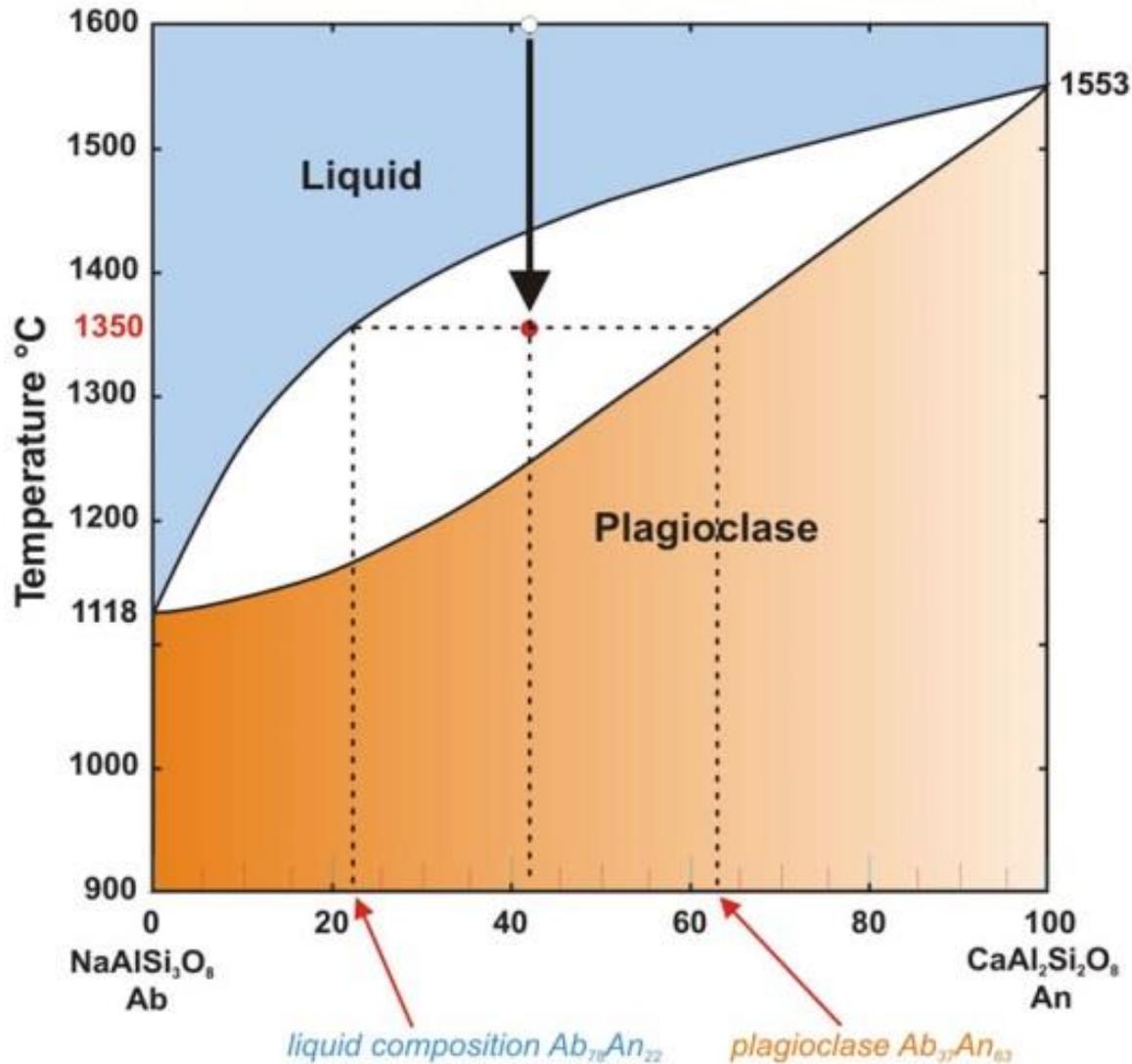


Diagrama do sistema de feldspatos alcalinos (c/ solução sólida e desmistura) (Bowen & Tuttle, 1950)

Albite-Anorthite System at 0.1 Mpa (1 atmosphere)



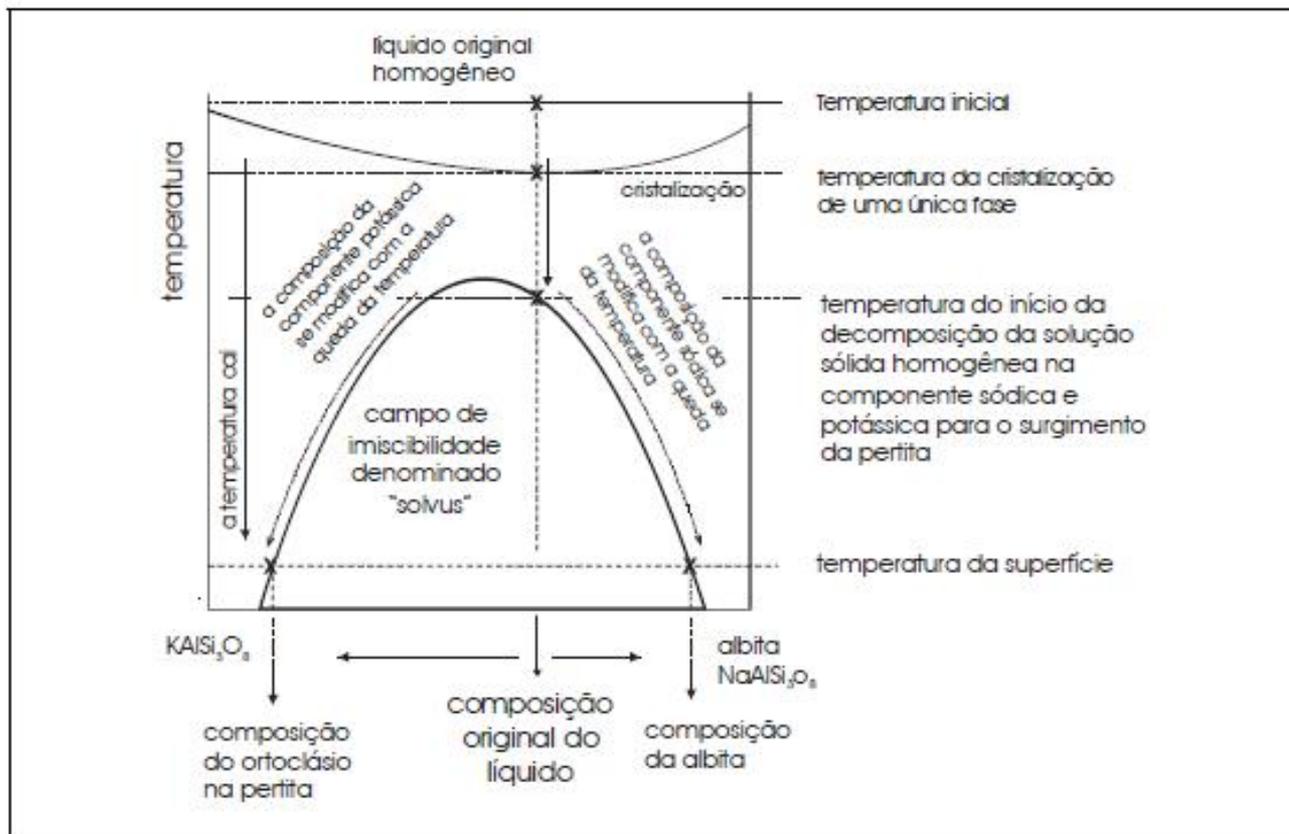


Fig. 4.20: Princípio da exsolução (desmisturação) em duas fases com a diminuição da temperatura.

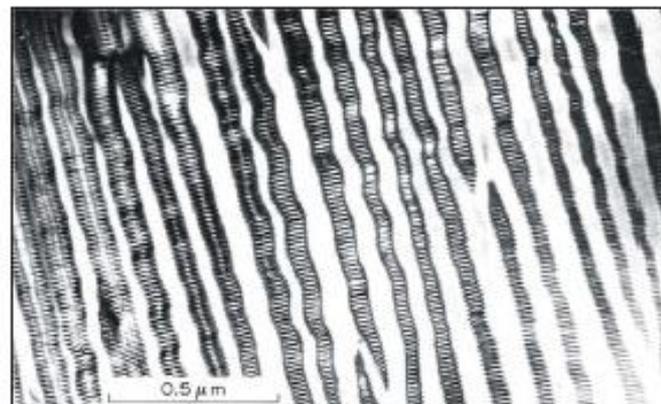
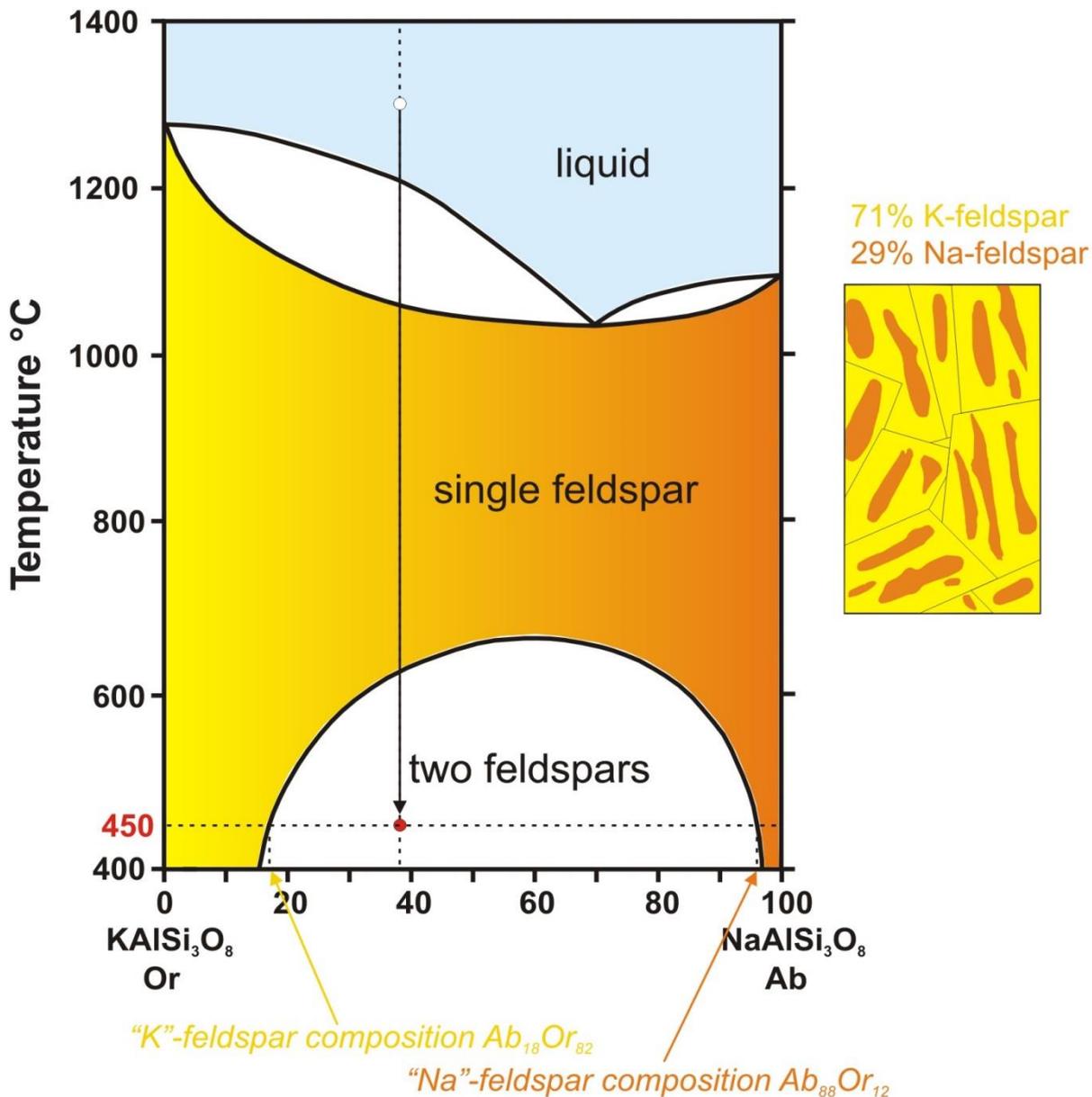
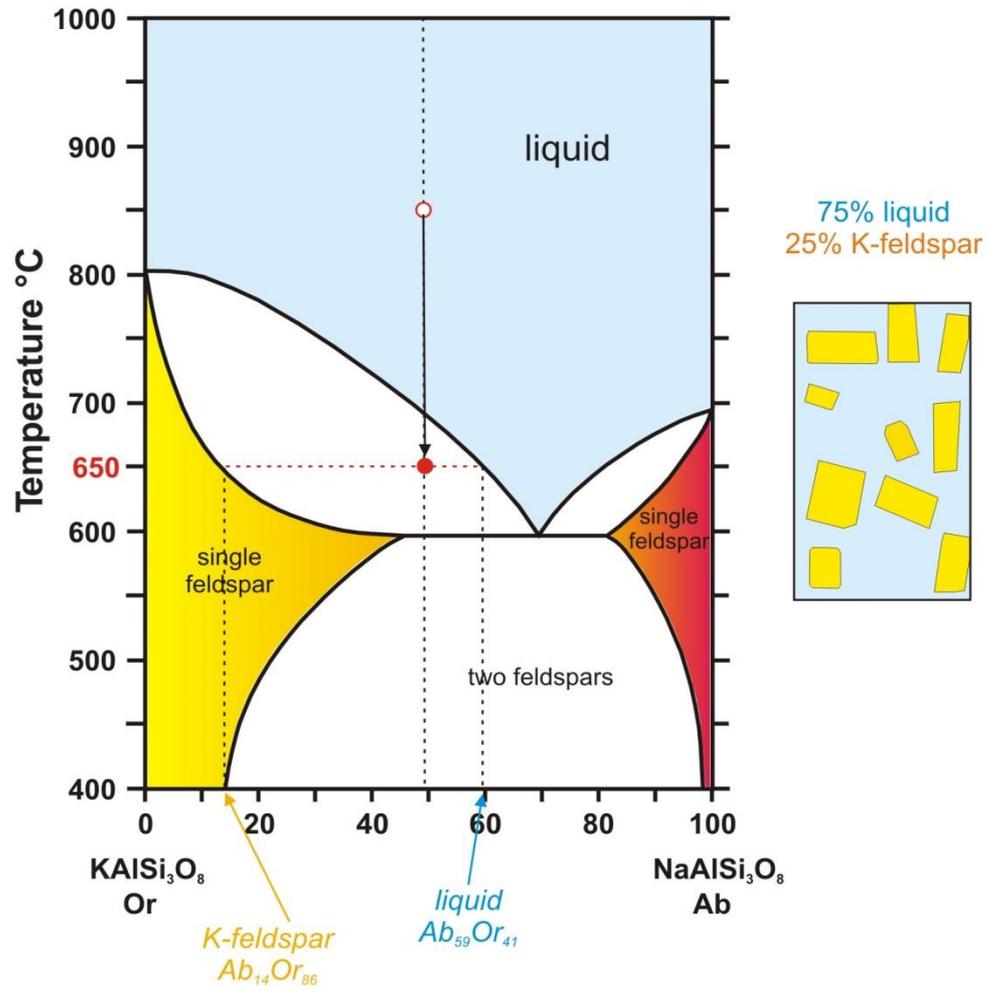


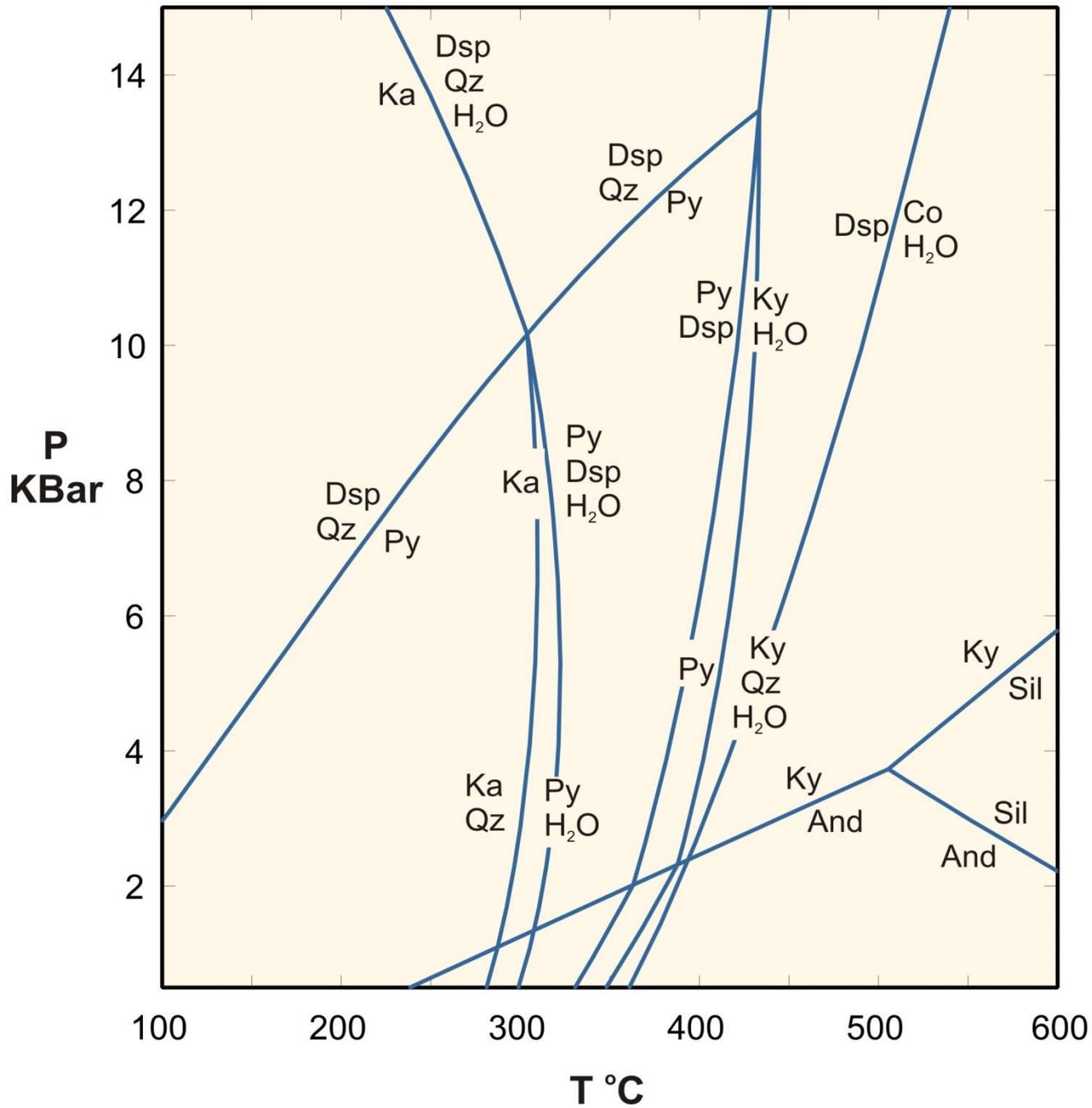
Fig. 4.21: foto mostrando a exsolução da albita no ortoclásio (peritita) Além disso, a albita se gemina pela lei da albita.

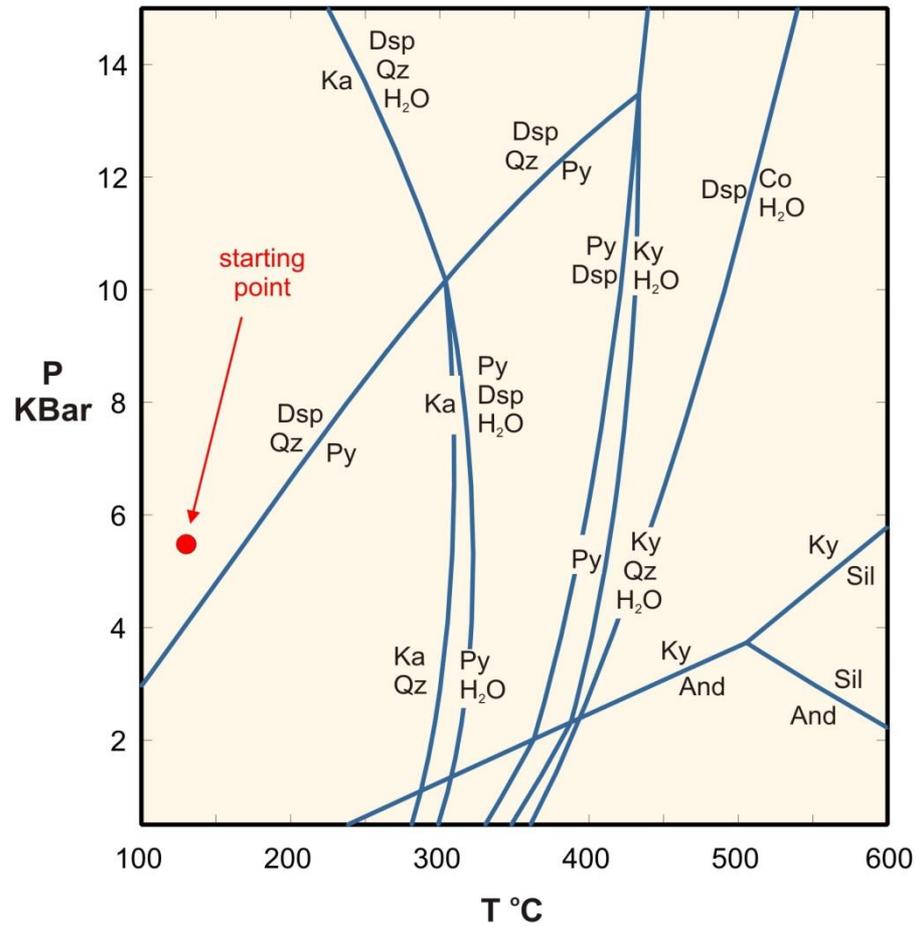
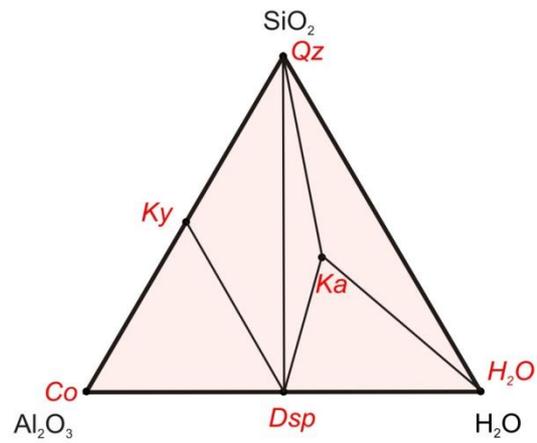
KAISi₃O₈-NaAlSi₃O₈ System at 0.1 MPa (1 atm.)

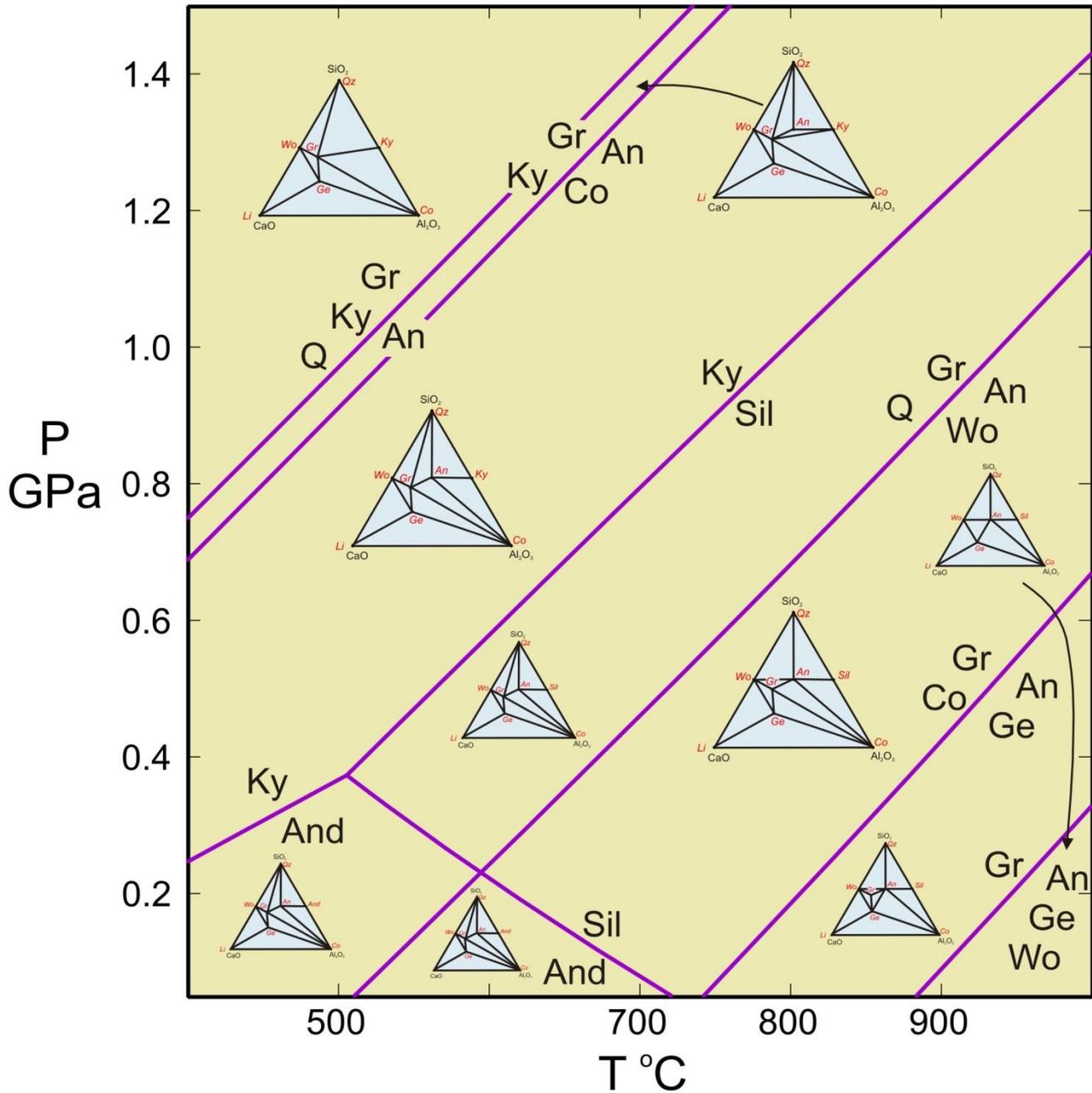


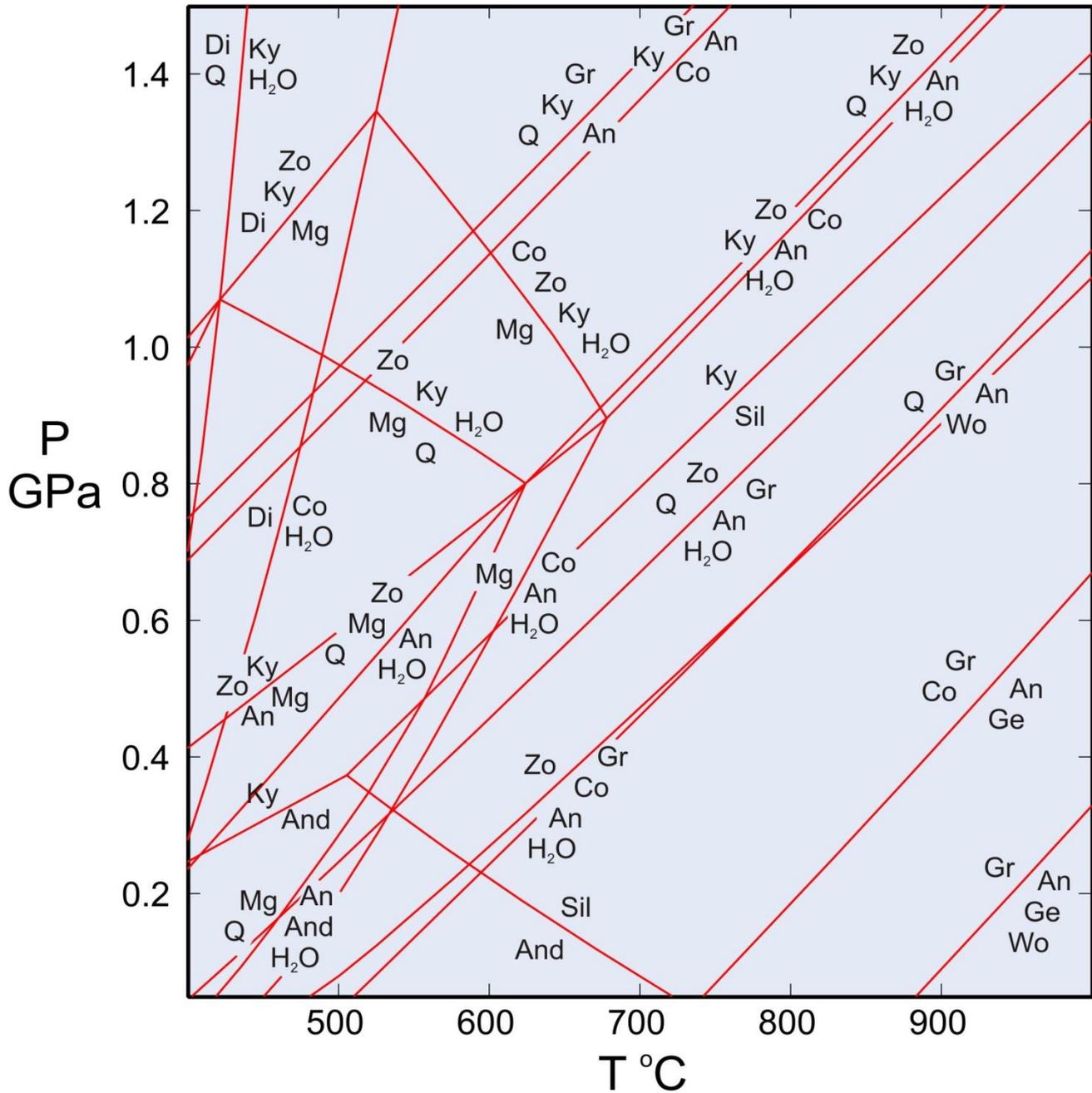
KAISi₃O₈-NaAlSi₃O₈ System at 500 MPa (5 Kbar)



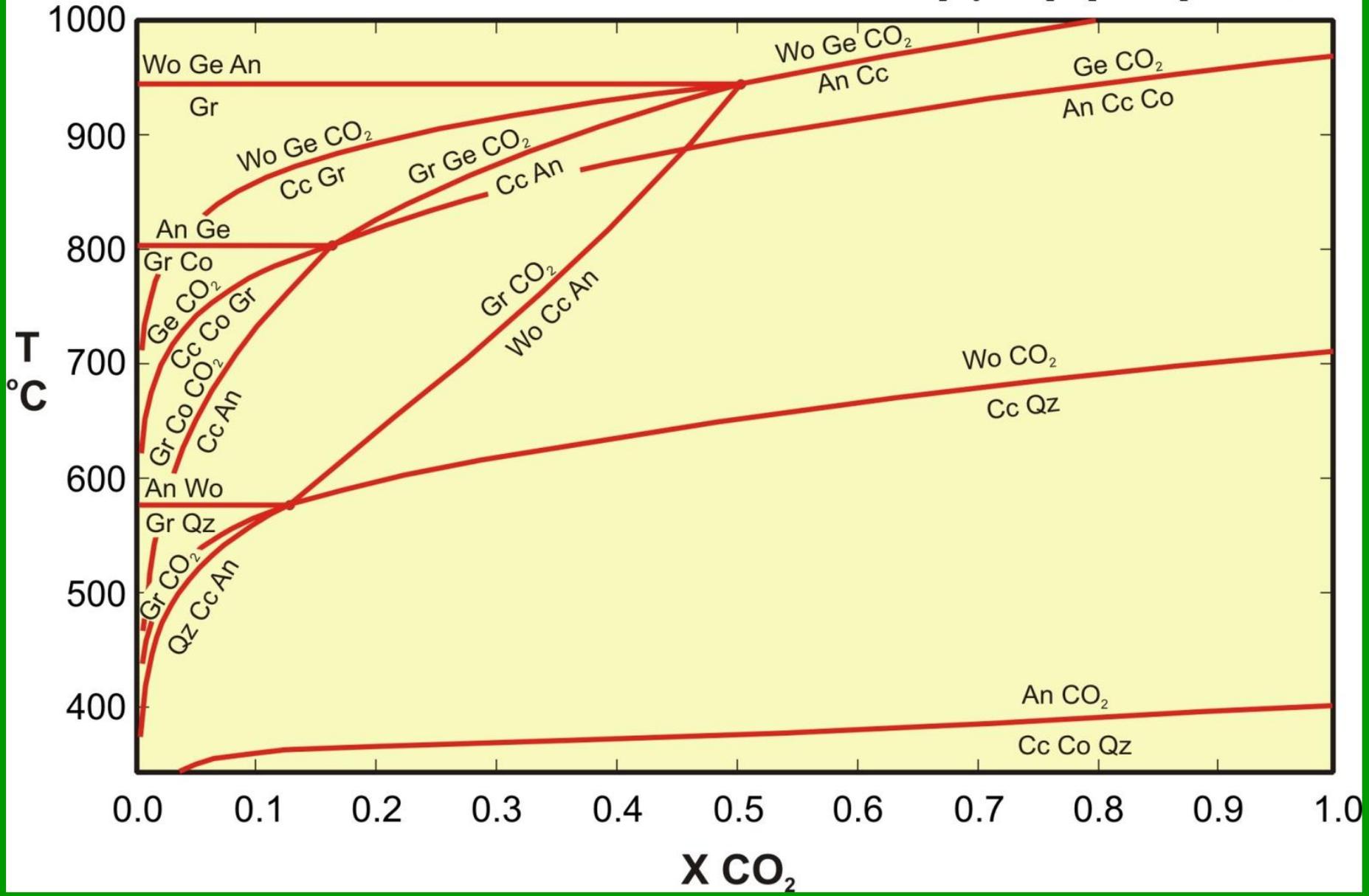


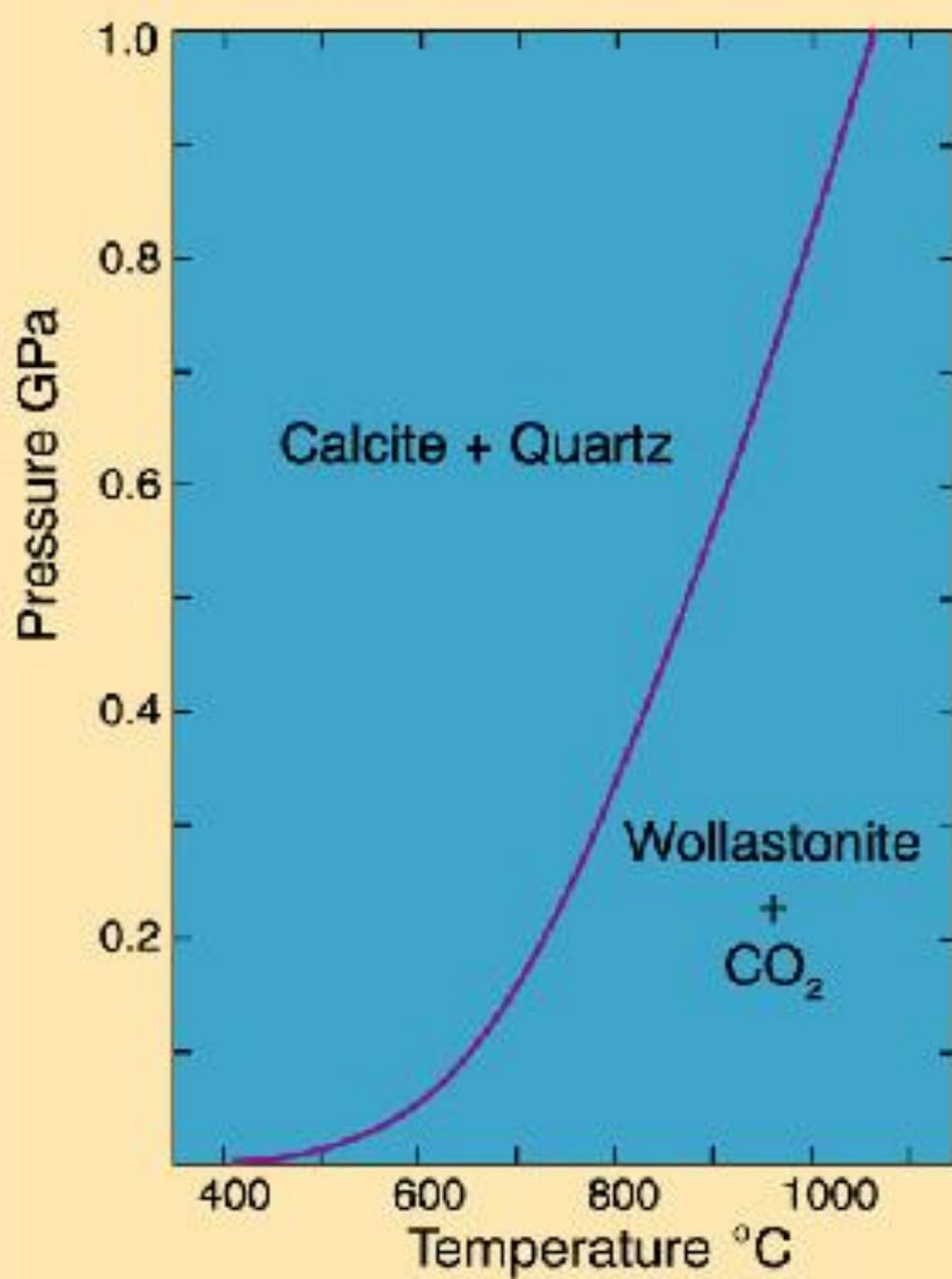




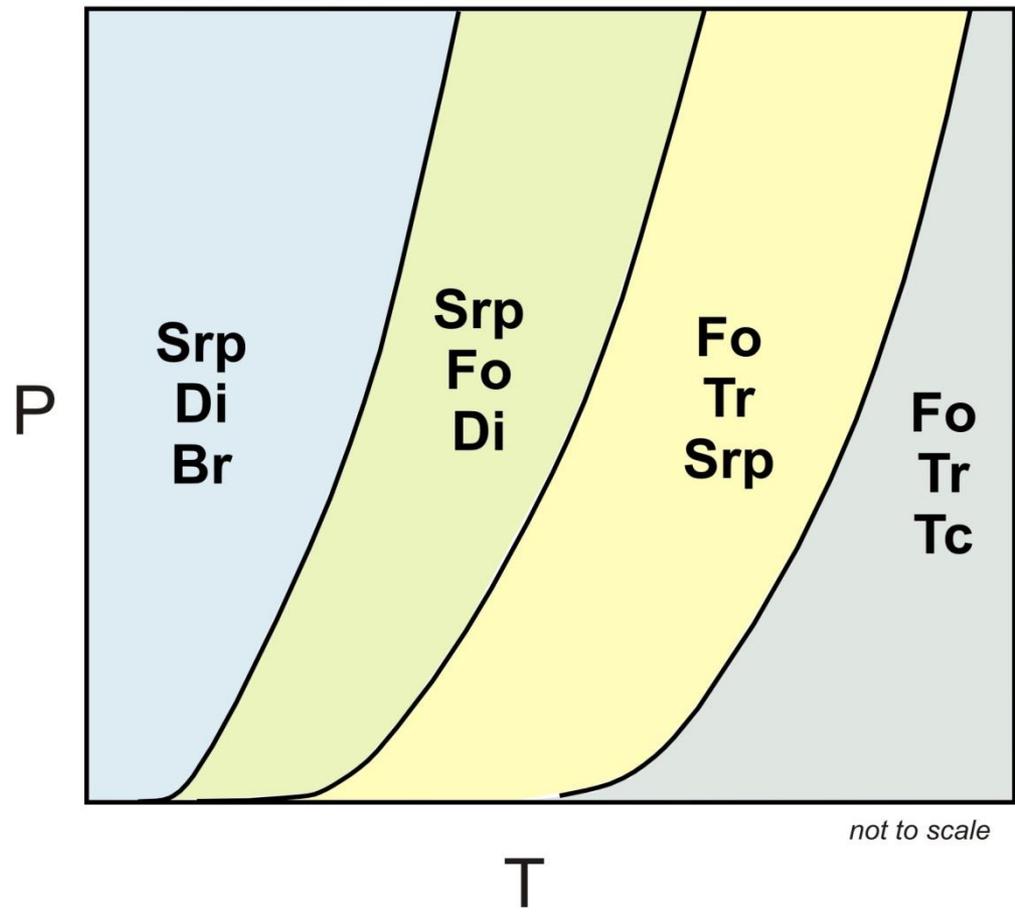
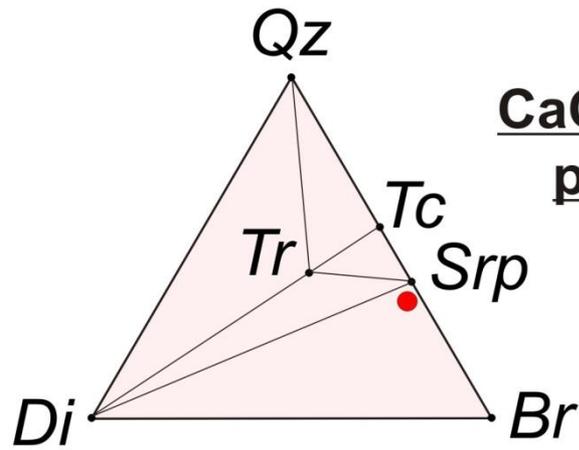


CaO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O-CO₂ - 2 Kbar

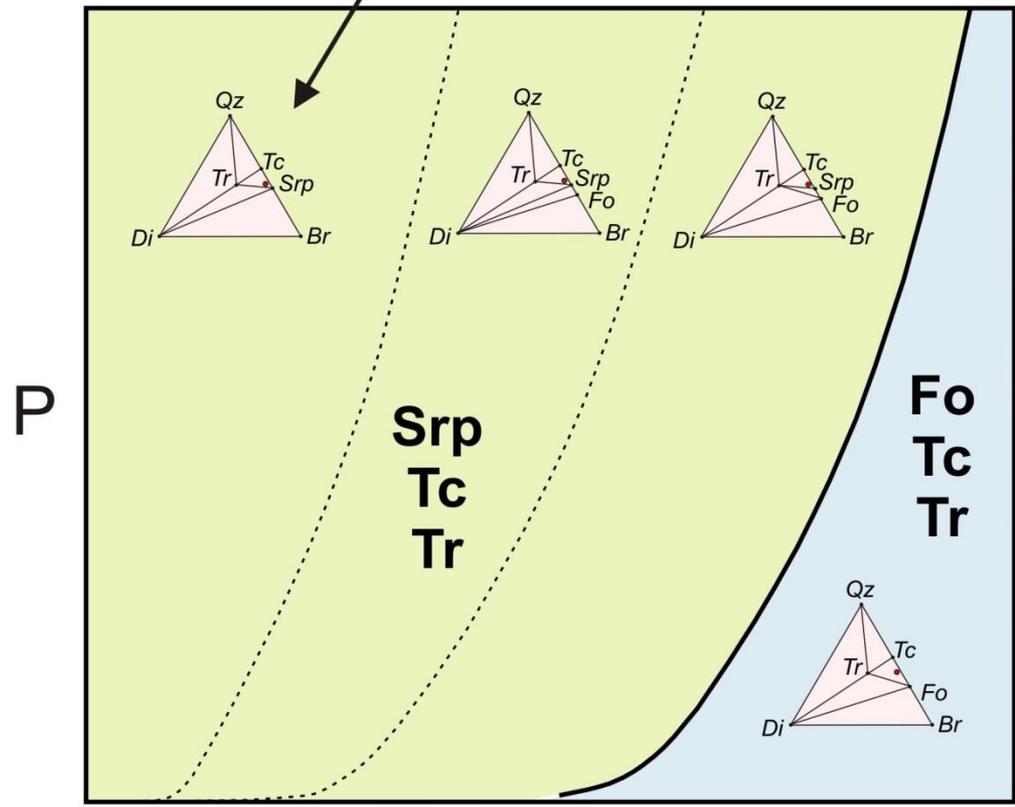
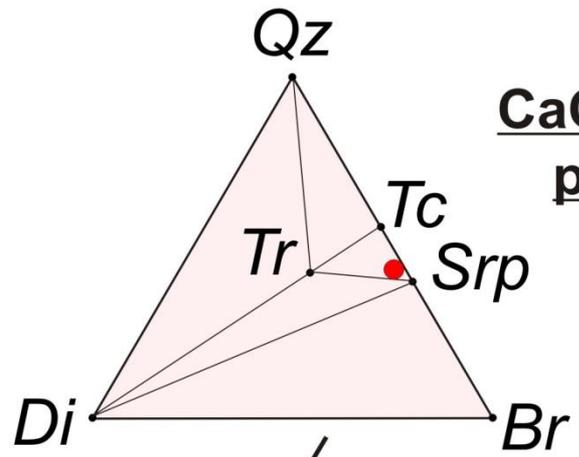




CaO-MgO-SiO₂-H₂O
pseudosection



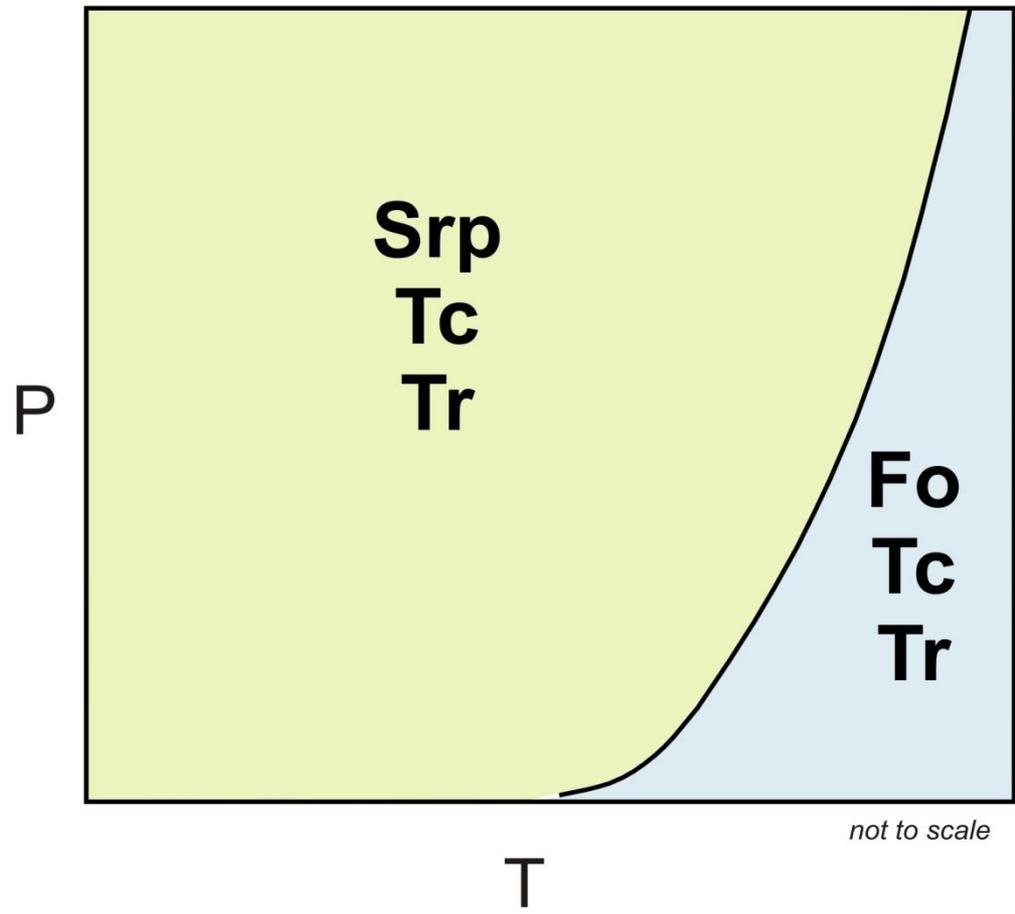
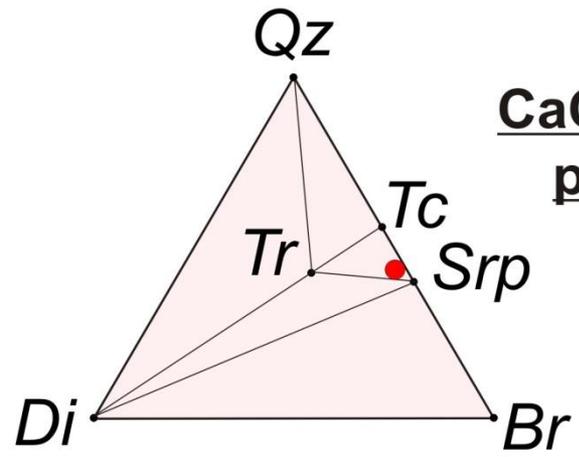
CaO-MgO-SiO₂-H₂O
pseudosection



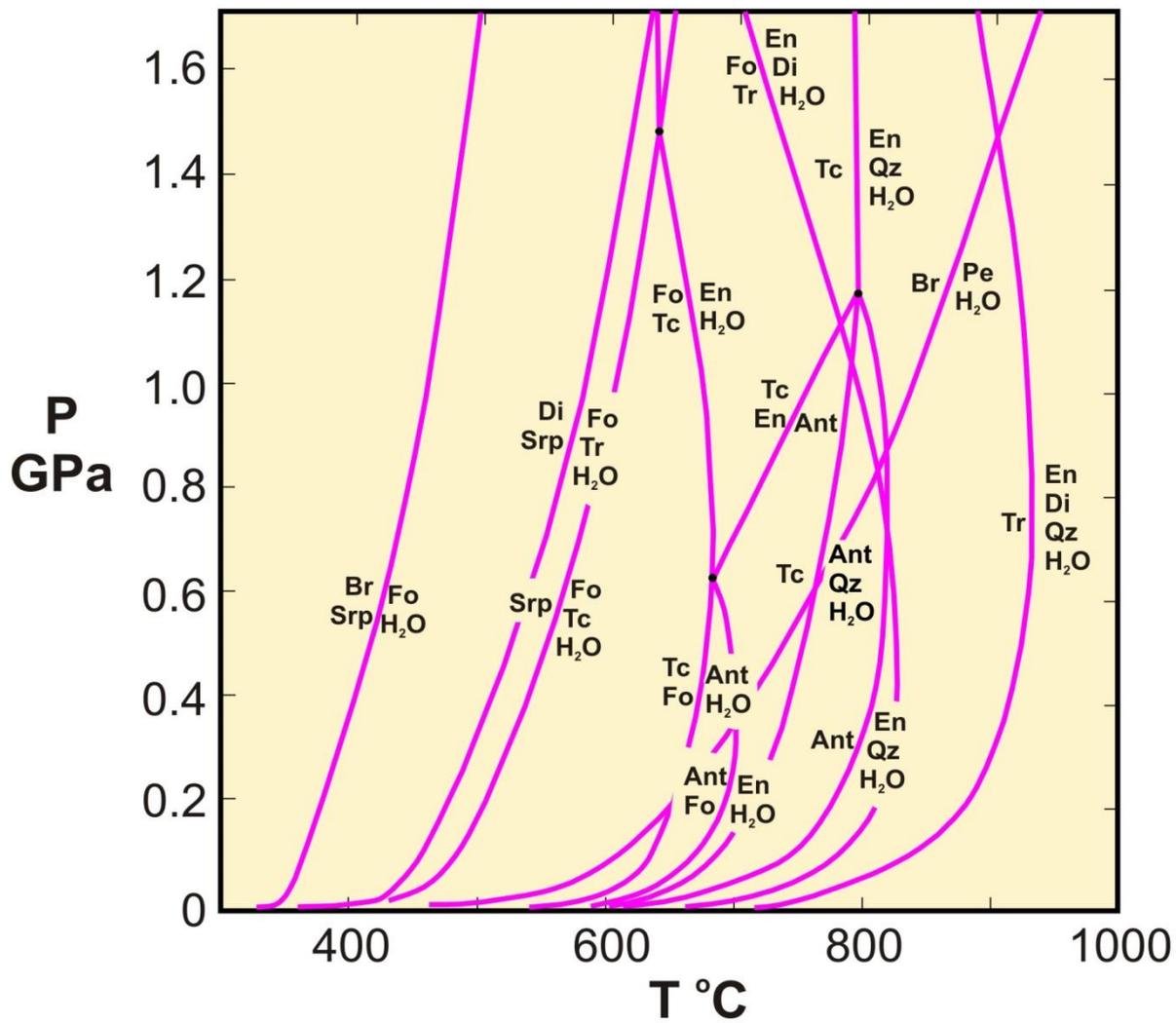
not to scale

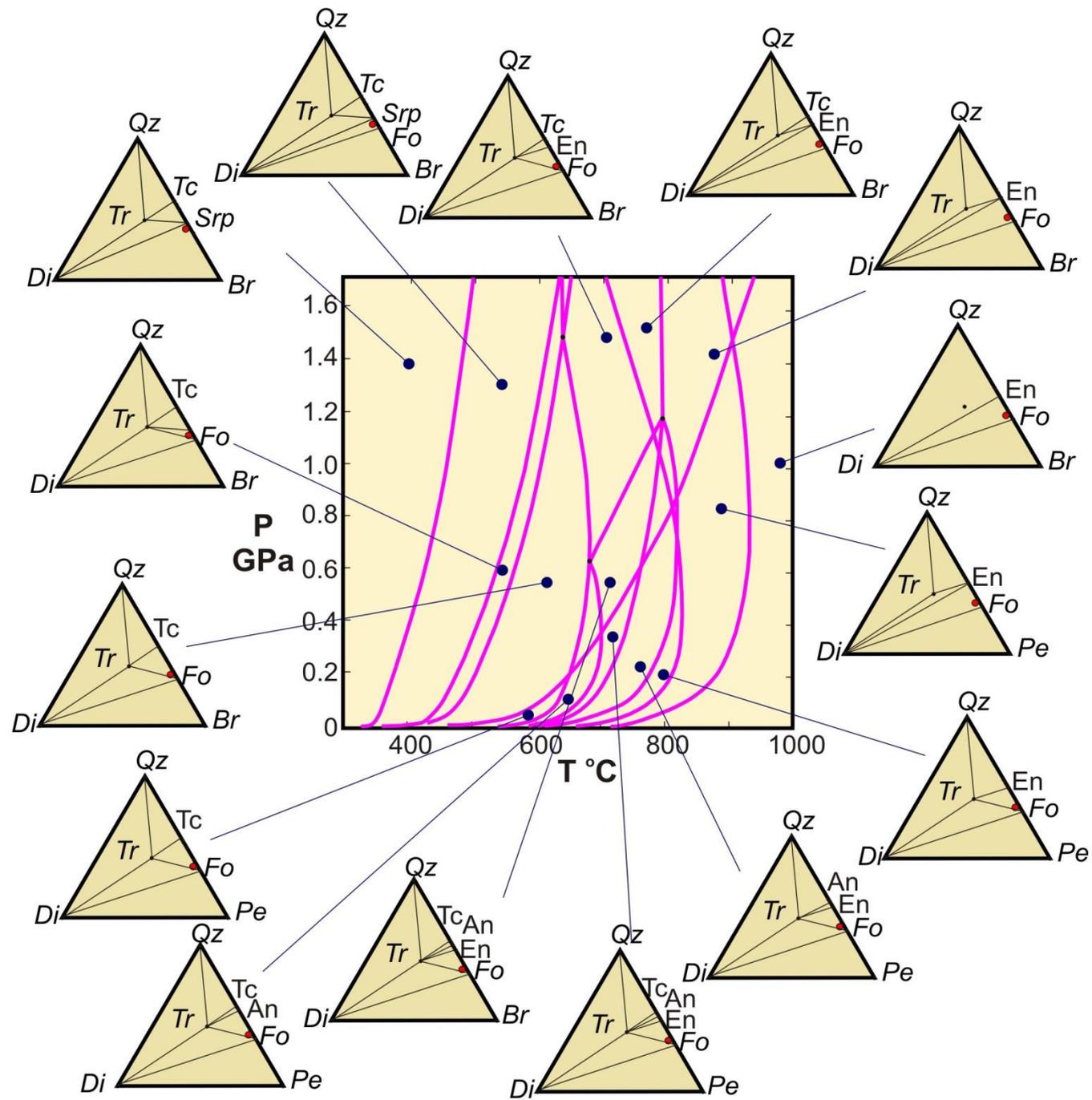
T

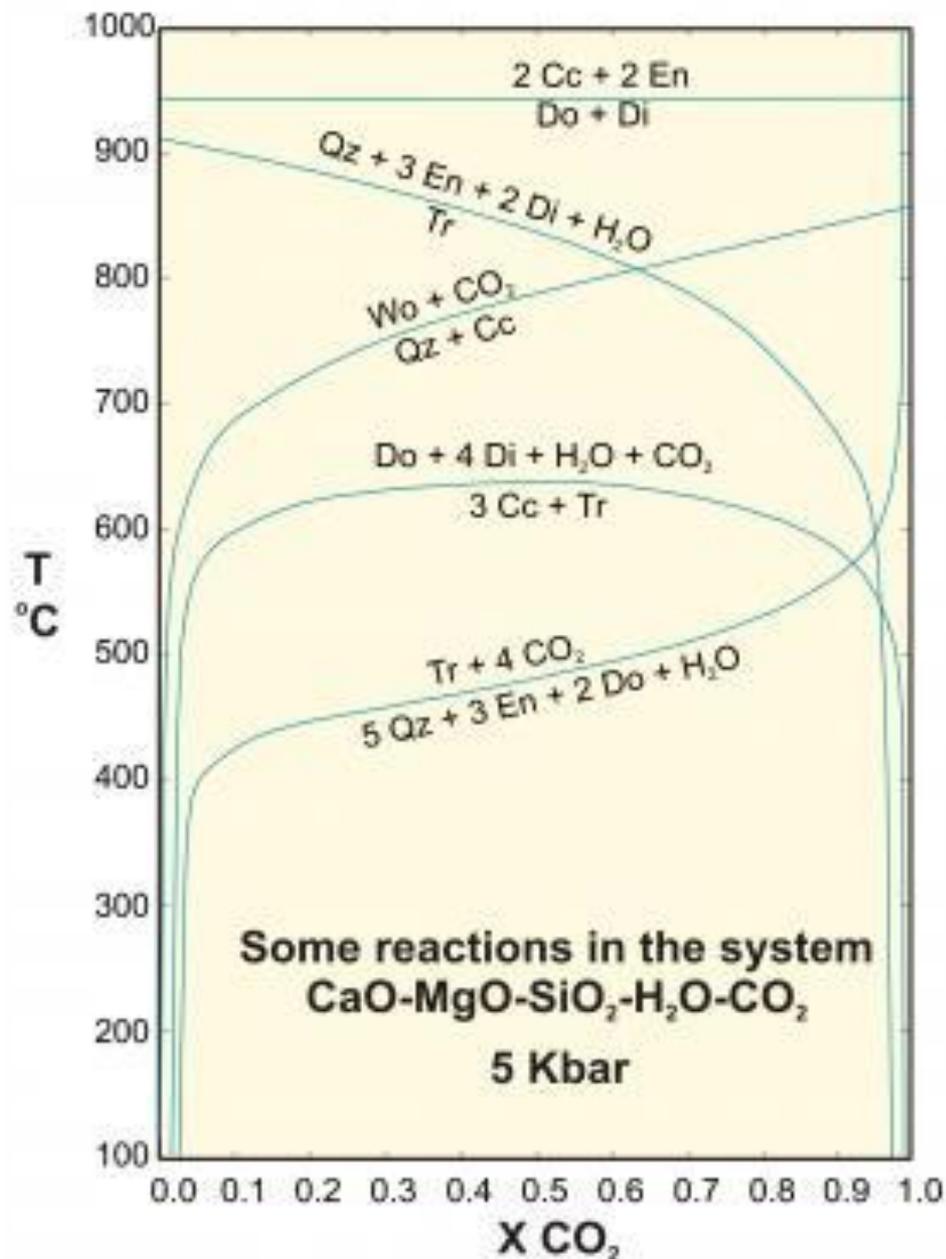
CaO-MgO-SiO₂-H₂O
pseudosection



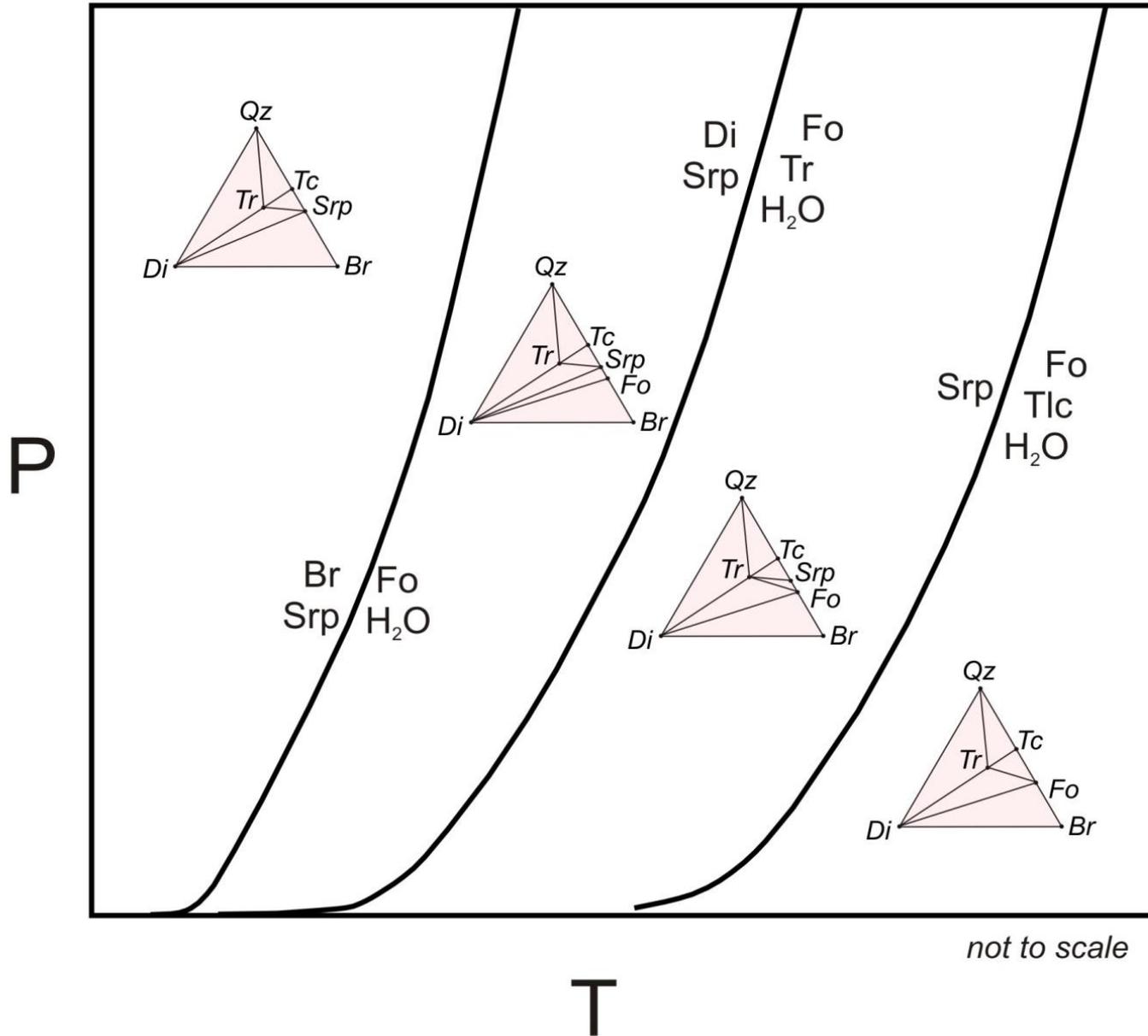
CaO-MgO-SiO₂-H₂O



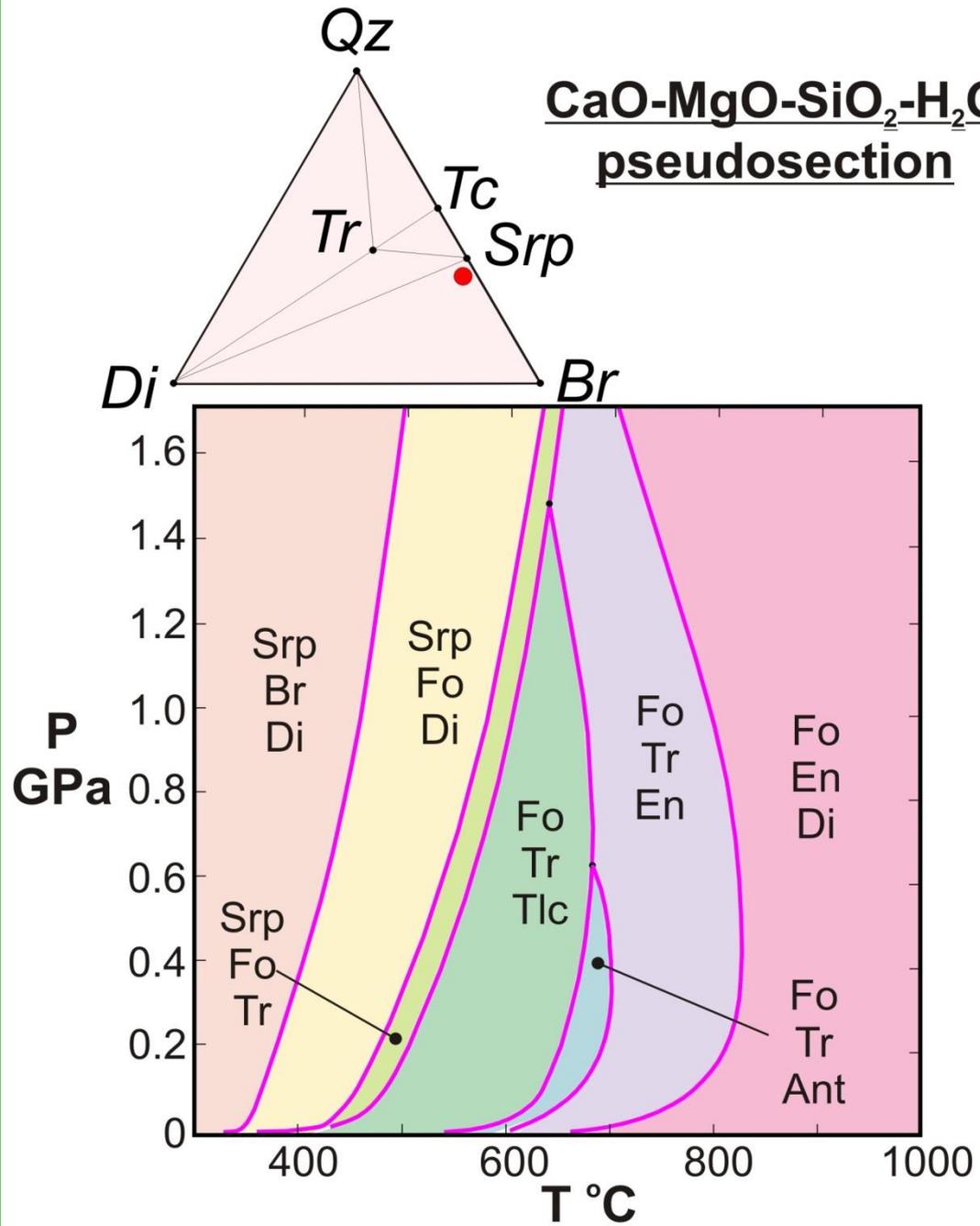


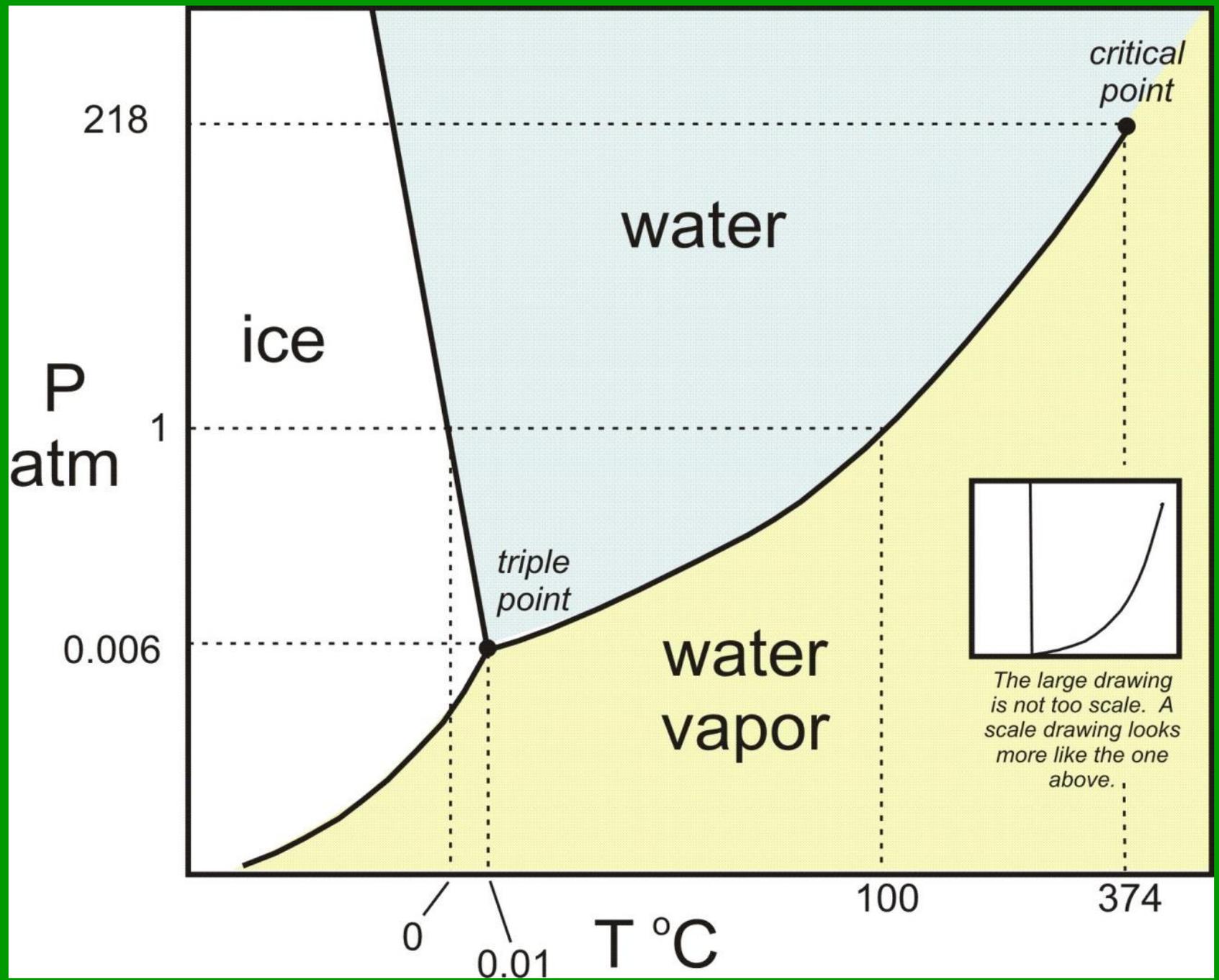


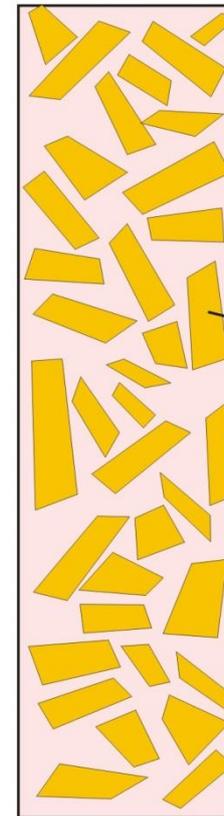
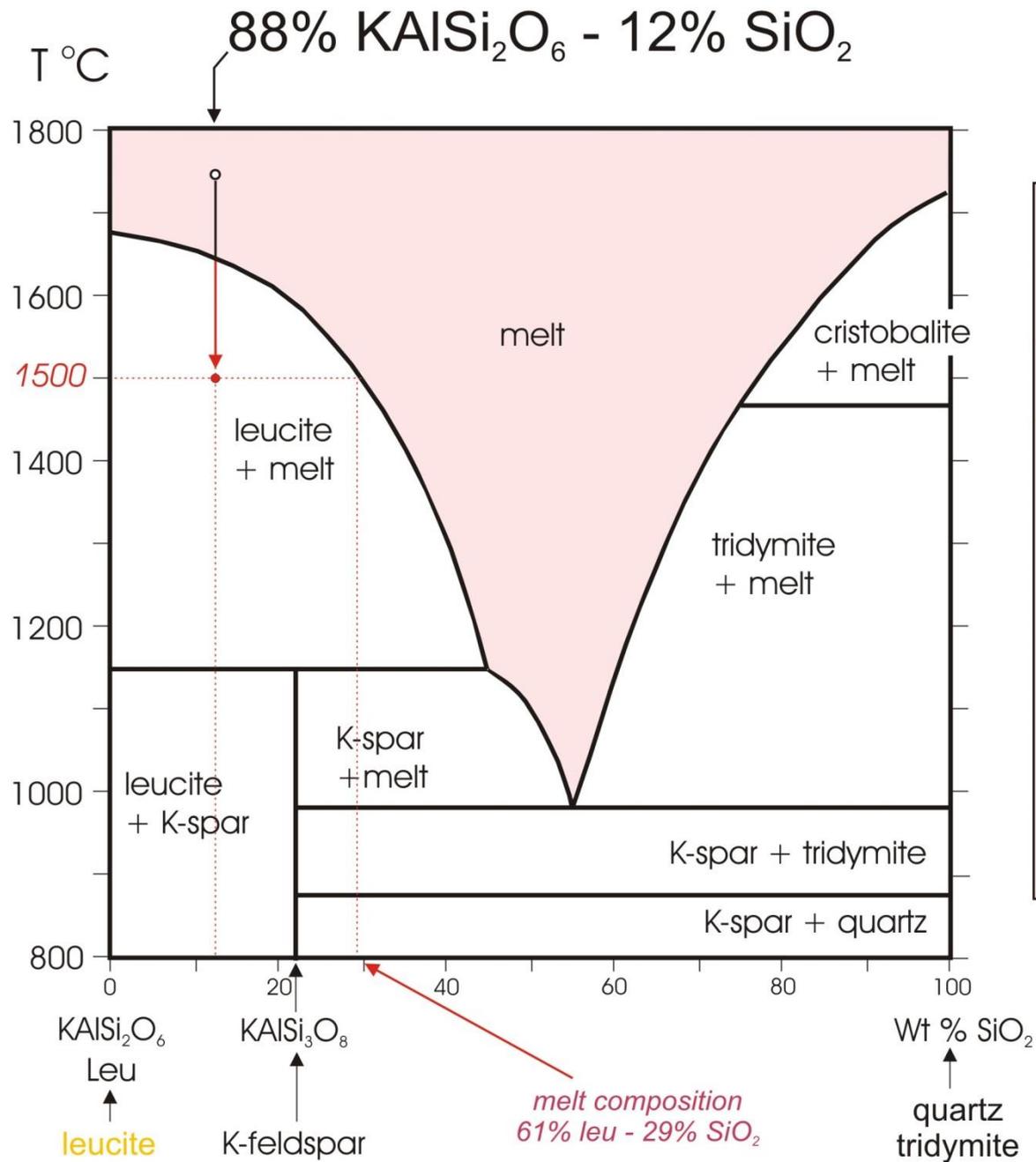
CaO-MgO-SiO₂-H₂O



CaO-MgO-SiO₂-H₂O
pseudosection

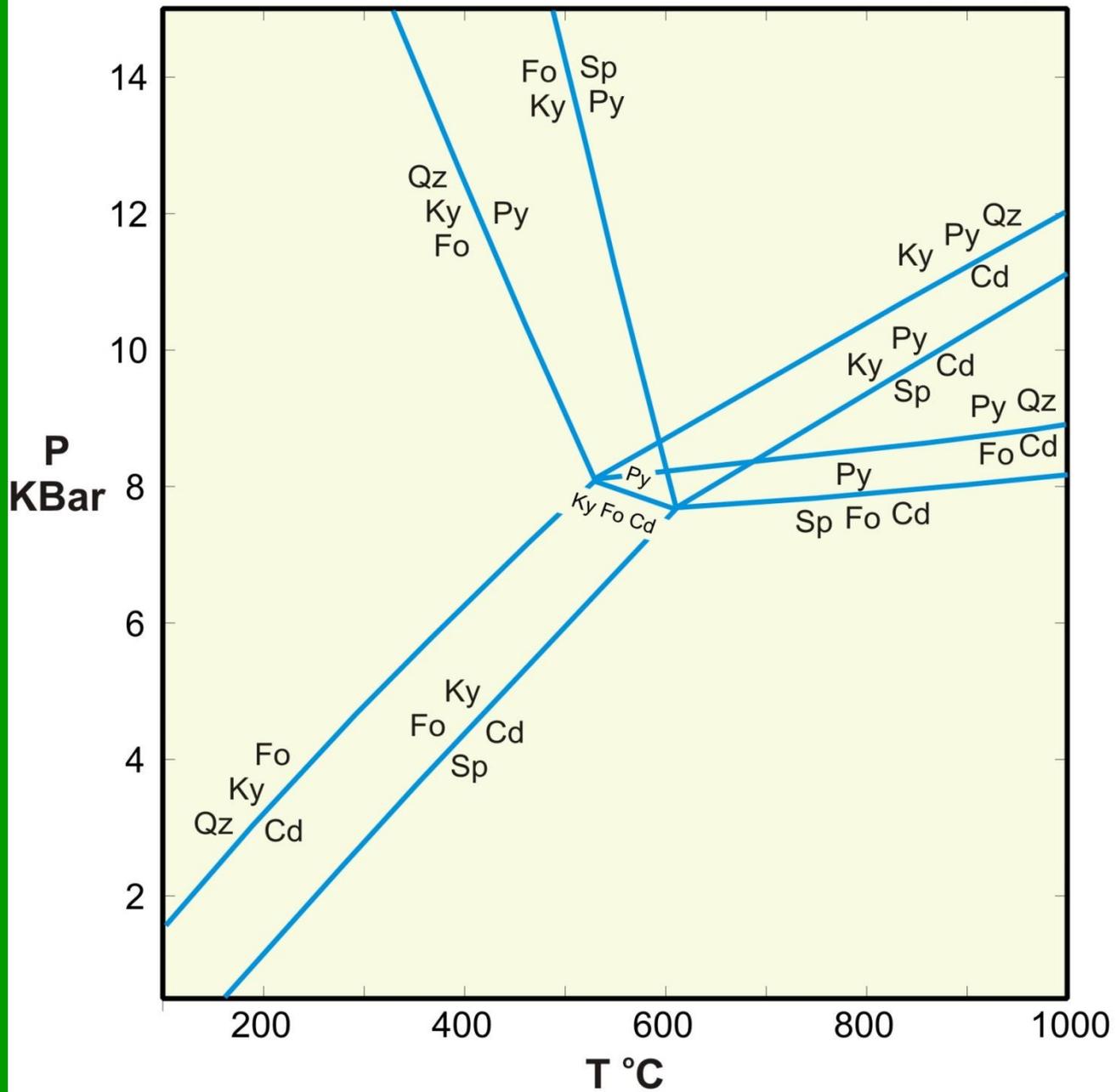




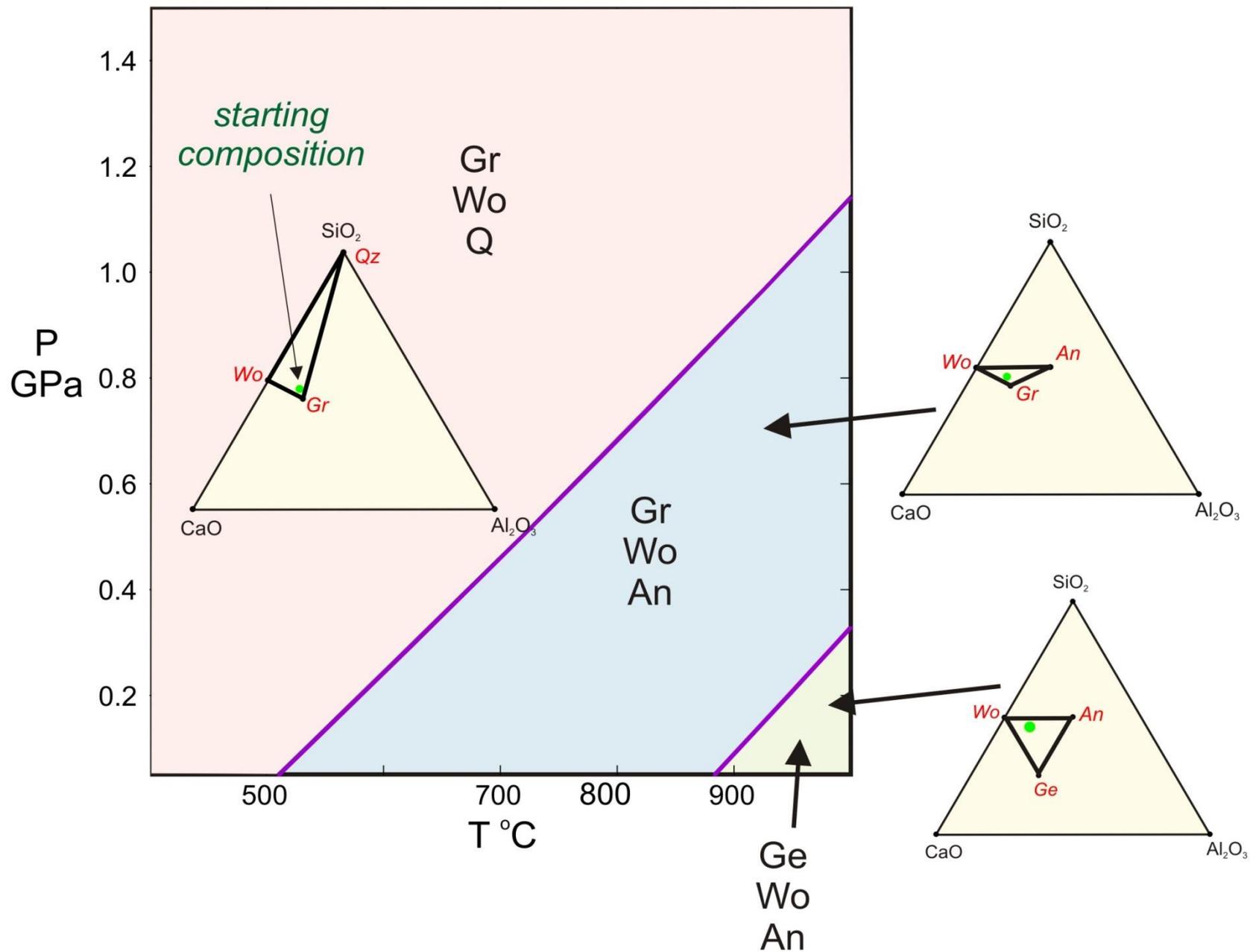


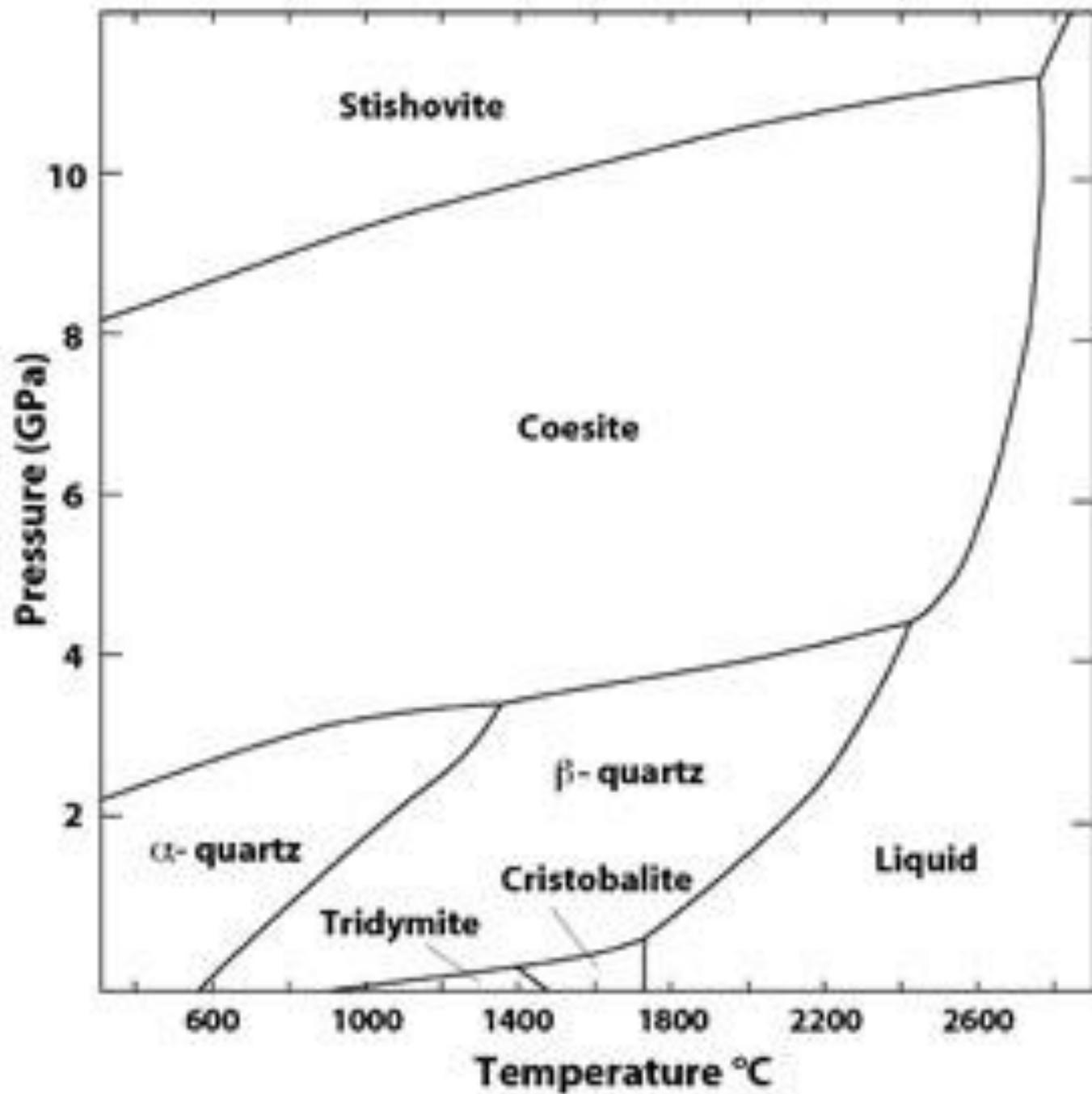
41% melt
59% leucite
0% K-feldspar
0% cristobalite
0% tridymite
0% quartz

MgO-Al₂O₃-SiO₂: Fo - Ky - Qz - Cd - Py - Sp



P-T Pseudosection: CaO-Al₂O₃-SiO₂





Algumas conclusões

- A cristalização de minerais a partir de magmas ocorre em variadas situações de composição e T (e P).
- Vários minerais podem cristalizar simultaneamente e à medida que a T diminui, o número de minerais aumenta.
- A cristalização dá-se seqüencialmente, mas há uma sobreposição apreciável.
- Minerais que formam solução sólida mudam de composição à medida que a cristalização prossegue.
- A composição do fundido muda com a cristalização
- Os minerais que cristalizam (e sua seqüência) dependem de X e T do fundido
- A pressão e a presença de voláteis afetam o processo.

- Simulação da cristalização de minerais numa câmara magmática:

<http://gly1000-01.su00.fsu.edu/ig/lq8.html#HERE>

- diagramas de fases:

<http://www.soes.soton.ac.uk/staff/pmrrp/GY102/module2/m2.html>

- diagrama de fases binário com eutético

James Madison University, Dpto. de Geologia e Ciências Ambientais:

<http://csmres.jmu.edu/geollab/Fichter/IgnRx/BinryEu.html>

- diagrama de fases de solução sólida

<http://csmres.jmu.edu/geollab/Fichter/IgnRx/SolidSol.html>

Construa um diagrama T x X (temperatura x composição), mostrando a extensão da solução sólida de tipo substitucional na série dos feldspatos alcalinos, KAlSi₃O₈ (Or - ortoclásio) - NaAlSi₃O₈ (Ab - albita), dados:

T (°C)	% máx. de Na em Or (mol)	% máx. de K em Ab (mol)
300	08	00
500	18	02
600	28	10
700	42	25

Desenhe a curva do solvus, sabendo que sua crista situa-se a aproximadamente 720°C.

a) Qual o significado da curva de solvus?

b) Que fase(s) mineral(is) deverá(ão) se formar, e que composição terá(ão) quando da cristalização de sistemas químicos com as composições abaixo:

A. composição Ab₆₀Or₄₀; T = 500 °C

B. composição Ab₂₀Or₈₀; T = 900 °C

Indique as composições das fases resultantes no gráfico.

c) No caso do sistema B, novas fases minerais irão se formar se o sistema sofrer recristalização a 500°C. Como se chama esse fenômeno? Como se apresentarão, e qual deverá ser a composição das fases? Faça um esboço de um grão mineral com essa composição antes e após a recristalização.

Em temperaturas muito altas a kalsilita (KAlSiO_4) e a nefelina (NaAlSiO_4) definem solução sólida completa. Entretanto, com a diminuição da temperatura, apenas uma quantidade limitada de Na em kalsilita e de K na nefelina é admitida na estrutura desses minerais. Isto posto, construa um gráfico T x X (temperatura x composição) ilustrativo da curva do solvus para a kalsilita e a nefelina, sabendo que:

T (°C)	Máx. de K em <u>nefelina</u> (%)	Máx. de Na em <u>kalsilita</u> (%)
200	26	0
400	28	02
600	34	07
800	42	12
1000	54	20
1080	Crista da <u>curva</u>	

Em seguida, projete no gráfico as composições abaixo para as temperaturas indicadas e discuta o que acontecerá na cristalização em cada caso, fazendo esboços de como deverão se apresentar as fases resultantes (texturas):

- $\text{Ne}_{80}\text{Ks}_{20}$ a 500°C ;
- $\text{Ne}_{30}\text{Ks}_{70}$ a 800°C ;
- $\text{Ne}_{60}\text{Ks}_{40}$ a 900°C ;
- Idem anterior (c), mas reequilibrada a 500°C .