

Metamorfismo de Rochas Pelíticas

Composição química dos metapelitos

Análises químicas de argilitos e metapelitos

		1	2	3	4	5
1 →	SiO ₂	64.7	64.0	61.5	65.9	56.3
	TiO ₂	0.80	0.81	0.87	0.92	1.05
2 →	Al ₂ O ₃	17.0	18.1	18.6	19.1	20.2
5 →	MgO	2.82	2.85	3.81	2.30	3.23
3 →	FeO	5.69	7.03	10.0	6.86	8.38
	MnO	0.25	0.10			0.18
	CaO	3.50	1.54	0.81	0.17	1.59
	Na ₂ O	1.13	1.64	1.46	0.85	1.86
4 →	K ₂ O	3.96	3.86	3.02	3.88	4.15
	P ₂ O ₅	0.15	0.15			
	Total	100.00	100.08	100.07	99.98	96.94

* Reported on a volatile-free basis (normalized to 100%) to aid comparis

1. "North American Shale Composite". Gromet *et al.* (1984). 2. Average of ~100 published shale and slate analyses (Ague, 1991). 3. Ave. pelite-pelagic clay (Carmichael, 1989). 4. Ave. of low -grade pelitic rocks, Littleton Fm, N.H. (Shaw , 1956). 5. Ave. of

Principais components:

SiO₂, Al₂O₃, FeO_t, MgO, K₂O, H₂O

Componentes menores:

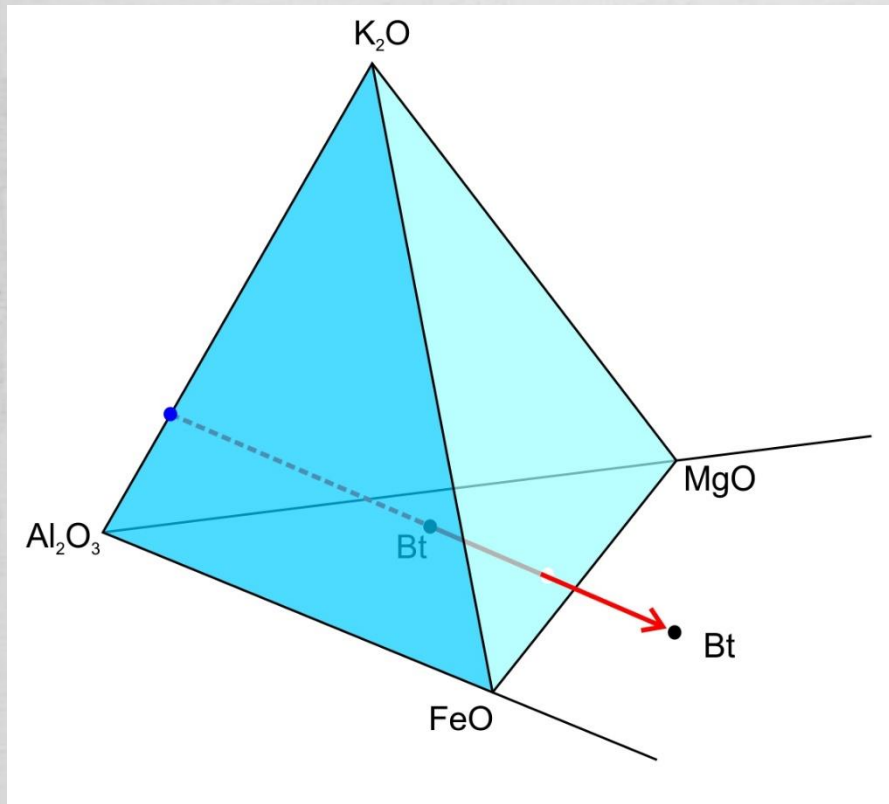
Na₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃

Alto conteúdo de água:

água liberada durante o metamorfismo ajuda a manter o equilíbrio químico

No início do metamorfismo as rochas estão em seu estado mais hidratado.

Representação quimiográfica simplificada



Artifícios

6) Se um componente ocorre em número restrito de fases e uma delas ocorre em excesso, esse componente pode ser eliminado se a projeção for feita a partir dessa fase.

K₂O - muscovita - em excesso em metapelitos de fácies xisto verde inferior a anfibolito superior

K₂O também está presente na biotita e no feldspato potássico.

Muscovita: $K_2Al_6Si_6O_{20}(OH)_4$

1 K₂O : 3 Al₂O₃ : 6 SiO₂ : 2 H₂O

Diagrama AFM (J.B. Thompson, 1957)

Biotita: $\text{KMg}_2\text{FeSi}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$

$0,5 \text{ K}_2\text{O} : 2 \text{ MgO} : 1 \text{ FeO} : 3 \text{ SiO}_2 : 0,5 \text{ Al}_2\text{O}_3 : 1 \text{ H}_2\text{O}$

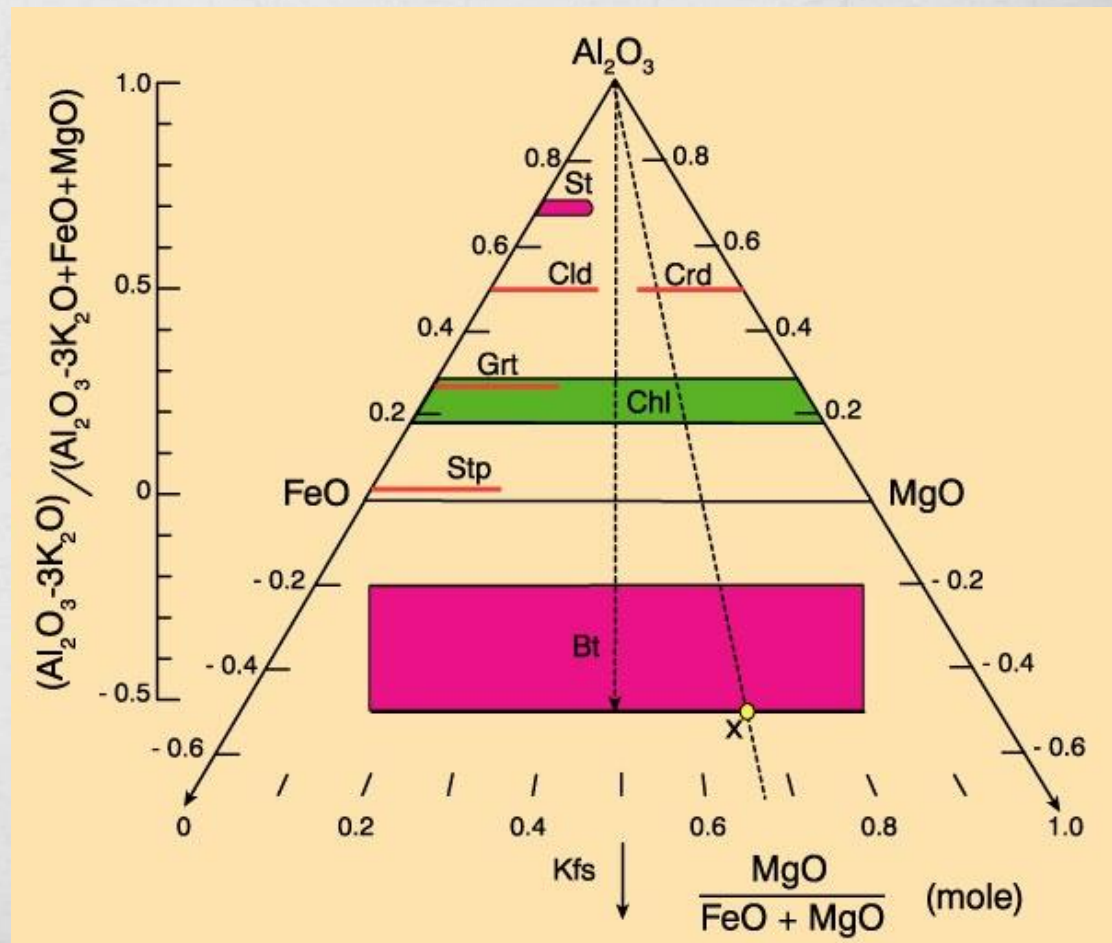


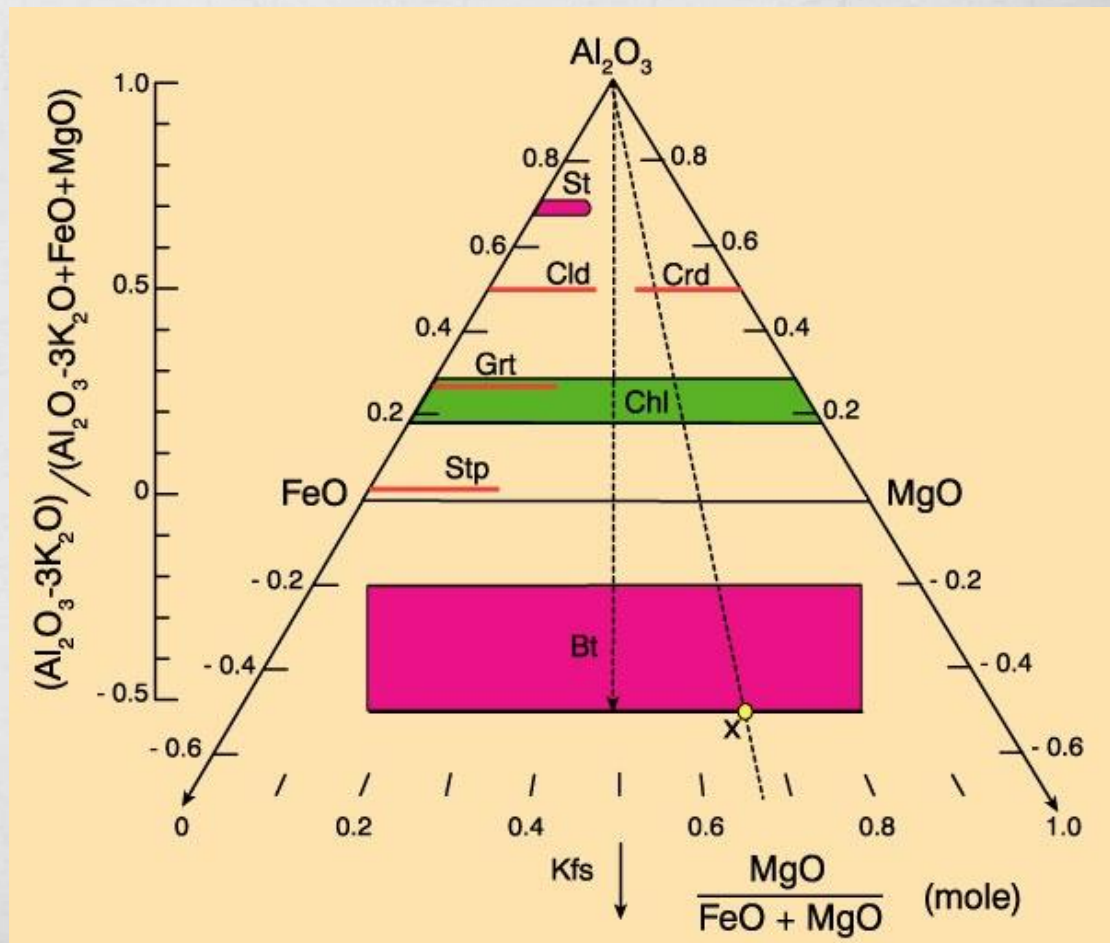
Diagrama AFM (J.B. Thompson, 1957)

Biotita: $\text{KMg}_2\text{FeSi}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$

0,5 K_2O : 2 MgO : 1 FeO : 3 SiO_2 : 0,5 Al_2O_3 : 1 H_2O

$$A = \frac{\overset{\text{Al}_2\text{O}_3}{0,5} - 3(\overset{\text{K}_2\text{O}}{0,5})}{\underset{\text{Al}_2\text{O}_3}{0,5} - 3(\underset{\text{K}_2\text{O}}{0,5}) + \underset{\text{FeO}}{1} + \underset{\text{MgO}}{2}} = -0,5$$

$$X_{\text{Mg}} = \frac{\overset{\text{MgO}}{2}}{\underset{\text{FeO}}{1} + \underset{\text{MgO}}{2}} = 0,67$$



Composição química dos metapelitos de MG

Metapelitos - Formação Campestre

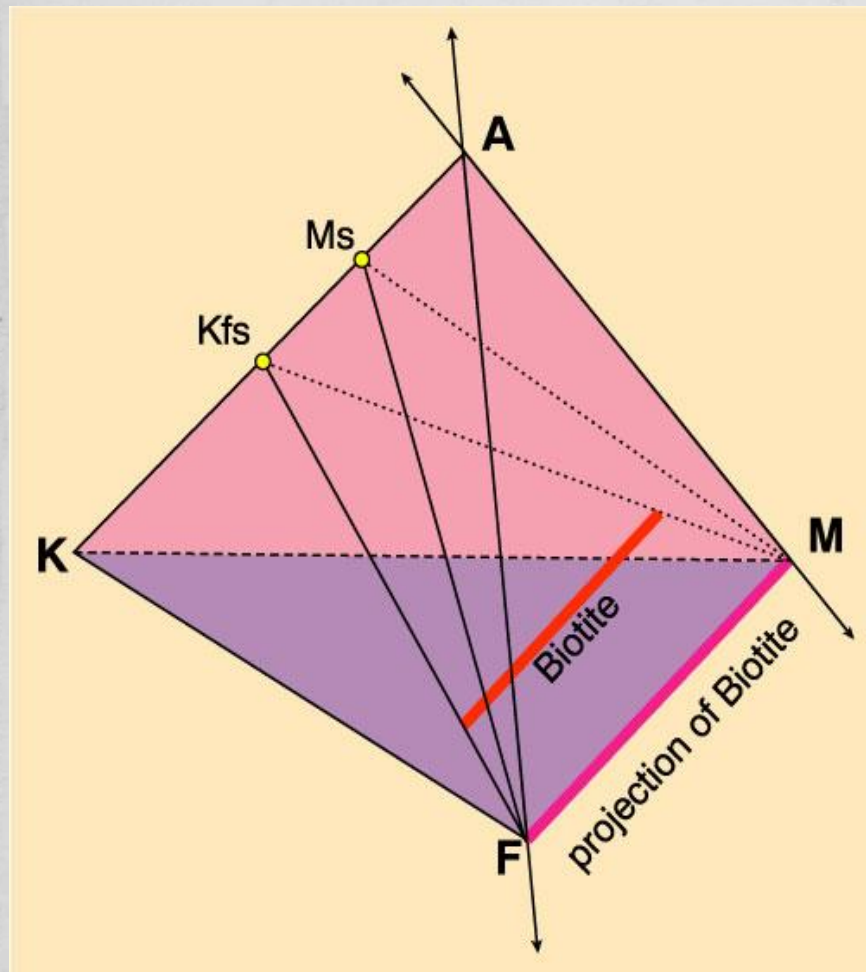
	CAR I -32	CAR II -76	SC-07	SC-08	SC-30B	SC-30C
SiO ₂	50.85	55.14	58.17	54.65	42.93	43.79
Al ₂ O ₃	26.99	25.35	22.77	27.71	33.75	33.97
MnO	0.162	0.173	0.11	0.07	0.04	0.05
MgO	1.84	1.54	1.37	0.84	0.88	0.97
CaO	0.36	0.21	0.04	0.14	0.14	0.08
Na ₂ O	0.36	1.04	0.99	1.63	0.91	1.03
K ₂ O	2.02	2.95	4.07	3.31	8.15	8.21
TiO ₂	1.022	0.920	1	1.06	1.23	1.14
P ₂ O ₅	0.334	0.170	0.09	0.09	0.15	0.15
Fe ₂ O ₃ (t)	12.46	8.73				
FeO			5.45	5	3.34	3.27
Fe ₂ O ₃			0.8	0.55	2.48	1.26
Loi	3.98	3.71	4.04	3.86	4.98	4.61
Total	96.40	96.22	98.9	98.91	98.98	98.53

Metawackes

	C-325c	C-333	C-337	C-340	C-341	CM III-25	C 410	C 411	C 430	C 431
SiO ₂	67.91	64.30	65.81	61.01	65.63	62.60	68.09	58.25	61.31	60.19
TiO ₂	0.870	0.854	0.851	0.903	0.920	0.799	0.855	0.920	0.925	0.925
Al ₂ O ₃	14.63	15.71	14.97	17.14	15.12	16.61	14.14	19.69	17.70	17.81
Fe ₂ O ₃	5.65	6.54	6.36	7.10	6.22	7.17	6.04	7.92	7.55	7.73
MnO	0.099	0.127	0.108	0.112	0.132	0.095	0.092	0.097	0.129	0.130
MgO	2.32	2.75	2.72	3.03	2.63	3.02	2.51	3.45	3.48	3.26
CaO	1.19	1.14	1.34	0.82	1.49	0.42	0.64	0.22	0.87	0.80
Na ₂ O	2.47	2.56	2.49	2.55	2.81	1.88	2.78	1.79	2.33	2.07
K ₂ O	2.90	3.33	3.09	3.75	2.92	3.88	2.69	4.61	4.00	4.69
P ₂ O ₅	0.191	0.195	0.175	0.170	0.206	0.124	0.183	0.138	0.156	0.162
Loi	1.44	1.46	1.38	1.84	1.20	2.10	1.96	3.30	1.84	2.52
Total	99.67	98.97	99.29	98.43	99.28	98.70	99.98	100.39	100.29	100.29

Óxido	% Peso (a)	Peso Molecular (b)	Proporção Molecular (c= a/b)	Proporção Molecular Percentual (e=cx100/d)
SiO ₂	48,7	60,09	0,8105	59,79
TiO ₂	1,29	79,90	0,0161	1,19
Al ₂ O ₃	16,6	101,94	0,1628	12,01
Fe ₂ O ₃	2,05	159,70	0,0128	0,94
FeO	8,29	71,85	0,1154	8,51
MnO	0,16	70,94	0,0023	0,17
MgO	6,63	40,32	0,1644	12,13
CaO	10,7	56,08	0,0191	1,42
Na ₂ O	2,83	61,98	0,0457	3,37
K ₂ O	0,47	94,20	0,0050	0,37
P ₂ O ₅	0,20	141,95	0,0014	0,10
Soma			1,3555(d)	100,00

AFM projetado do Kfs

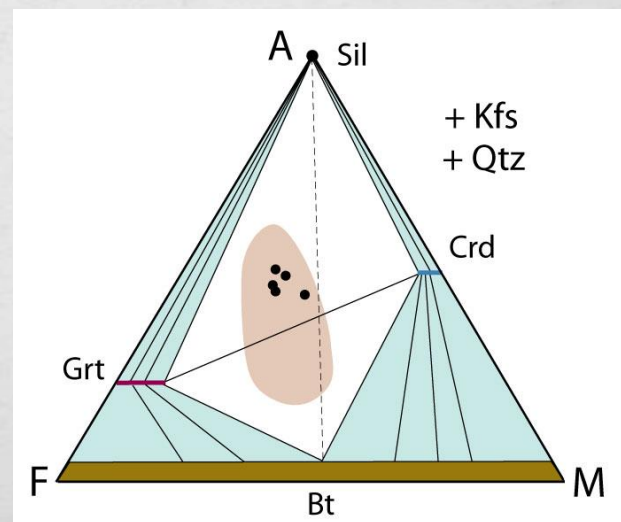


Feldspato potássico: KAlSi_3O_8
 $0,5 \text{ K}_2\text{O} : 0,5 \text{ Al}_2\text{O}_3 : 3 \text{ SiO}_2$

K_2O - feldspato potássico - em excesso em metapelitos de fácies anfibolito superior a granulito

$$A = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O} + \text{FeO} + \text{MgO}}$$

$$X_{\text{Mg}} = \frac{\text{MgO}}{\text{FeO} + \text{MgO}}$$

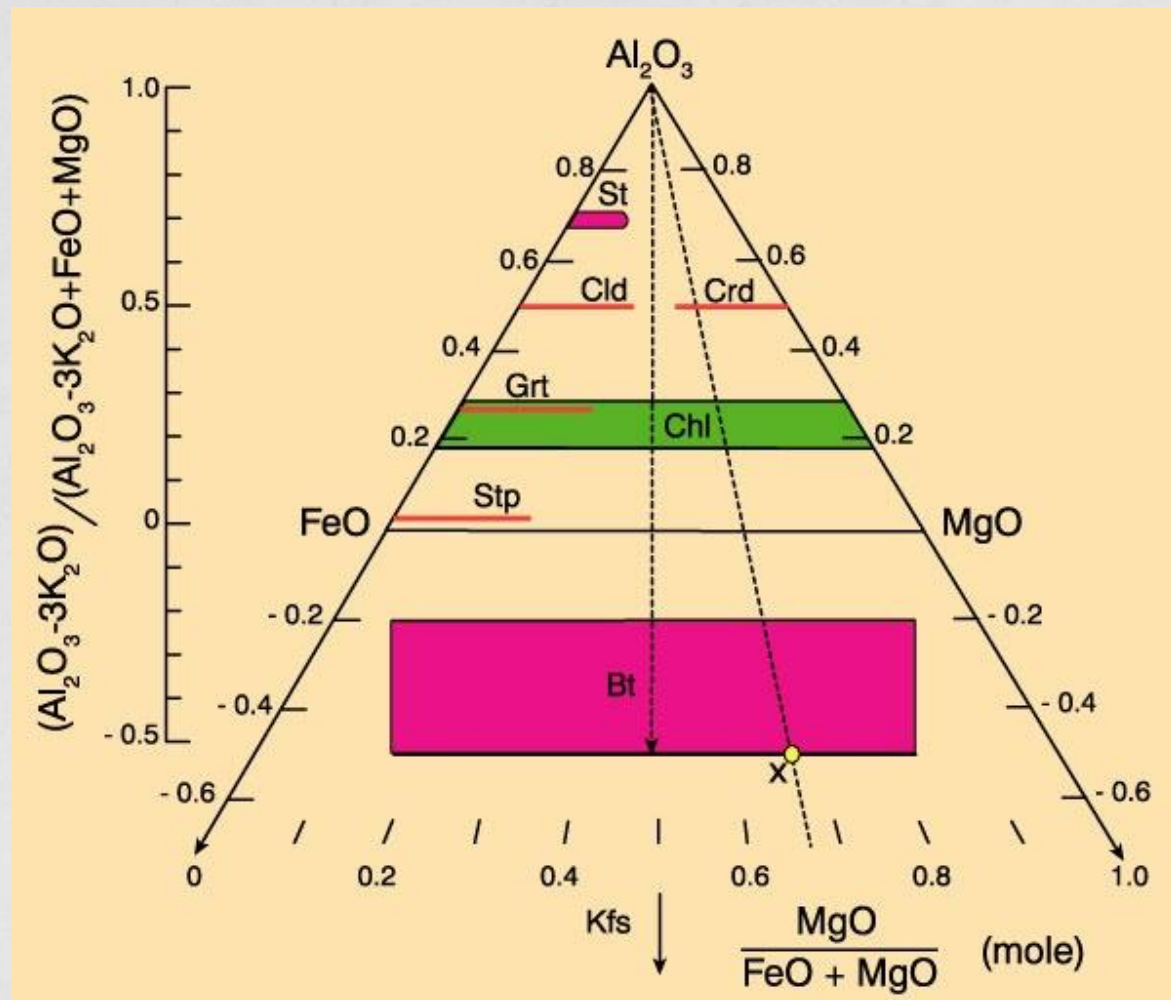


Principais minerais metamórficos (KFMASH)

granada
cianita, andalusita e sillimanita
cordierita
cloritóide
estaurolita
muscovita
biotita
clorita
quartzo
feldspato potássico
hercinita
espinélio
corundum
ortopiroxênio
safirina (442)
safirina (793)

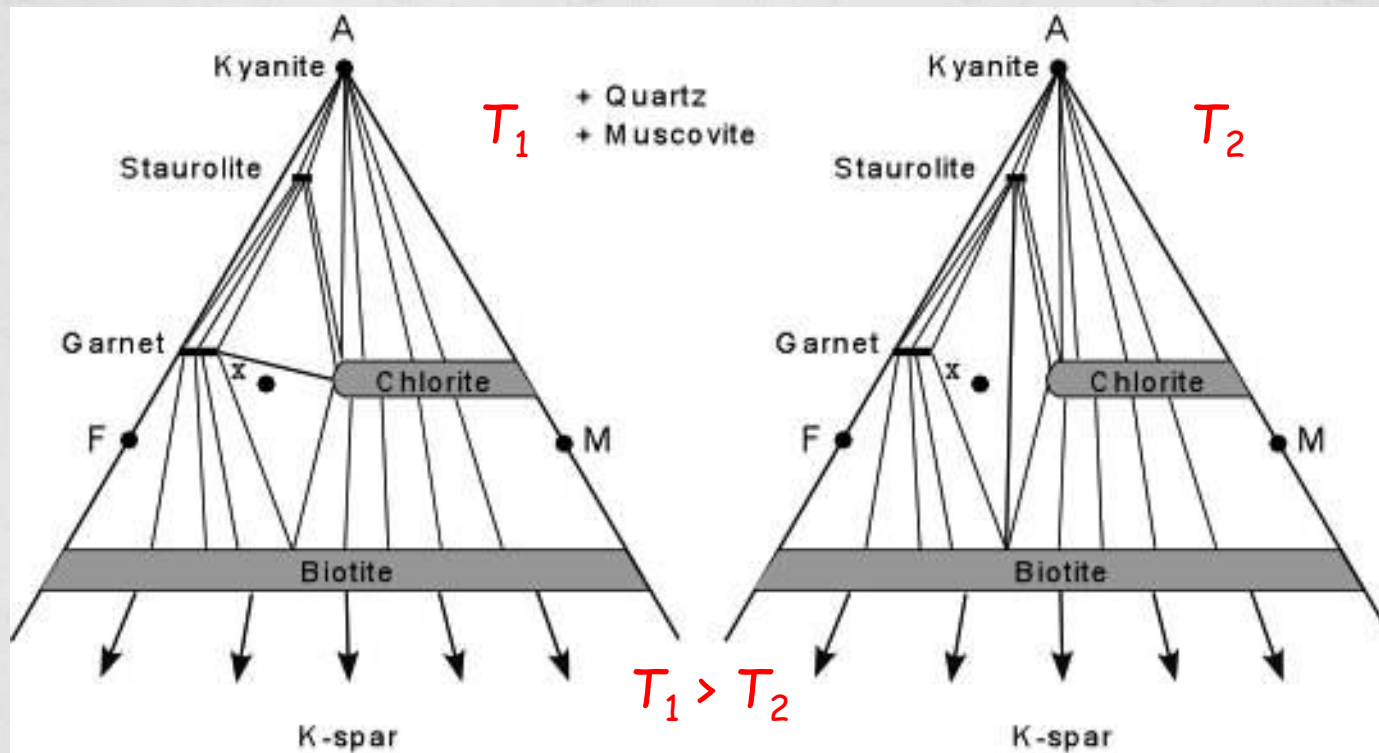
$(\text{Fe-Mg})_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
 Al_2SiO_5
 $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}\text{H}_2\text{O}$
 $\text{FeAl}_2\text{SiO}_3(\text{OH})_2$
 $\text{Fe}_4\text{Al}_{18}\text{Si}_{7.5}\text{O}_{48}(\text{OH})_4$
 $\text{KAl}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
 $\text{K}(\text{FeMg})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
 $(\text{FeMg})_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_4$
 SiO_2
 KAlSi_3O_8
 FeAl_2O_4
 MgAl_2O_4
 Al_2O_3
 $(\text{Fe-Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_6$
 $\text{Mg}_4\text{Al}_8\text{Si}_2\text{O}_{20}$
 $\text{Mg}_{3.5}\text{Al}_9\text{Si}_{1.5}\text{O}_{20}$

Quais as utilidades do diagrama AFM?



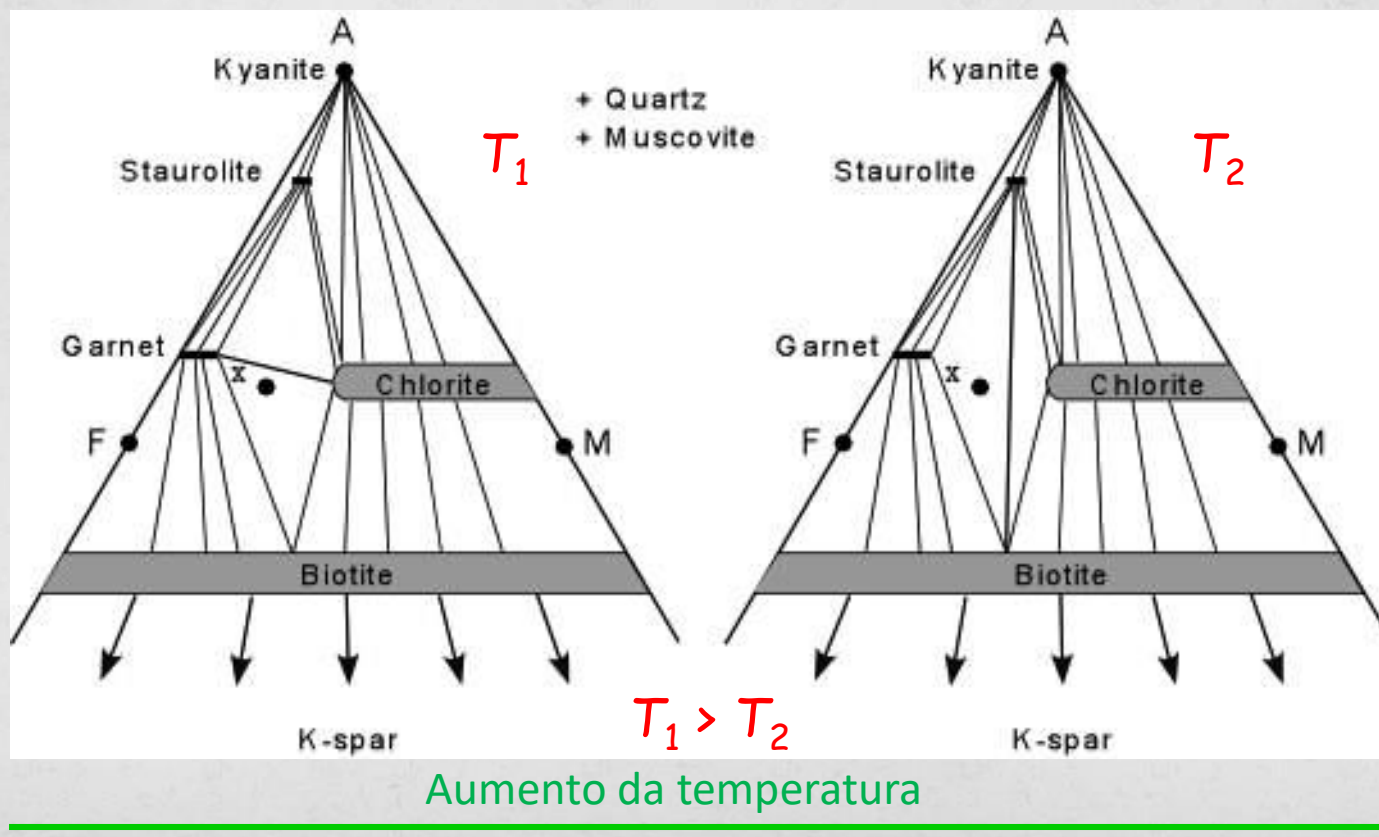
A rocha 'x' apresenta diferentes paragéneses nas temperaturas T_1 e T_2 . Quais seriam elas?

O que aconteceu na passagem entre T_1 e T_2 ?



A rocha 'x' apresenta na condição de temperatura T_1 a paragénese Grt + Bt + Chl. Na temperatura T_2 a mesma rocha apresenta a paragénese Grt + Bt + St. O que aconteceu?

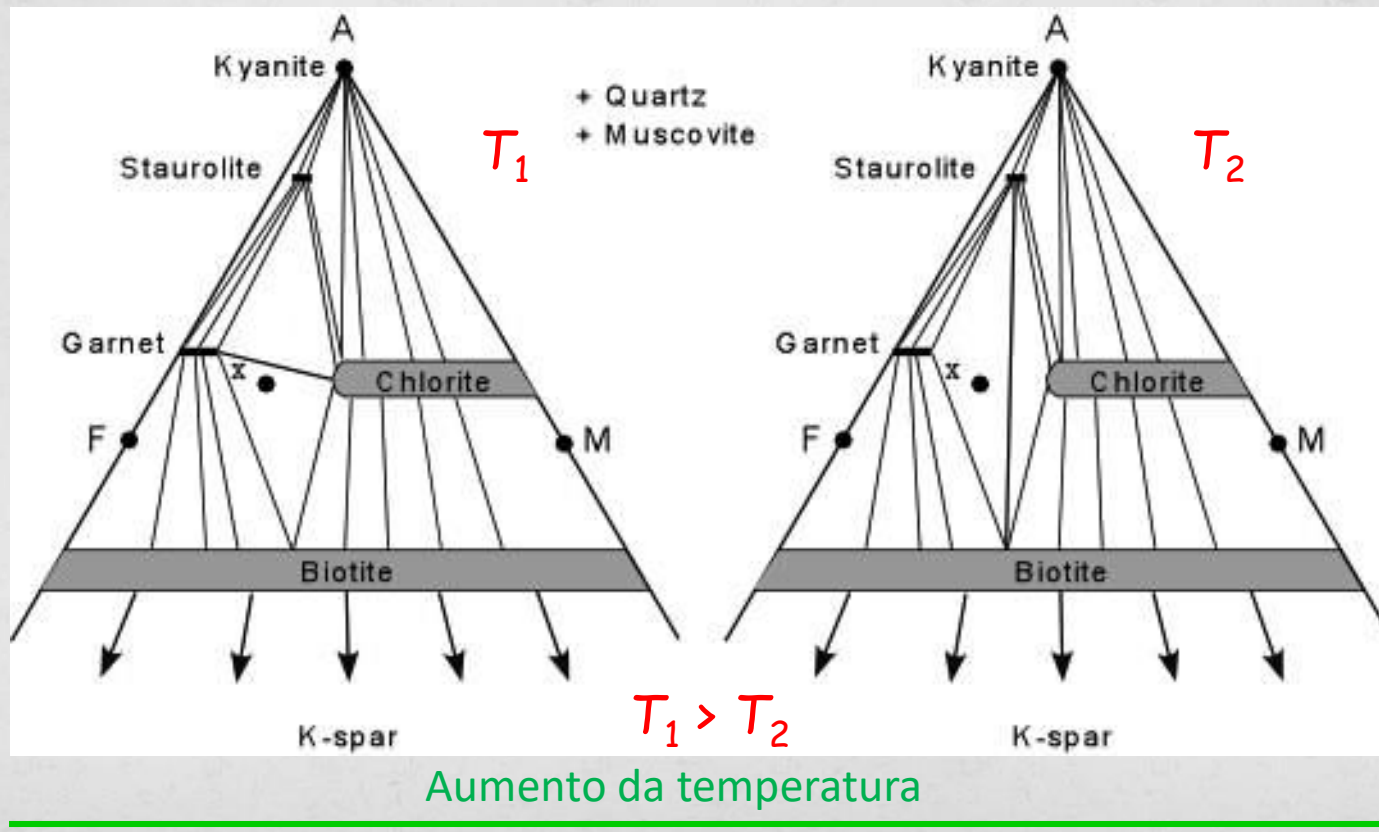
Reação: $\text{Grt} + \text{Chl} = \text{St} + \text{Bt}$



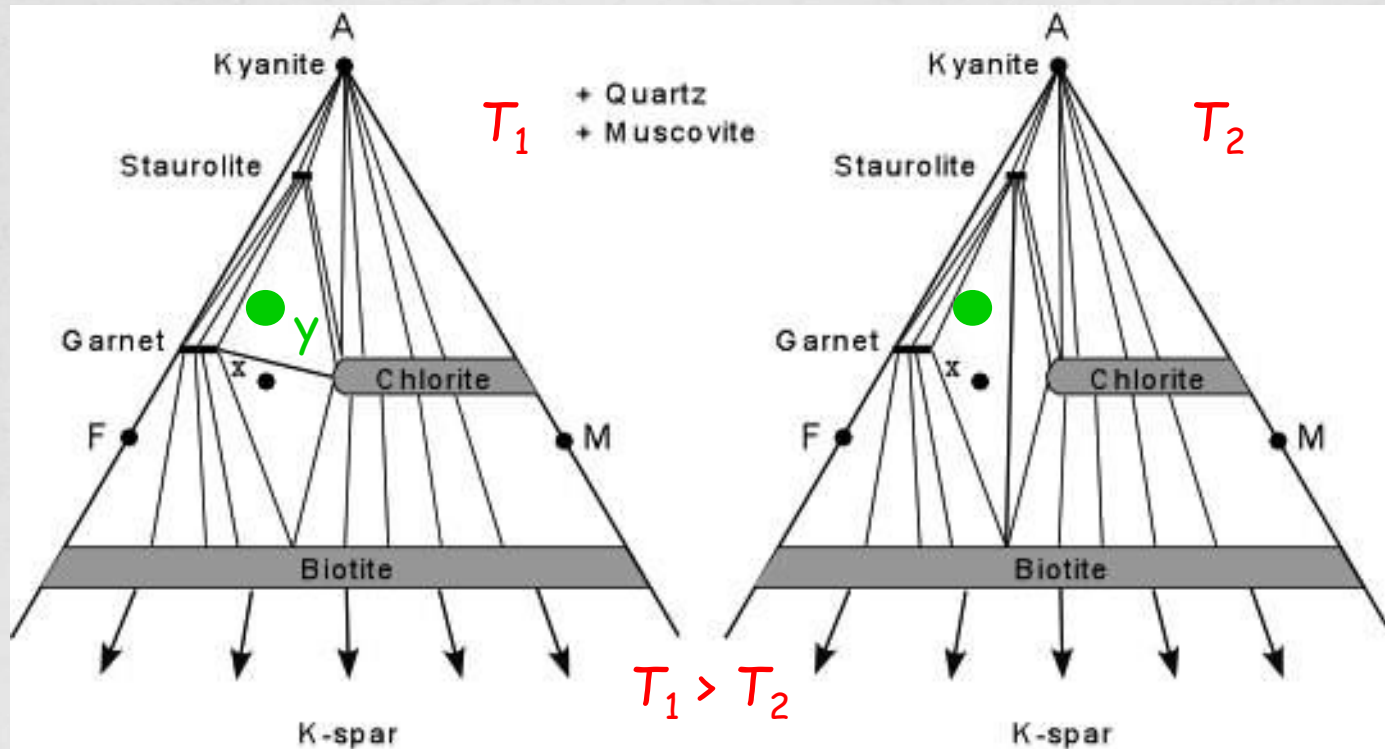
A rocha 'x' apresenta na condição de temperatura T_1 a paragénese Grt + Bt + Chl. Na temperatura T_2 a mesma rocha apresenta a paragénese Grt + Bt + St. O que aconteceu?

Reação: $\text{Grt} + \text{Chl} = \text{St} + \text{Bt}$

Reação: $\text{Grt} + \text{Chl} + \text{Ms} = \text{St} + \text{Bt} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$



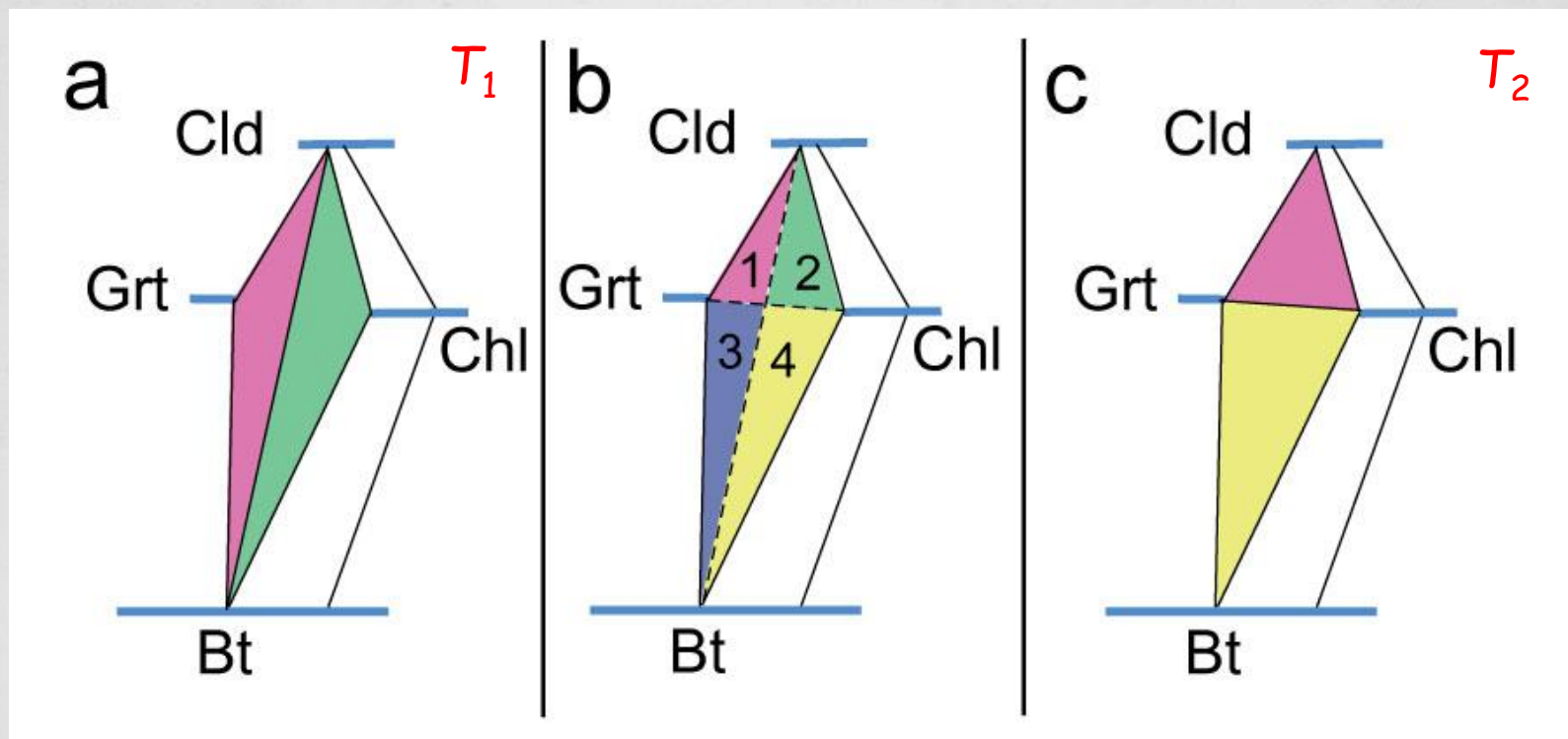
E o que acontece com a rocha 'y' na passagem entre T_1 e T_2 ?



Aumento da temperatura

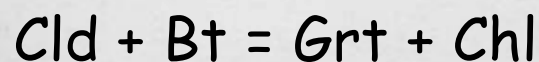
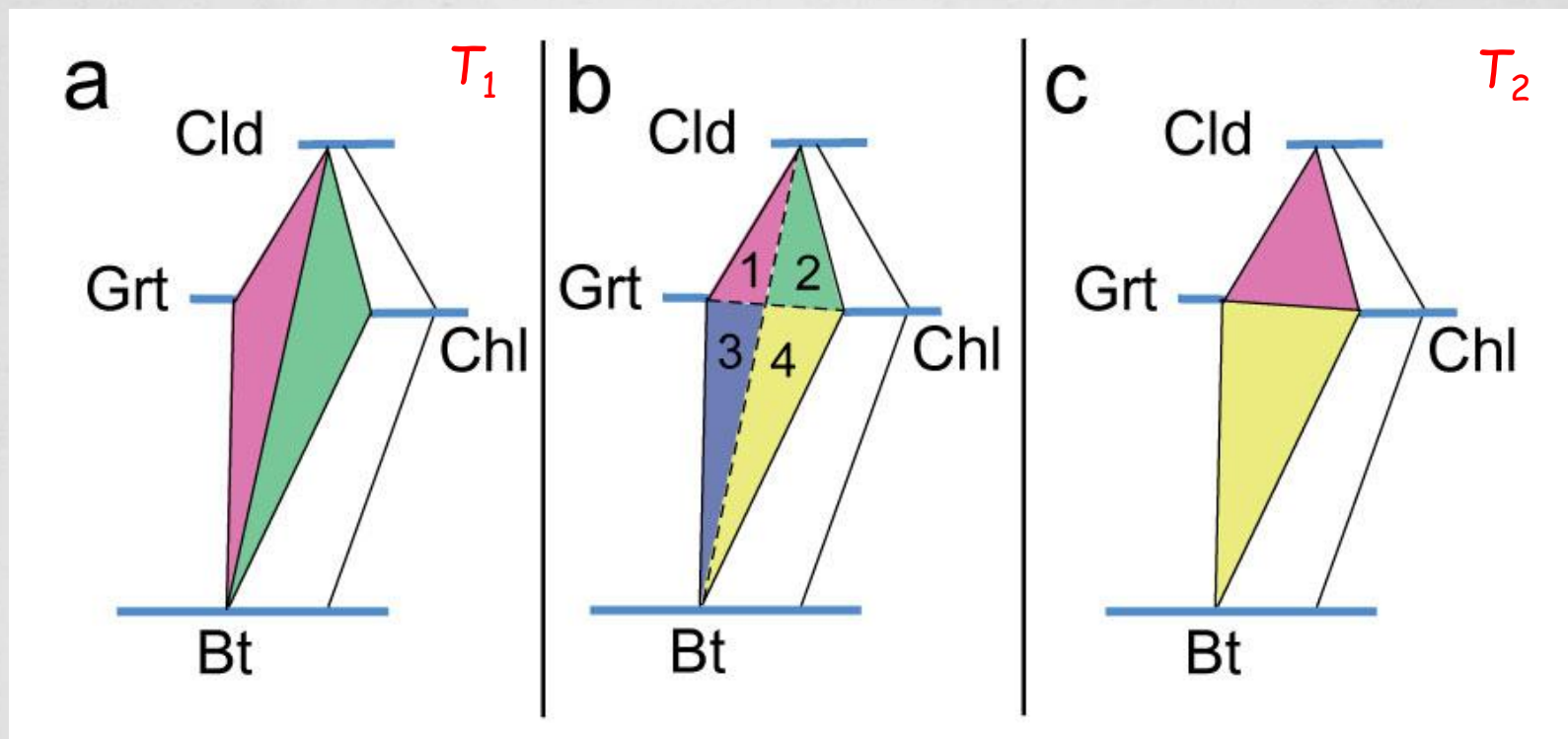


O diagrama AFM é um diagrama de fases *stricto sensu* e permite a dedução de reações metamórficas no sistema KFMASH.



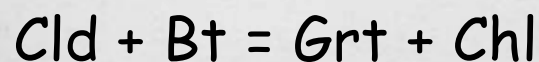
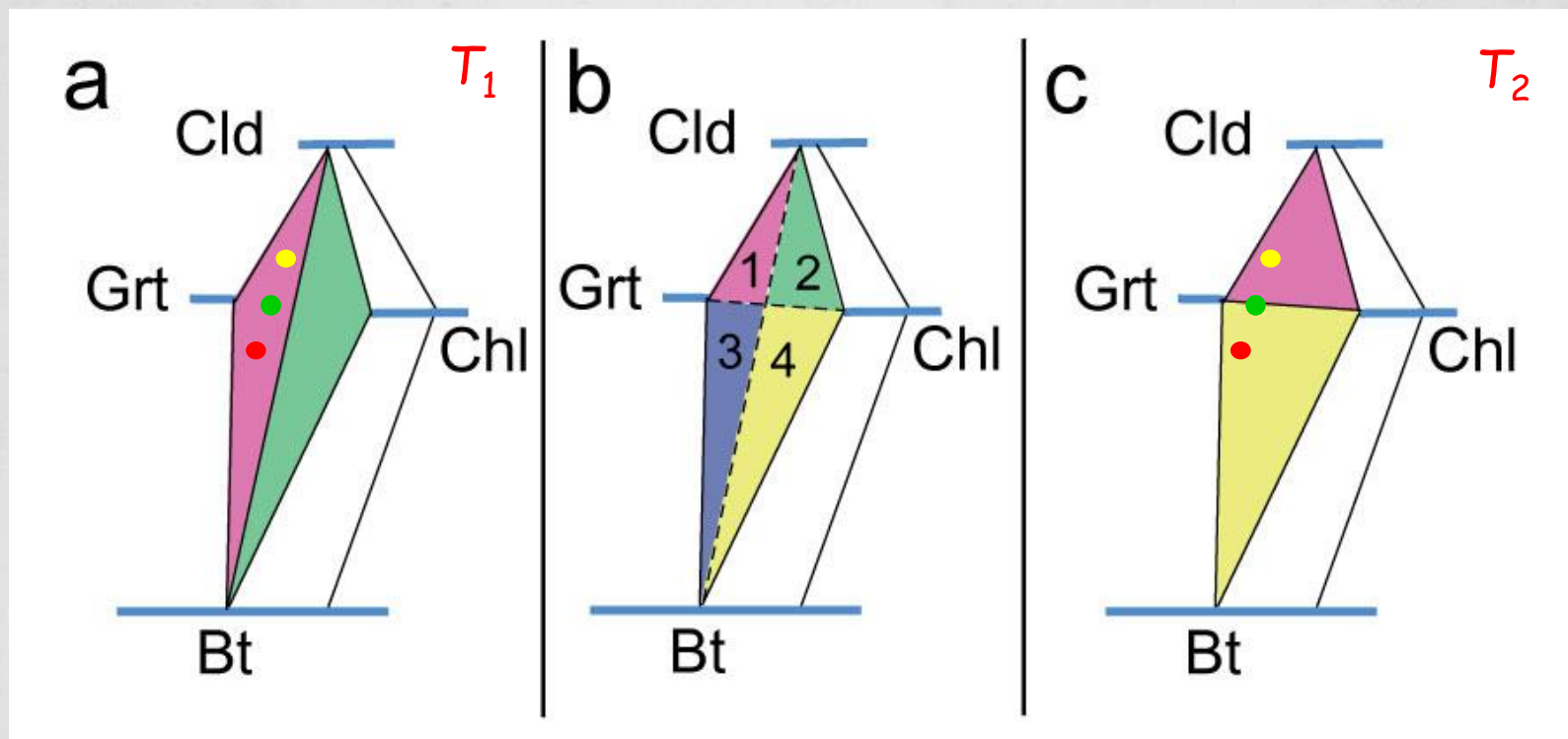
Quem poderia deduzir a reação?

O diagrama AFM é um diagrama de fases *stricto sensu* e permite a dedução de reações metamórficas no sistema KFMASH.

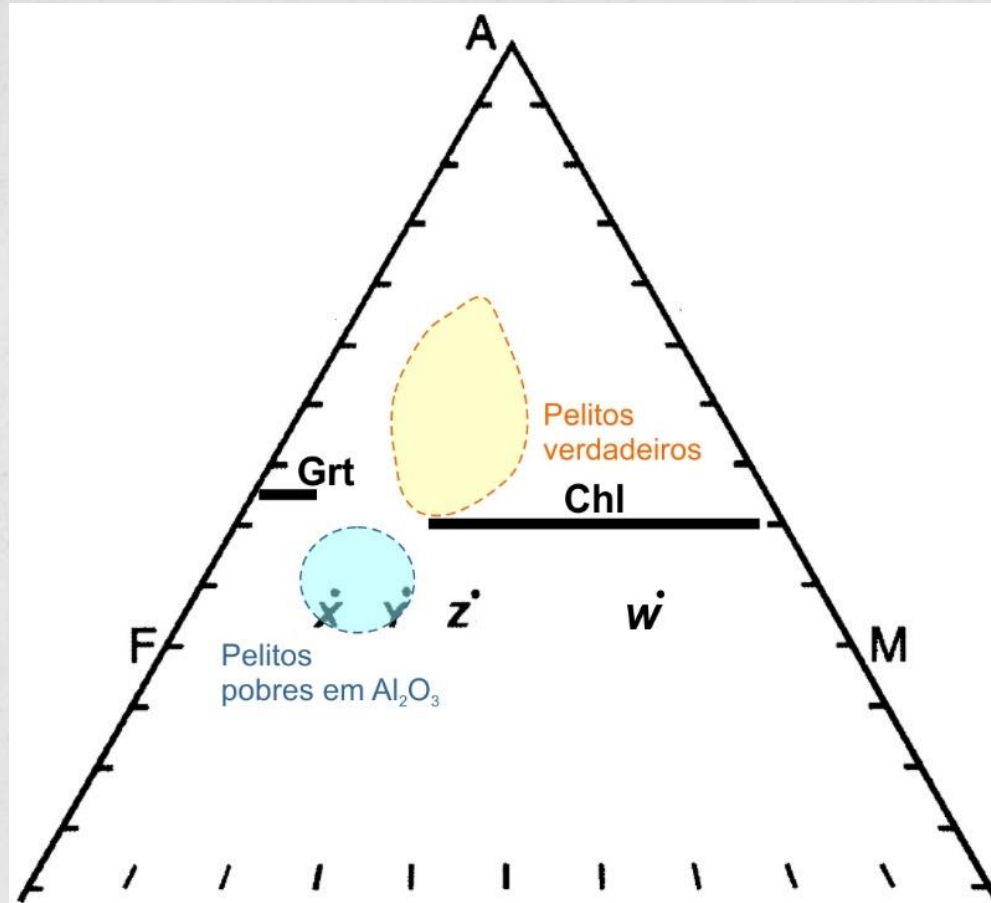


O diagrama AFM é um diagrama de fases *stricto sensu* e permite a dedução de reações metamórficas no sistema KFMASH.

O que acontece com as três rochas de composições diferentes?



Zonas Metamórficas Barrovianas



Metamorfismo de temperatura muito baixa

Transformações transicionais entre diagênese e metamorfismo de temperatura muito baixa.

Primeiramente os minerais de argila são transformados em

Clorita (Chl) - $\text{Mg}_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_4$

Illita (Ill) - $\text{K}_{1,5-1}\text{Al}_4\text{Al}_{1,5-1}\text{Si}_{6,5-7}\text{O}_{20}(\text{OH})_4$

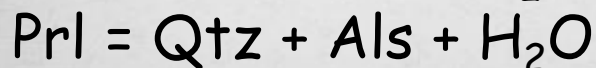
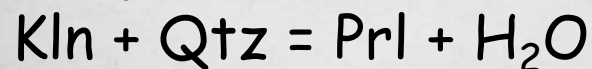
Caolinita (Kln) - $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

Com aumento progressivo de temperatura formam-se

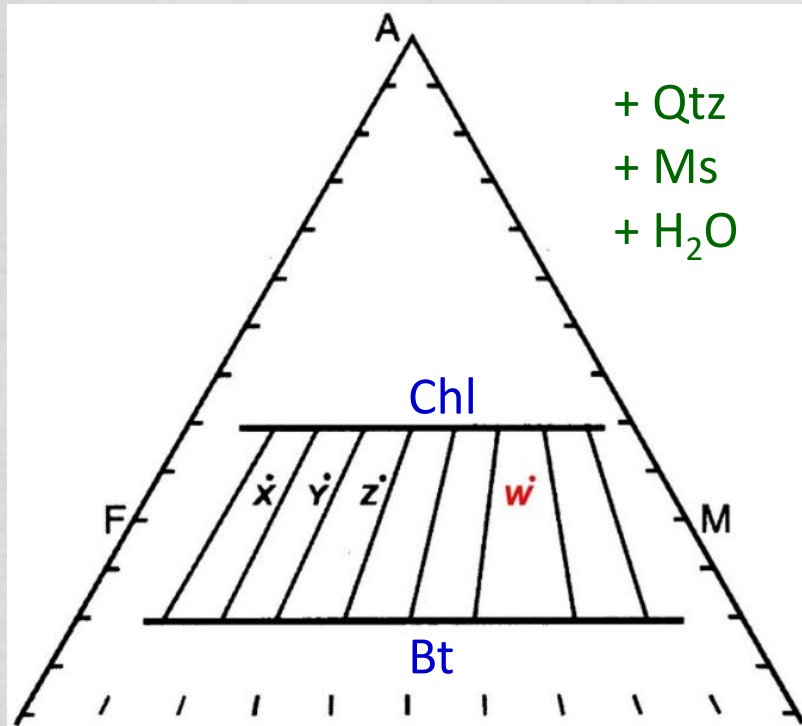
Pirofilita (Prl) - $\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$

Muscovita (Ms) - $\text{K}_2\text{Al}_4\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ (aumento de cristalinidade da Illita)

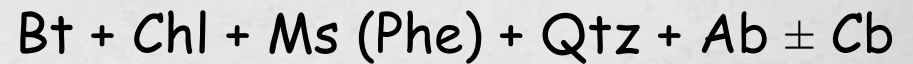
Reações:



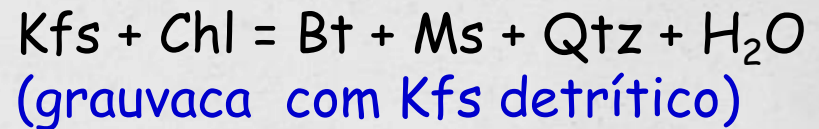
Zona da Biotita



Associação:



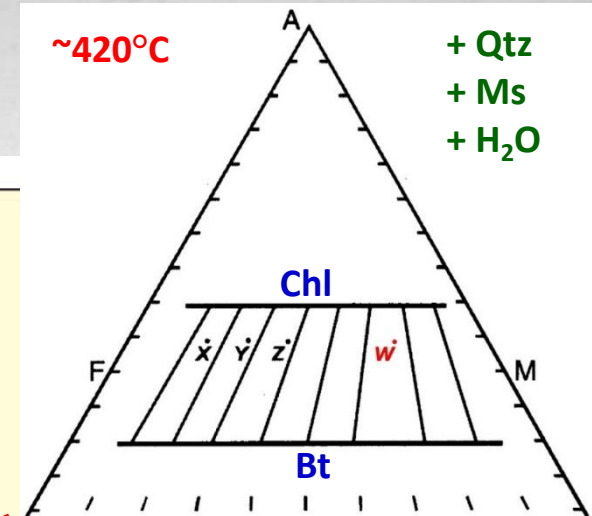
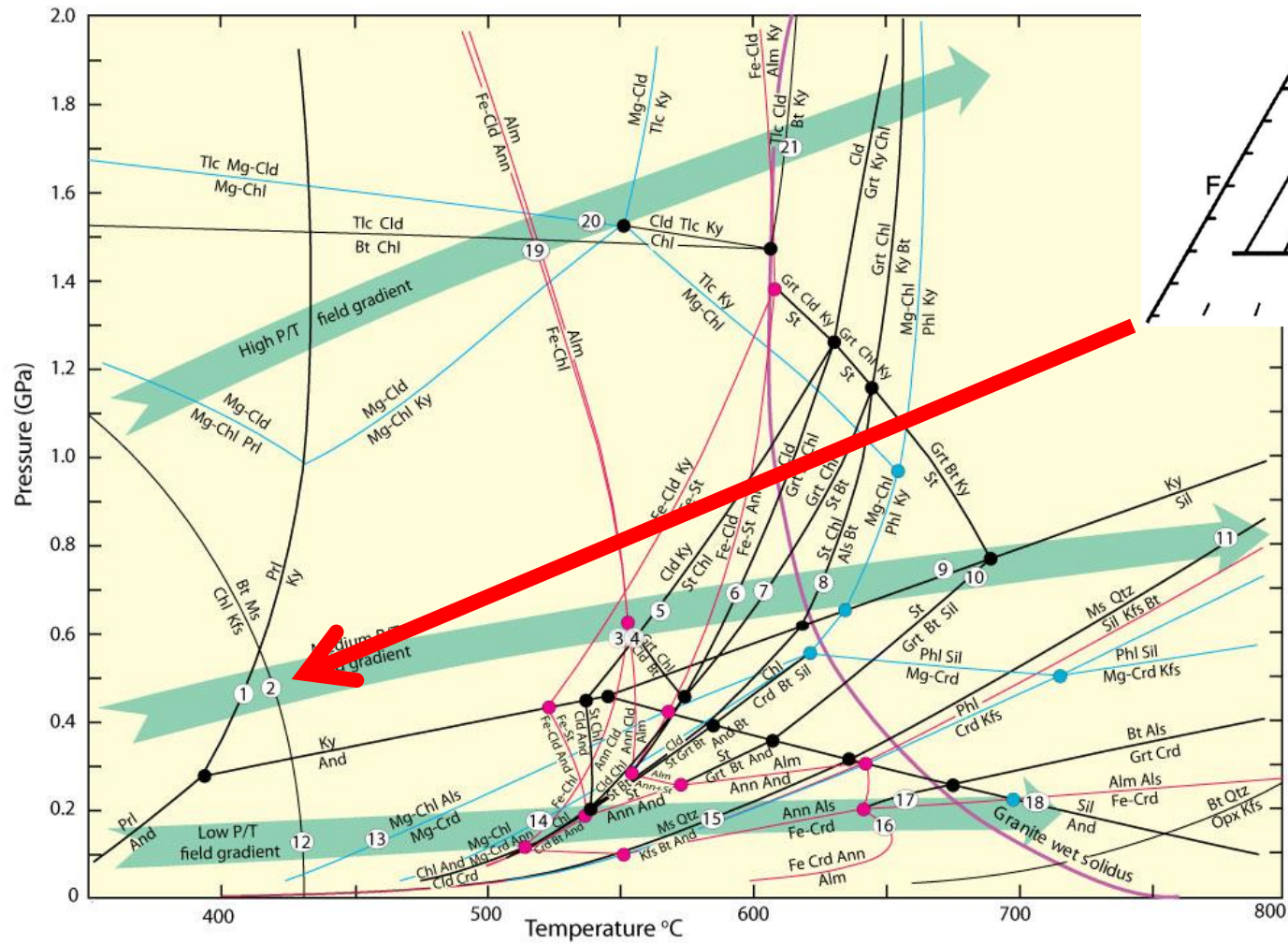
Reação (contínua):



Adaptado de Yardley (2004) Introdução à Petrologia Metamórfica, segunda edição. Editora UnB.

Zona da Biotita

Reação KFMASH contínua: $\text{Kfs} + \text{Chl} = \text{Bt} + \text{Ms} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$



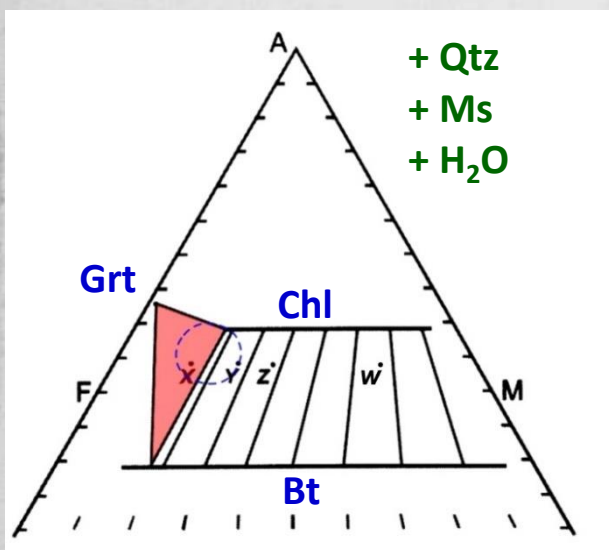
Winter (2010) Principles of Igneous and Metamorphic Petrology 2nd edition. Prentice Hall.
(modificado de Spear & Cheney (1989), Spear (1999), e comunicação pessoal de F. Spear e D. Pattison)

Zona da Granada

Associação típica:



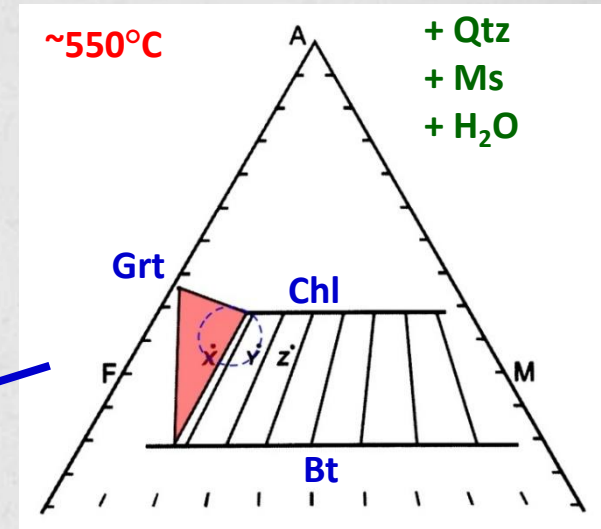
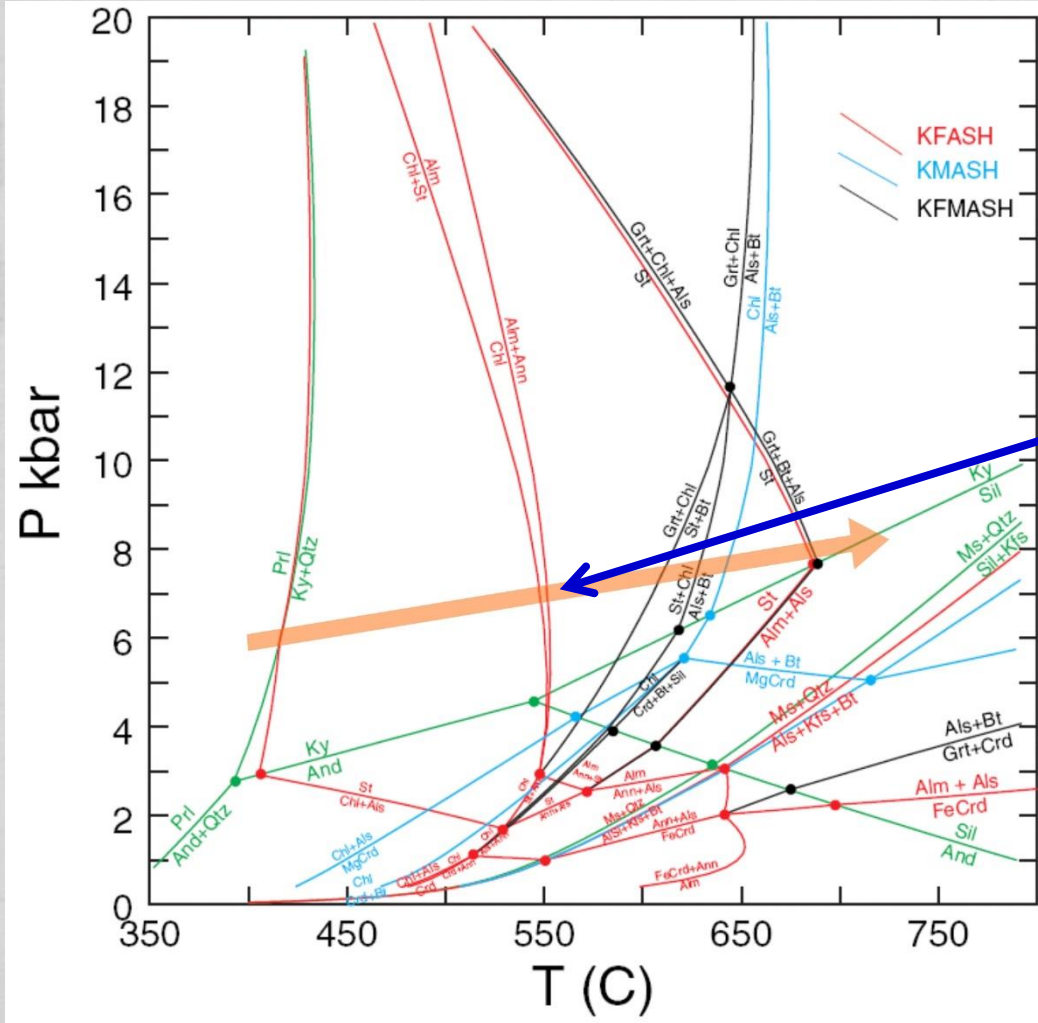
Rocha: xisto ou filito com granada rica em almandina, biotita, clorita, muscovita, quartzo e albita ou oligoclásio.



Adaptado de Yardley (2004) Introdução à Petrologia Metamórfica, segunda edição. Editora UnB.

Zona da Granada

Reação contínua no sistema KFMASH: $\text{Chl} + \text{Ms} = \text{Grt} + \text{Bt} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$



Spear & Cheney (inédito), cloritóide ausente

Zona da Estaurolita

Associação:

$St + Grt + Bt + Ms + Qtz + Pl (\pm Chl)$

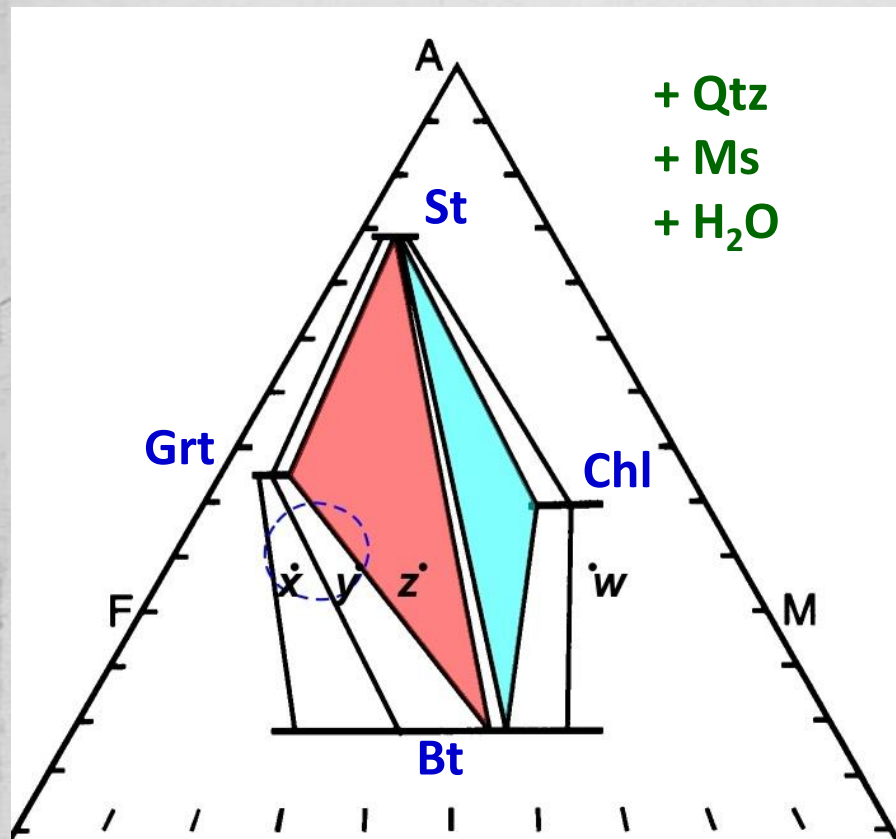
Rocha:

xisto com estaurolita, biotita, muscovita, quartzo, granada e plagioclásio. Clorita pode ocorrer, mas não em paragênese com Grt.

Reações:

$Grt + Ms + Chl = St + Bt + Qtz + H_2O$
descontínua

$Chl + Ms = St + Bt + Qtz + H_2O$
contínua



Adaptado de Yardley (2004)

Introdução à Petrologia Metamórfica, segunda edição.
Editora UnB.

Paragêneses

x: Grt + Bt (Chl exaurida antes)

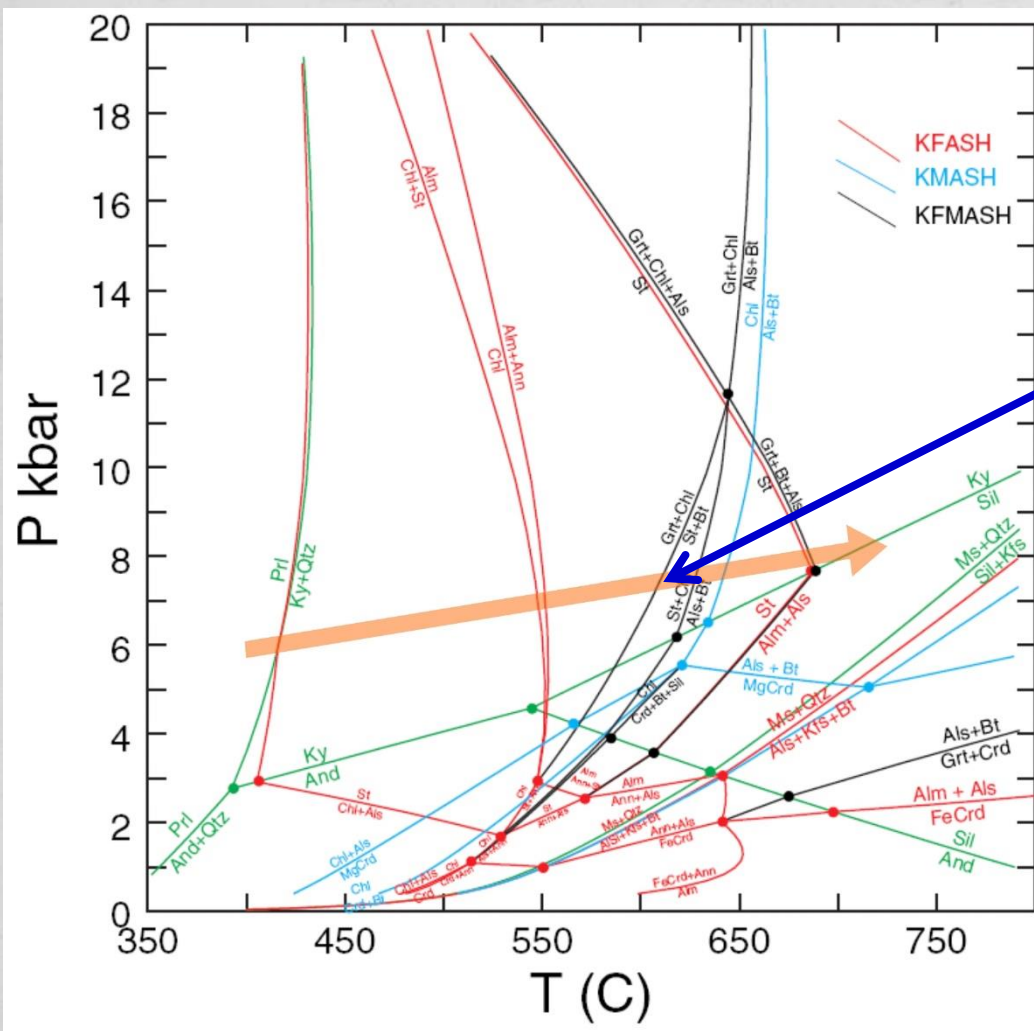
y: Grt + Bt (Chl exaurida antes)

z: Grt + Bt + St

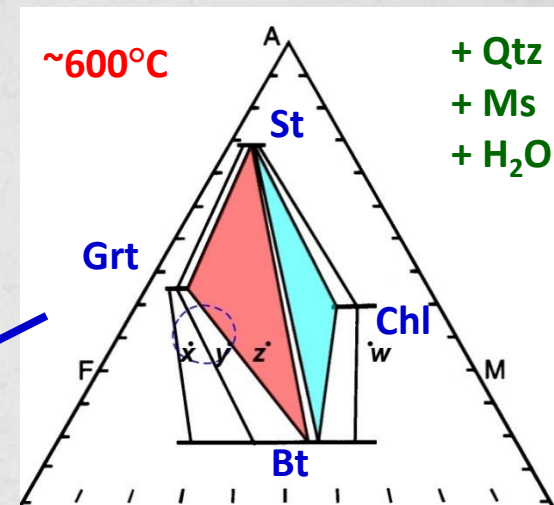
w: Bt + Chl (Não formou Grt)

Zona da Estauroлита

Reação KFMASH descontínua: $\text{Grt} + \text{Ms} + \text{Chl} = \text{St} + \text{Bt} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$



Spear & Cheney (inérito), cloritóide ausente



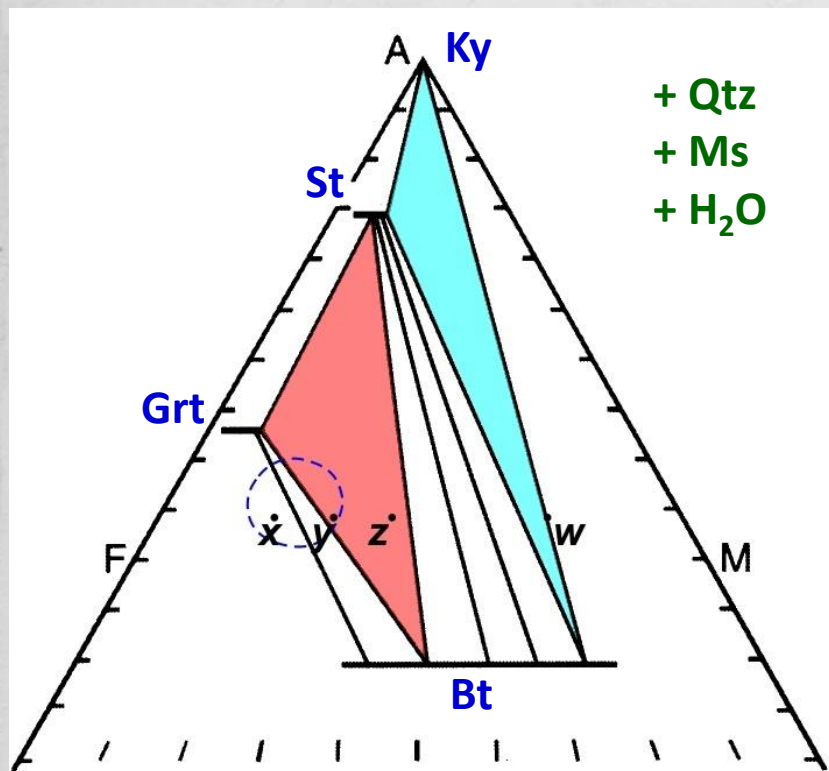
Segundo a grade petrogenética de Spear & Cheney a reação de formação de estaurolita por consumo de Grt e Chl ocorre num intervalo de temperatura entre 540 e 650°C para pressões entre 5 e 12 kbar.

Paragêneses

$$x: \text{Gr}t + \text{Bt}$$
$$y: \text{Gr}t + \text{Bt}$$
$$z: \text{Gr}^t + \text{B}^t + \text{S}^t$$

w: Bt + Chl

Zona da Cianita



Adaptado de Yardley (2004)

Introdução à Petrologia Metamórfica, segunda edição.
Editora UnB.

Associações diagnósticas:

$Ky + St + Bt + Ms + Qtz$

$Ky + Bt + Ms + Qtz$

$Grt + St + Bt + Ms + Qtz$

Rocha característica:

xisto com cianita, biotita, muscovita, quartzo, plagioclásio, podendo conter granada ou estauroлита.

Reações:

$Ms + St + Chl = Ky + Bt + Qtz + H_2O$

Descontínua

(pelitos ricos em Mg)

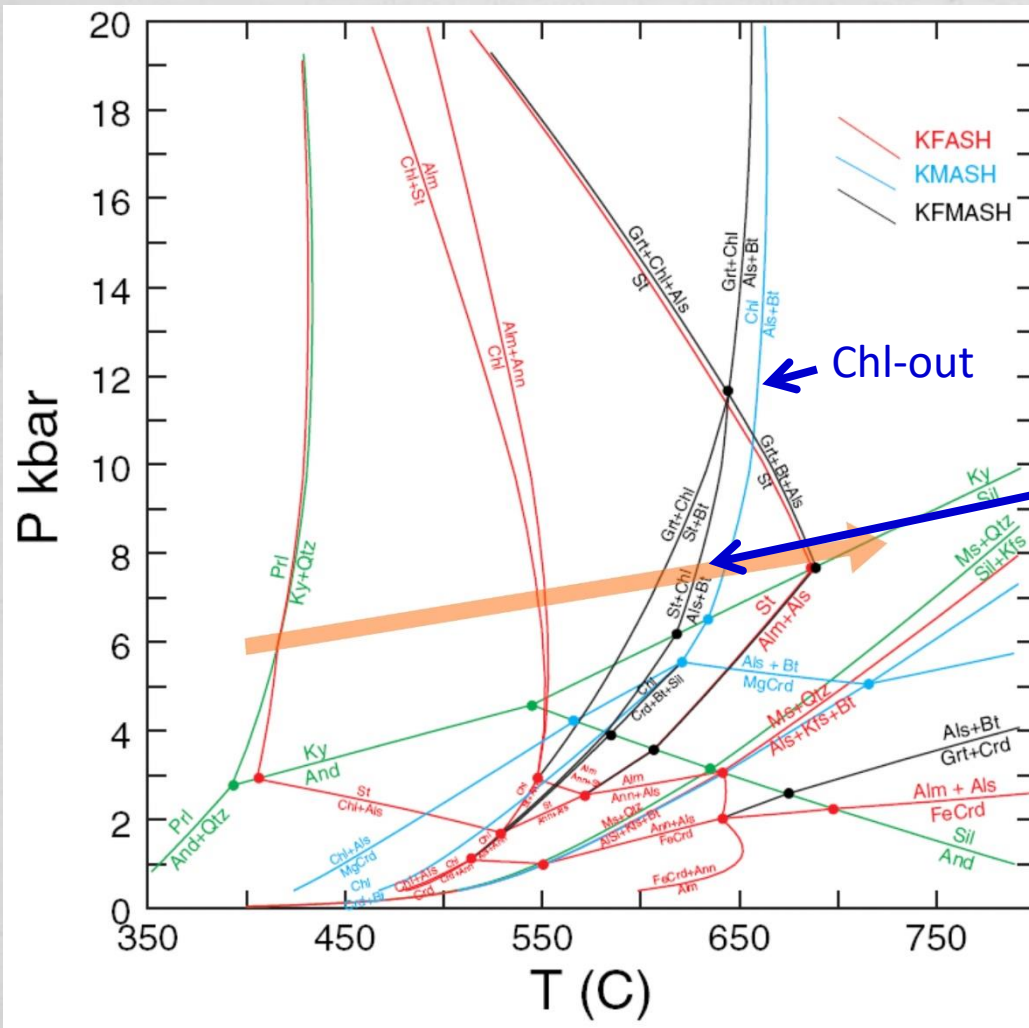
$St + Ms + Qtz = Ky + Bt + H_2O$

contínua

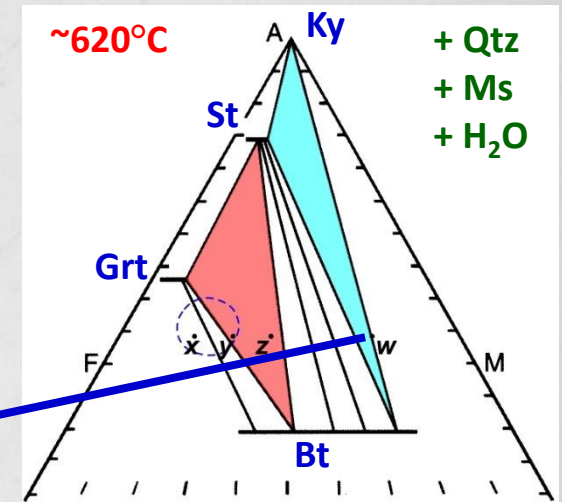
(Alarga o campo da associação
Ky-Bt reduz o campo da St)

Zona da Cianita

Reação descontínua no sistema KFMASH: $\text{Ms} + \text{St} + \text{Chl} = \text{Ky} + \text{Bt} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$



Spear & Cheney (inédito), cloritóide ausente

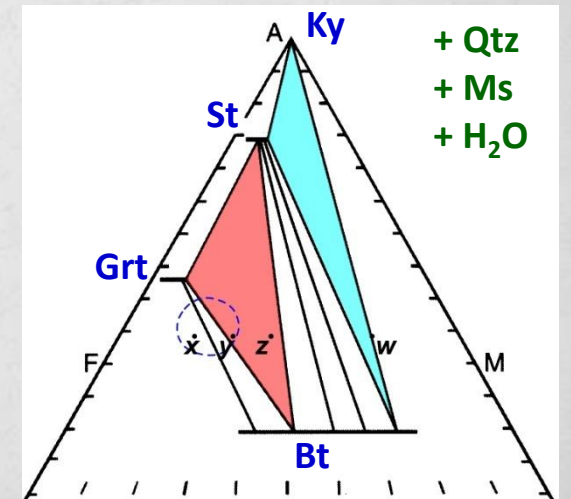
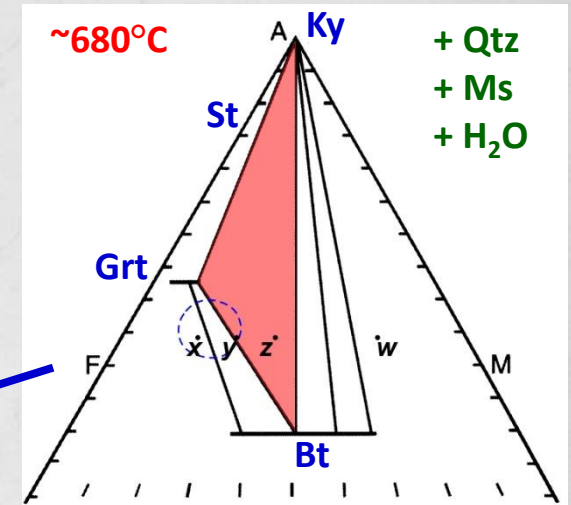
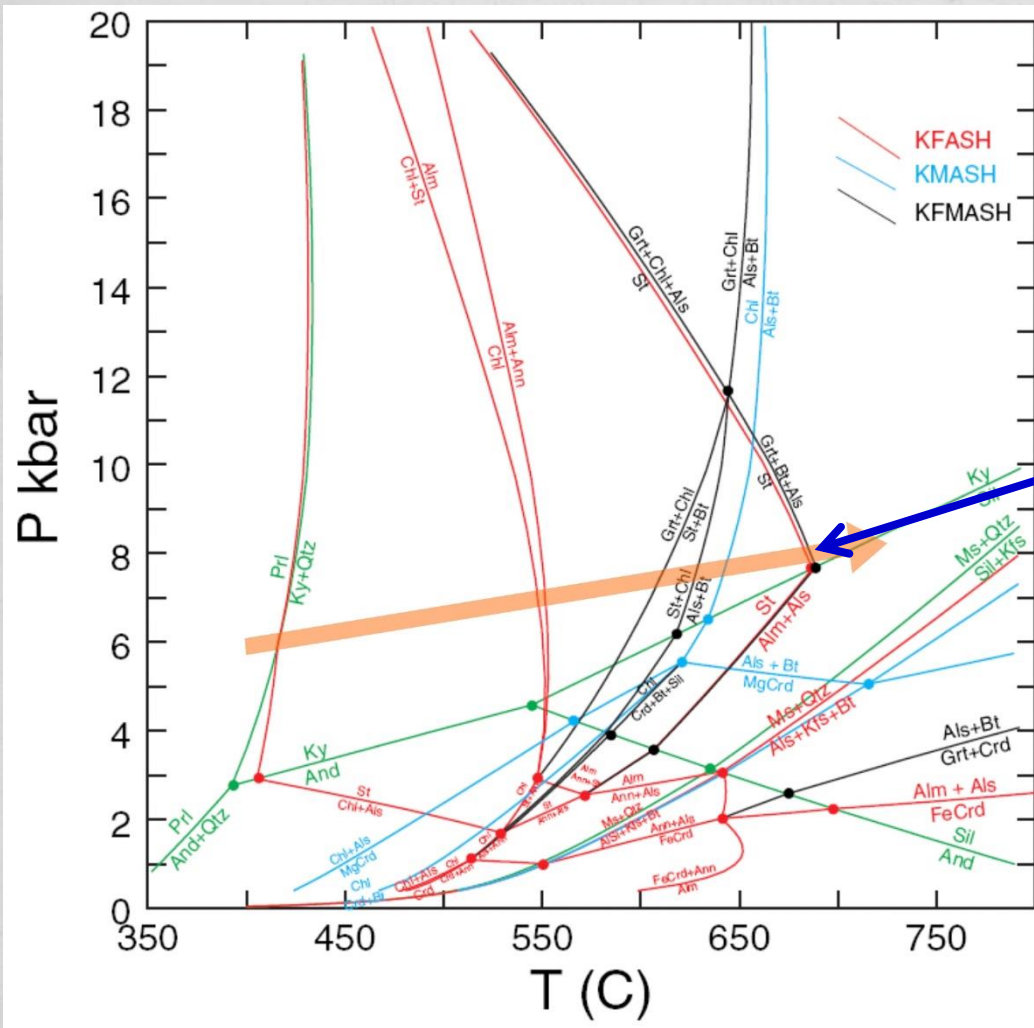


Segundo a grade de Spear & Cheney a reação de formação do par cianita + biotita ocorre em condições de 610-650°C e 6-12 kbar.

Novamente, somente as composições mais ricas em Mg poderão passar por essa reação.

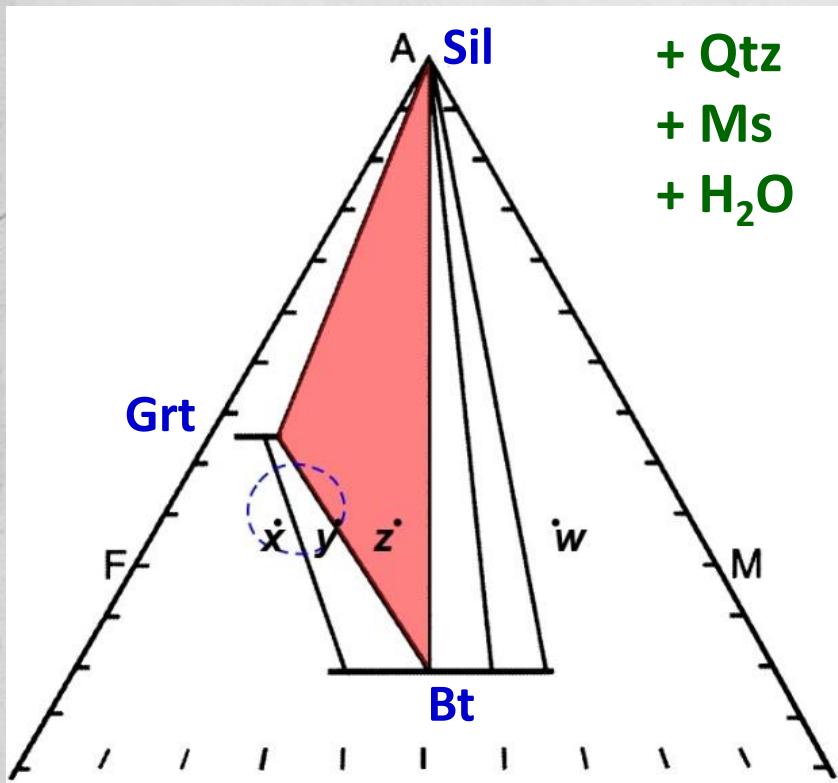
Zona da Cianita

Reação descontínua no sistema KFMASH: $St + Ms + Qtz = Grt + Bt + Ky + H_2O$



Spear & Cheney (inédito), cloritóide ausente

Zona da Sillimanita



Adaptado de Yardley (2004). Introdução à Petrologia Metamórfica, segunda edição. Editora UnB.

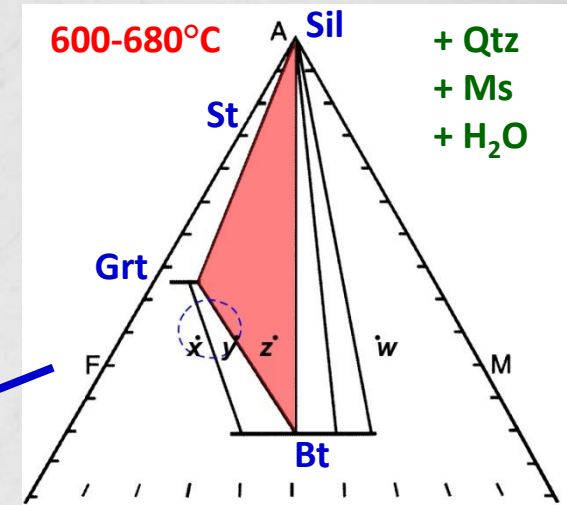
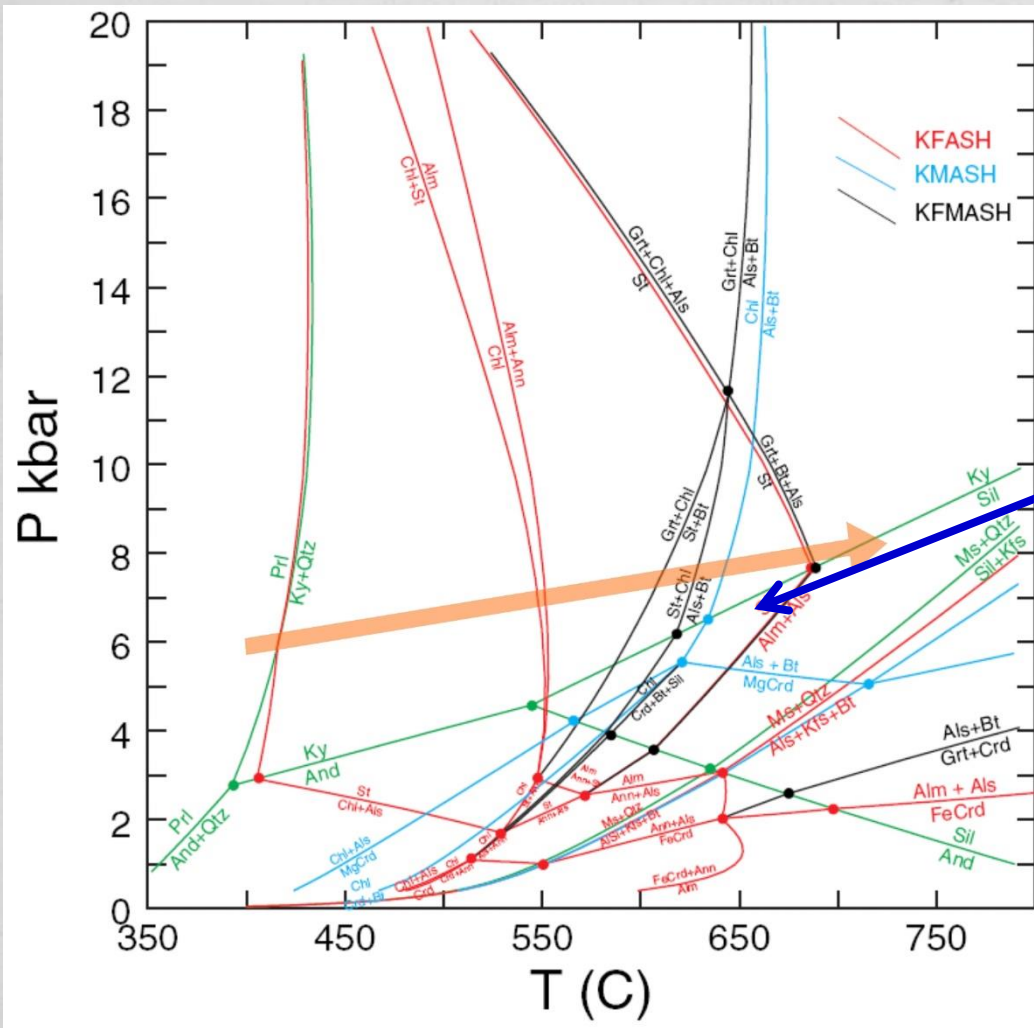
Transição polimórfica:
 $Ky = Sil$

Reação contínua:
 $St + Ms + Qtz = Sil + Bt + H_2O$
Sillimanita: Fibrolita
Cianita comumente persiste
(cinética da transição polimórfica)

Reação descontínua:
 $St + Ms + Qtz = Grt + Bt + Sil + H_2O$
Desaparecimento de estaurolita

Zona da Sillimanita

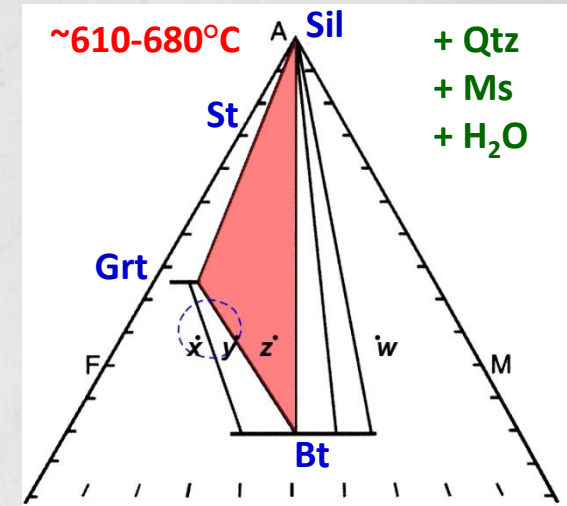
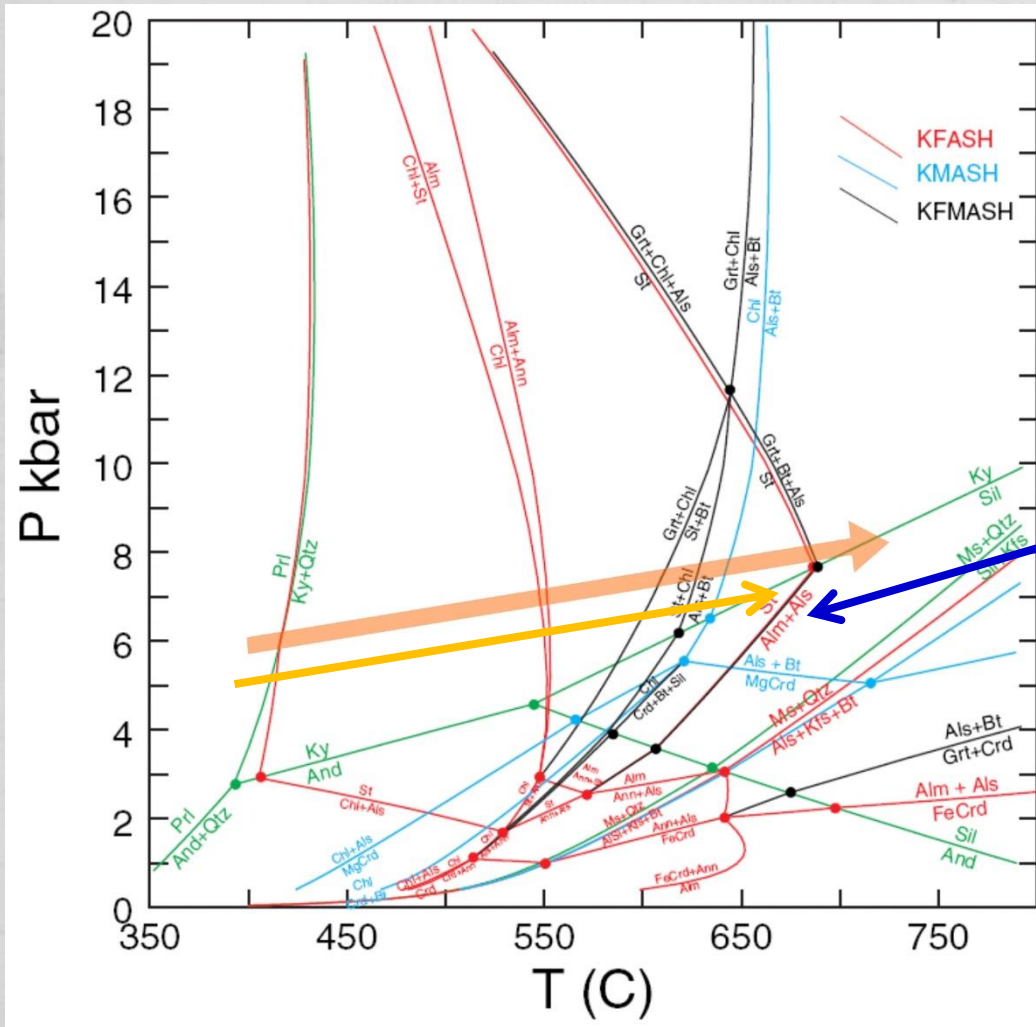
Reação polimórfica: $Ky = Sil$



Spear & Cheney (inédito), cloritóide ausente

Zona da Sillimanita

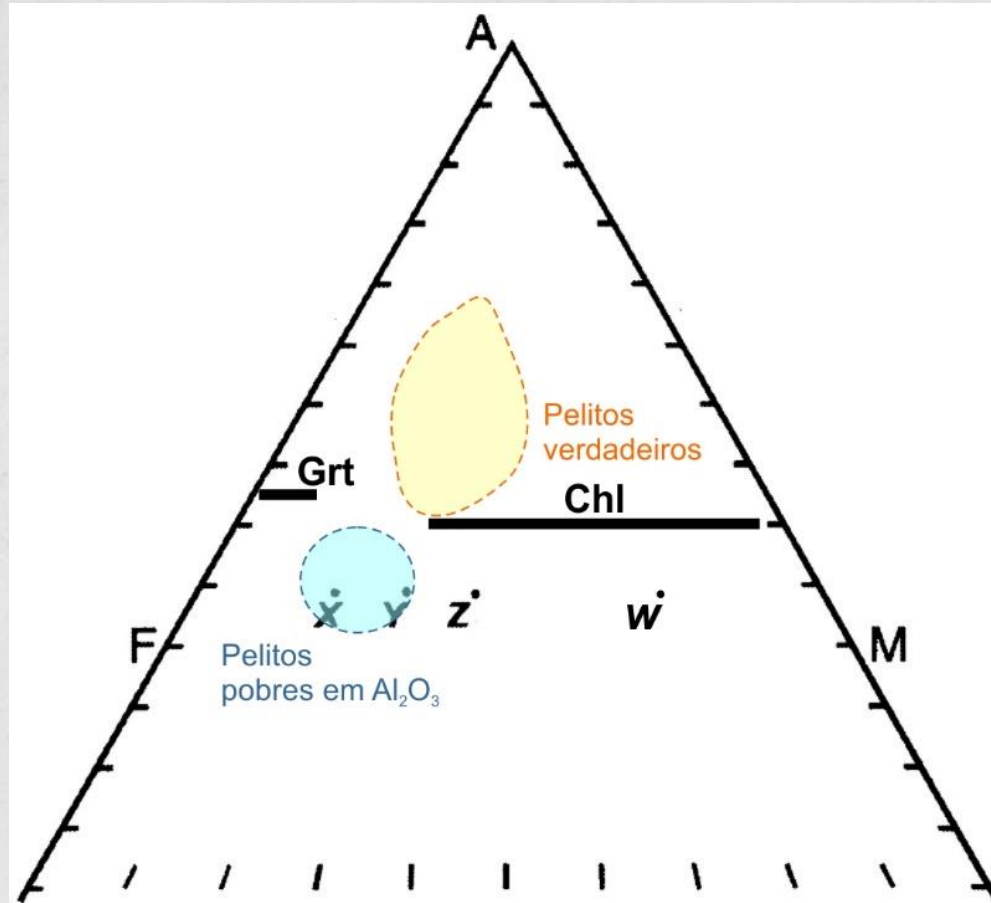
Reação descontínua no sistema KFMASH: $St + Ms + Qtz = Grt + Bt + Sil + H_2O$



Spear & Cheney (inédito), cloritóide ausente

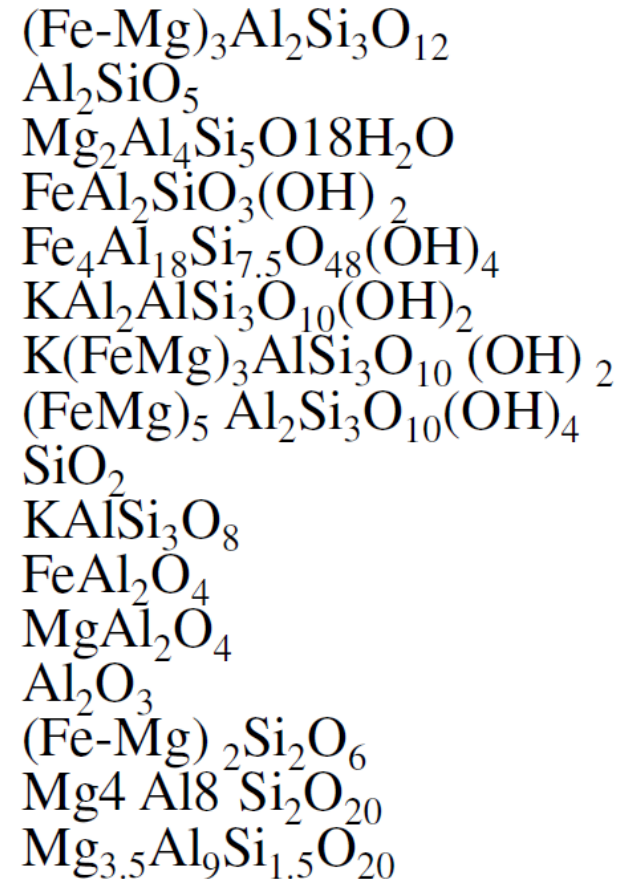


Zonas metamórficas e variações composicionais

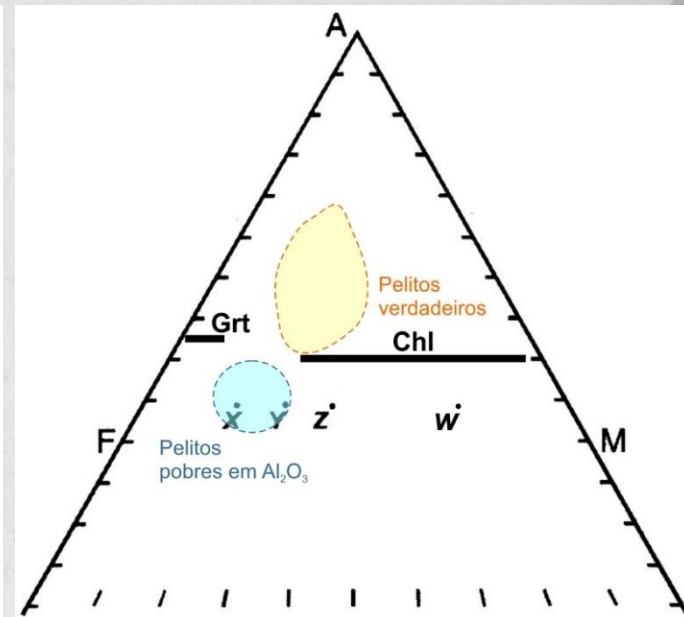
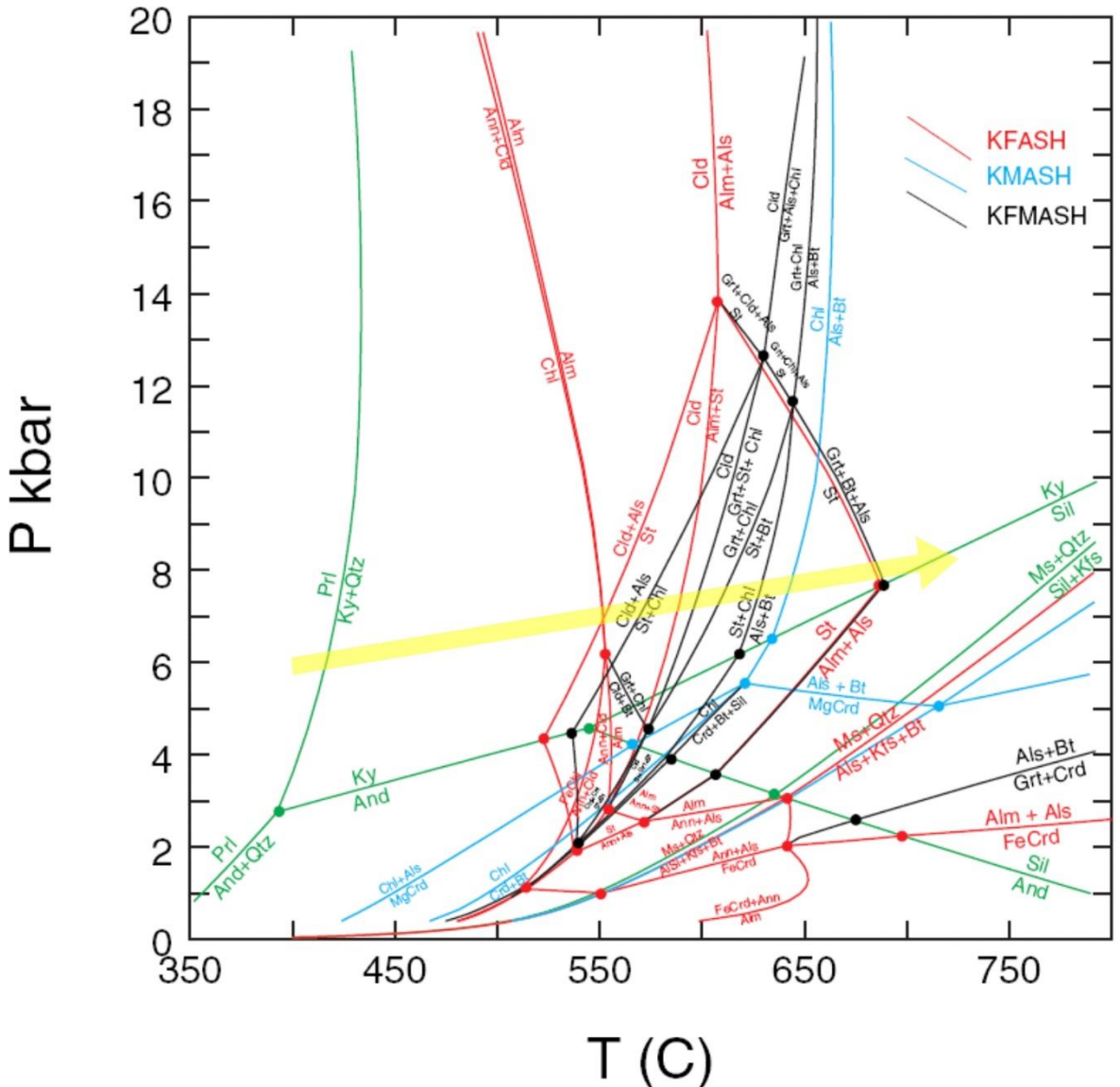


Principais minerais metamórficos (KFMASH)

granada
→ cianita, andalusita e sillimanita
cordierita
→ cloritóide
estauroлита
muscovita
biotita ←
clorita
quartzo
feldspato potássico
hercinita
espinélio
corundum
ortopiroxênio
safirina (442)
safirina (793)

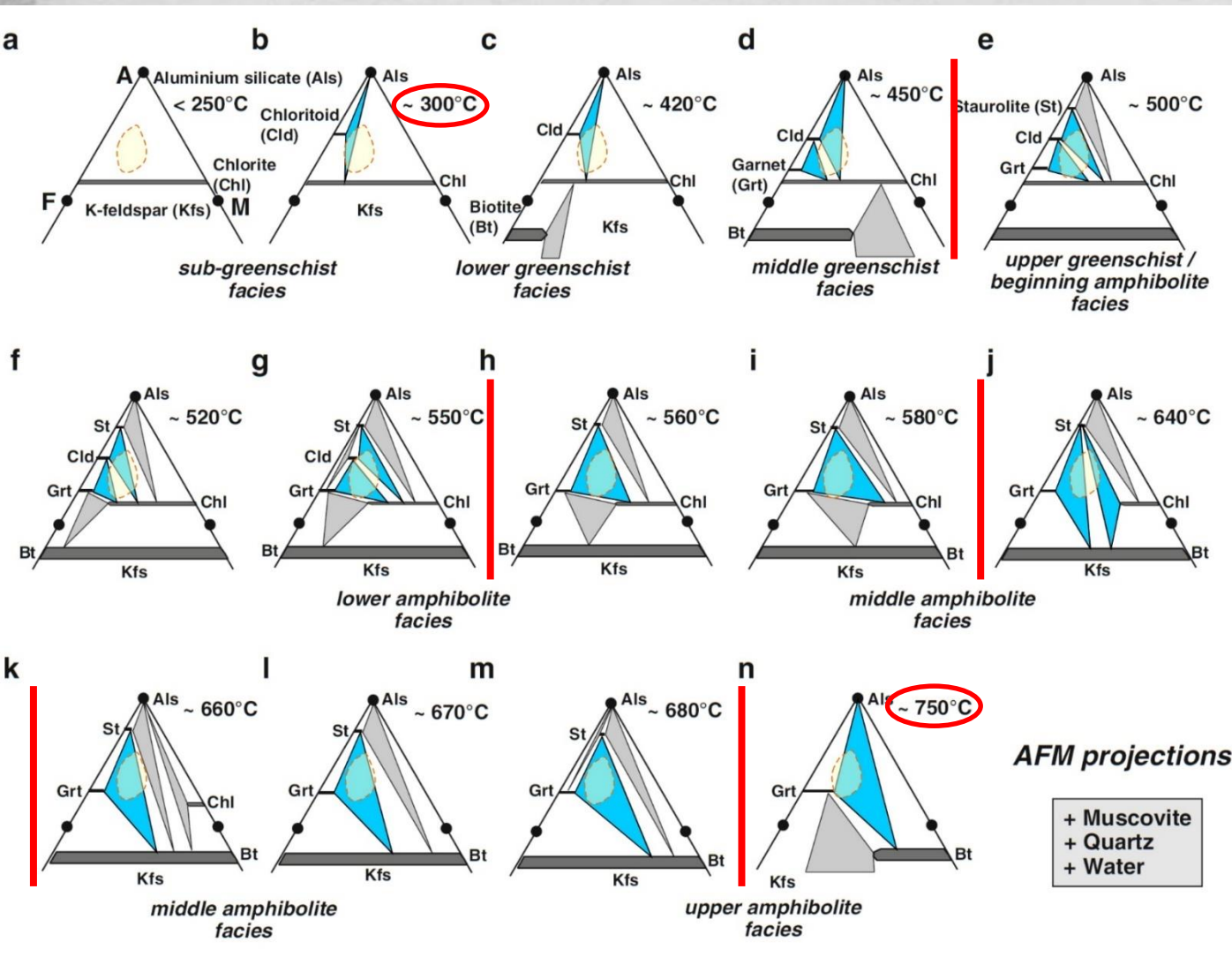


Metamorfismo de metapelitos verdadeiros (ricos em Al_2O_3)
Gradiente metamórfico de campo barroviano
(regime de pressão intermediária)



Spear & Cheney, inédito
versão com cloritóide

Diagramas de compatibilidade para metapelitos verdadeiros no intervalo entre 300 e 750°C



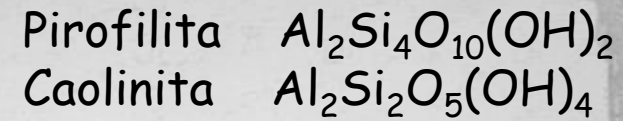
Características marcantes

- (1) Paragêneses de fácies xisto-verde envolvem Cld.
- (2) Maior número de zonas metamórficas podem se desenvolver.
- (3) Ky aparece em menores temperaturas.
- (4) Biotita aparece em maiores temperaturas.

Mudança repentina na topologia do diagrama: rocha passou por reação descontínua (univariante)

Metapelitos ricos em Al

Sub-xisto-verde

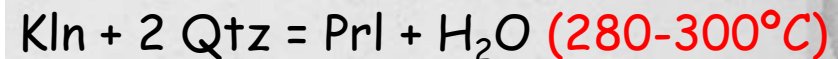


Sistema ASH:

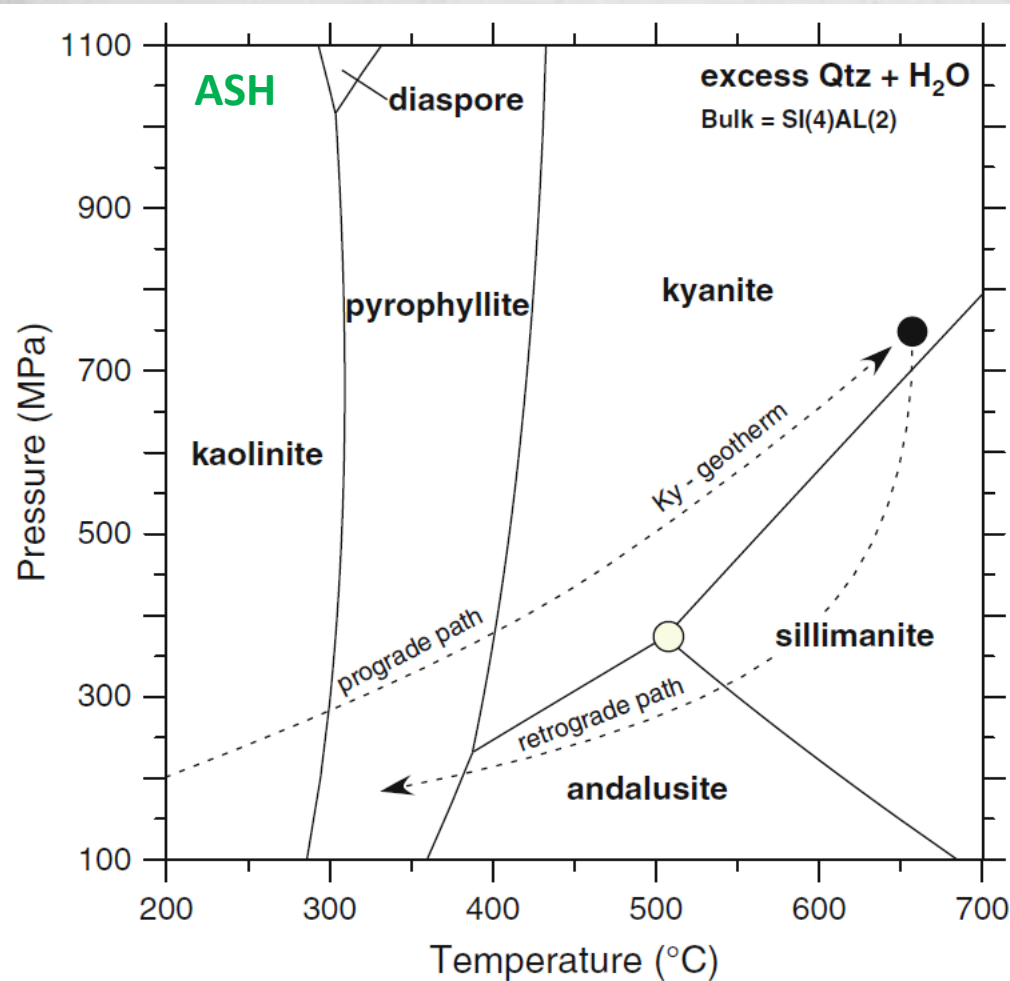
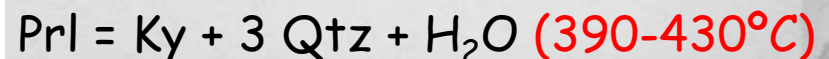
Relações entre fases e reações no ápice A do diagrama AFM.

Reações (ASH) (fluido puro H_2O):

Formação de pirofilita por quebra de caolinita (sub-xisto-verde):

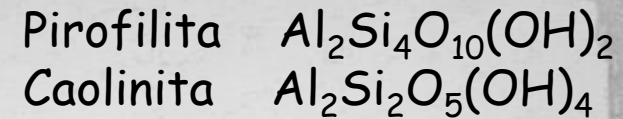


Quebra de pirofilita para formação de cianita ($> 2,5 \text{ kbar}$) ou andalulita ($< 2,5 \text{ kbar}$):

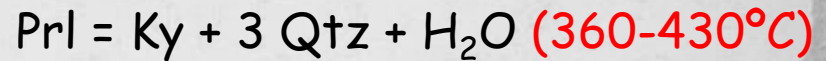
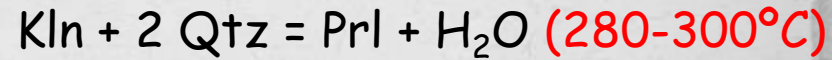


Metapelitos ricos em Al

Sub-xisto-verde



Reações (ASH) (fluido puro H_2O):



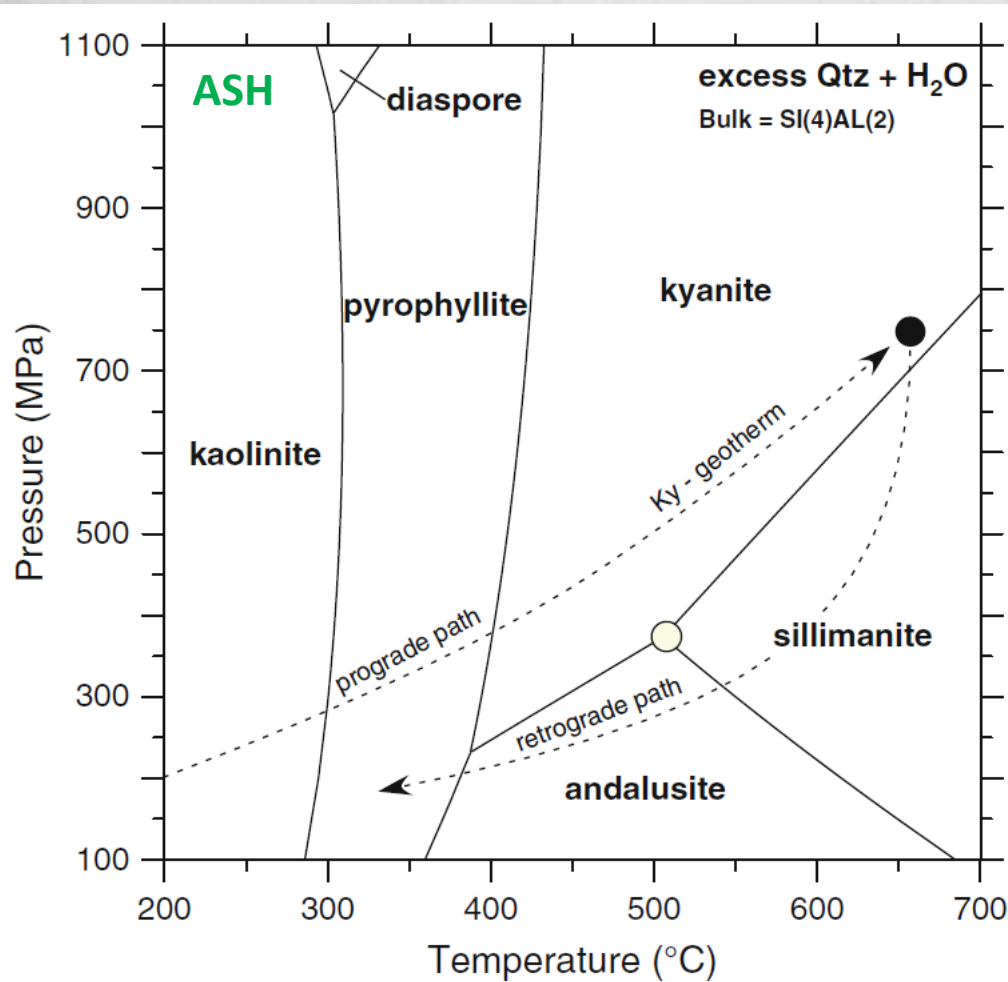
Pelitos normais comumente apresentam matéria orgânica abundante resultando na produção de metano (CH_4) em baixa temperatura.

O CH_4 desloca todas as reações de desidratação para temperaturas mais baixas.

Na natureza:

Prl é comum em $T < 200^\circ\text{C}$

Kln é rara em $T > 200^\circ\text{C}$



Adicionando FeO (Sistema FASH) = + Chl na paragénese (baixa temperatura)

Metapelitos ricos em Al

Zona do Cloritóide (Cld + Chl)

Cloritóide é o primeiro mineral metamórfico formado em metapelitos verdadeiros durante a progressão do metamorfismo.

Reação (FASH) (fluido puro H_2O):

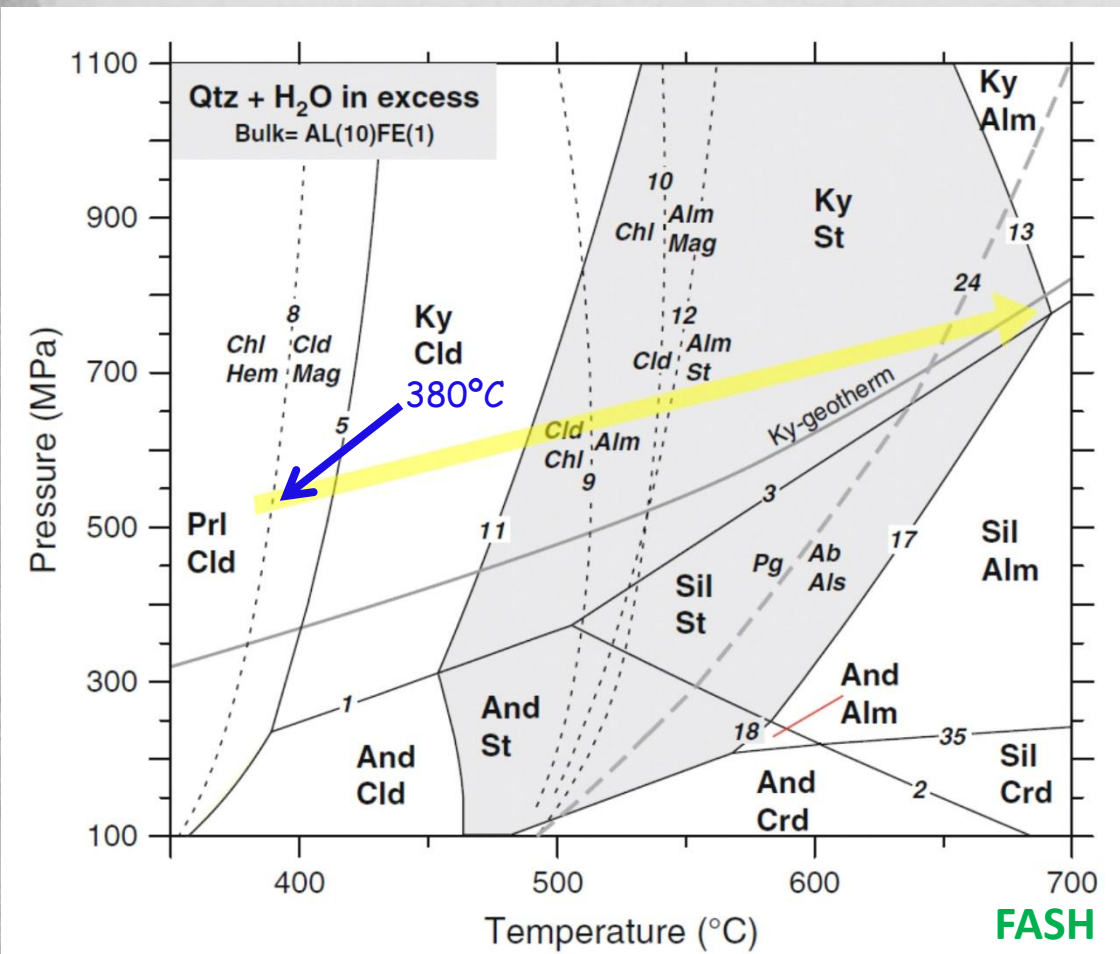
$Fe\text{-}Chl + 4 Prl = 5 Cld + 2 Qtz + 3 H_2O$ ($\sim 280^\circ C$) — início do metamorfismo

Dependendo do X_{Al} , metapelitos ricos em FeO apresentarão as associações:

- $Chl + Cld$ ($< X_{Al}$)
- $Prl + Cld$ ($> X_{Al}$)

Metapelitos ricos em Al

Zona do Cloritóide (Cld + Chl)



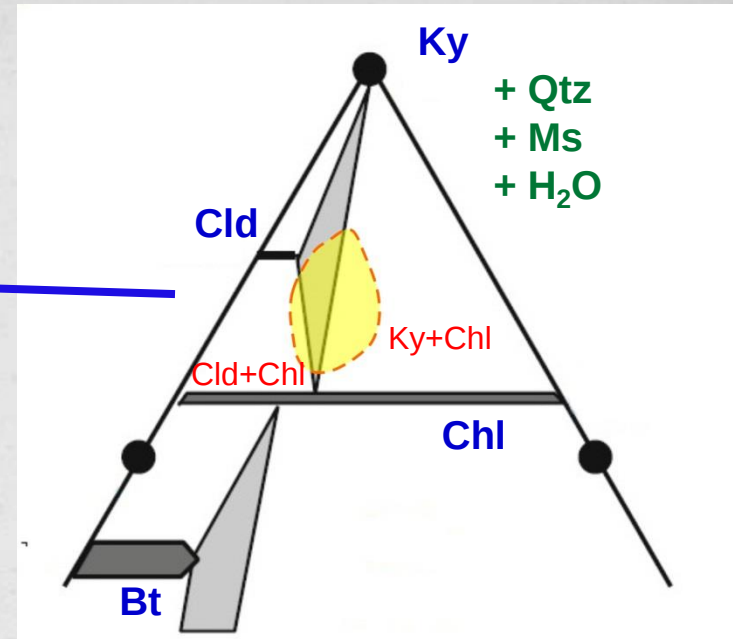
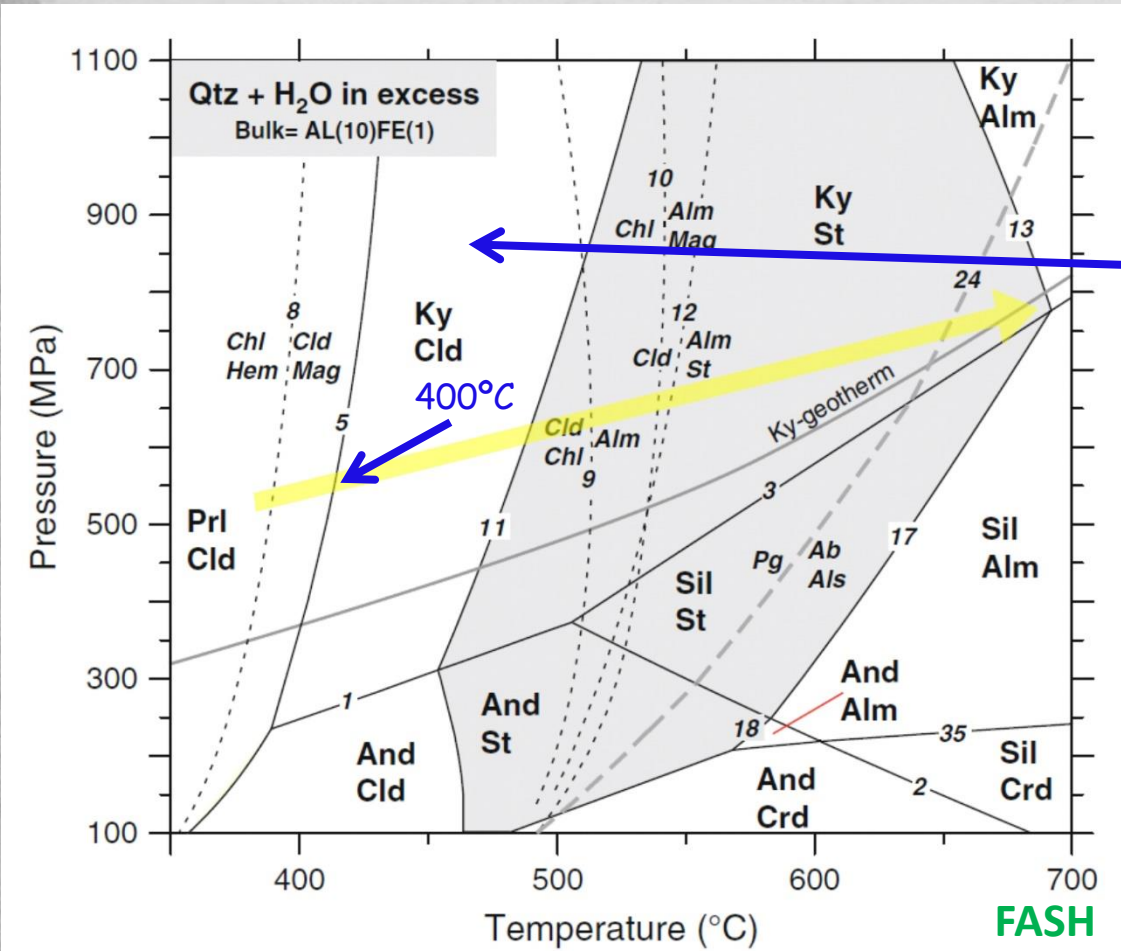
Em temperatura mais alta, e para rochas onde a pirofilita foi exaurida, cloritóide adicional pode ser produzido pelo consumo de Chl + Hem.

Reação (FASH) (fluido puro H₂O):



Metapelitos ricos em Al

Zona do Cloritóide (Ky + Cld)



Ky + Cld

Equivalente da zona da biotita em metapelitos pobres em Al₂O₃

Reação (ASH) (fluido puro H₂O):



Zona do Cloritóide (ricos em Al) versus Zona da Biotita (pobres em Al)

> 400°C
> 4 kbar

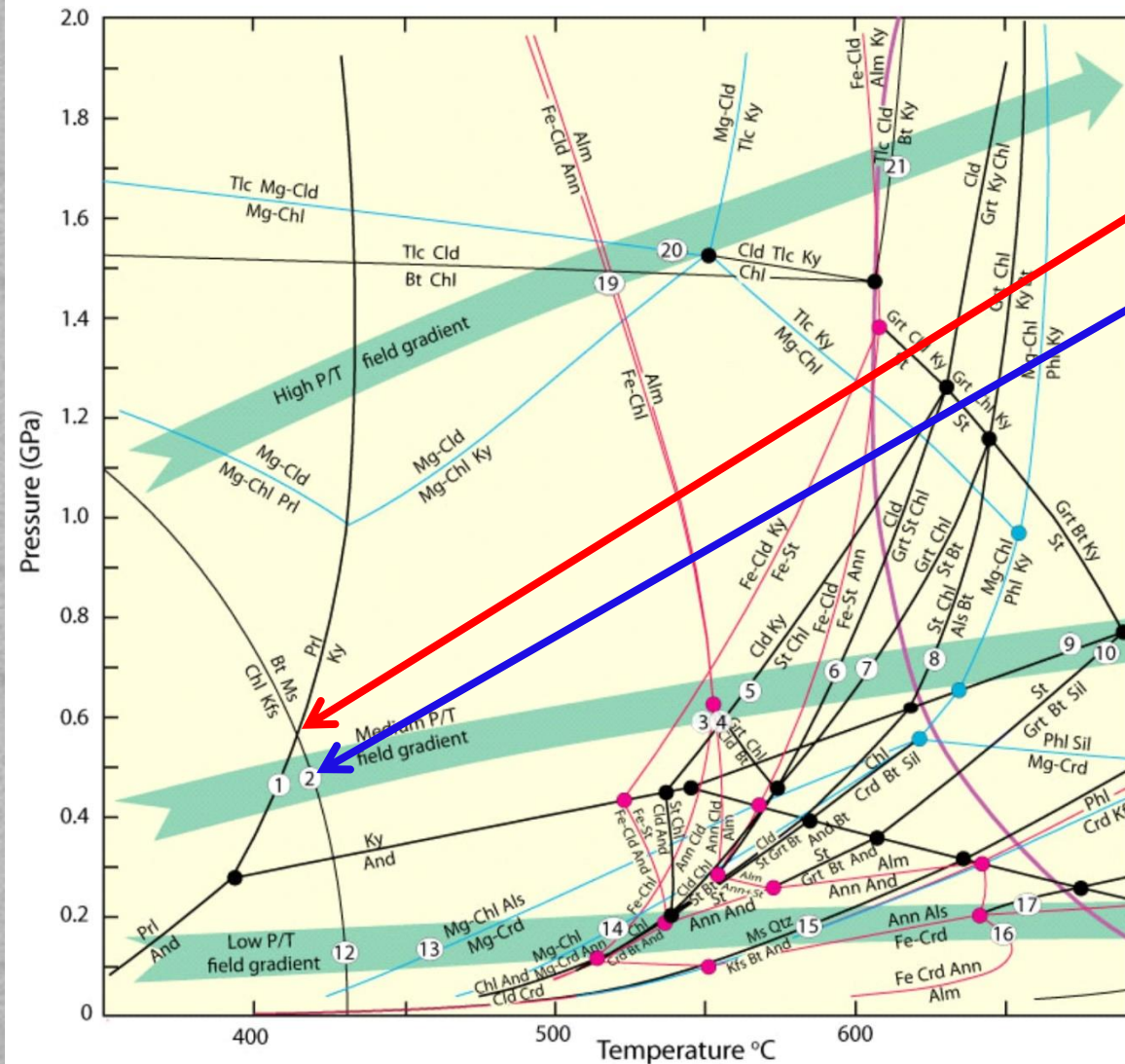
Ky

+ Qtz
+ Ms
+ H₂O

Cld

Chl

Bt

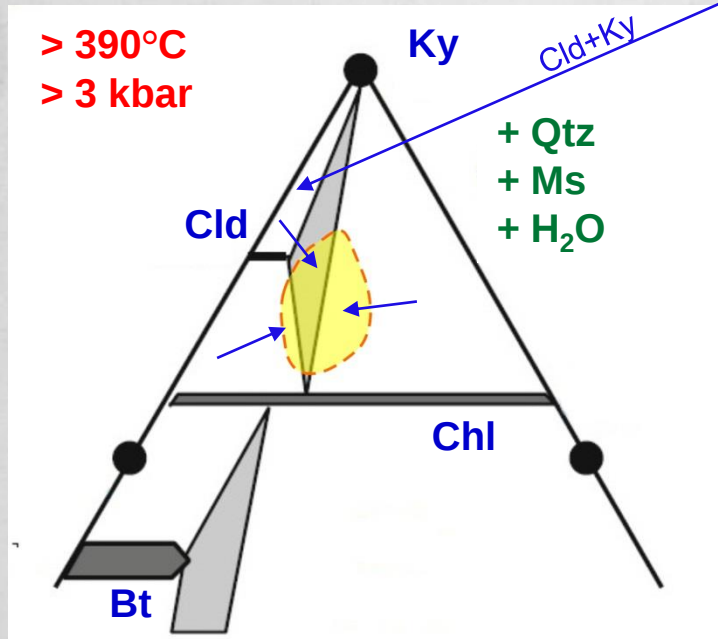


Metapelitos ricos em Al

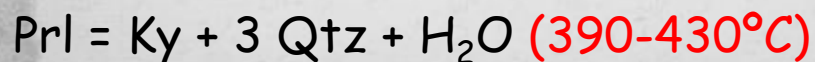
Zona do Cloritóide

Ky + Cld

Xisto-verde intermediário

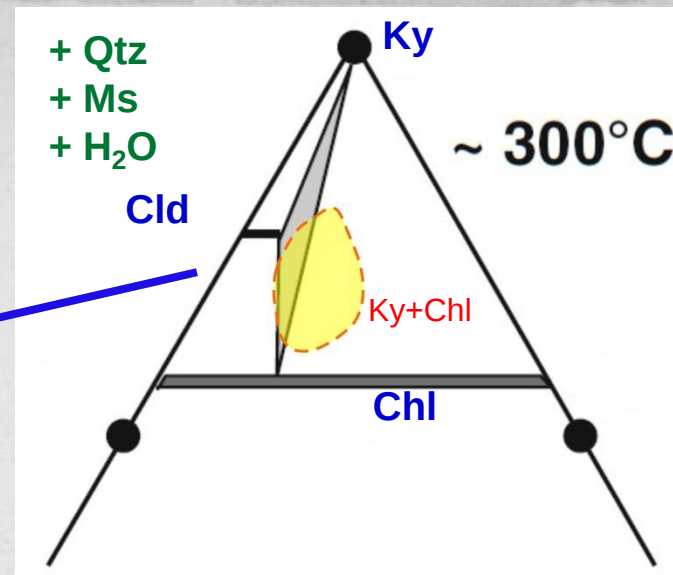
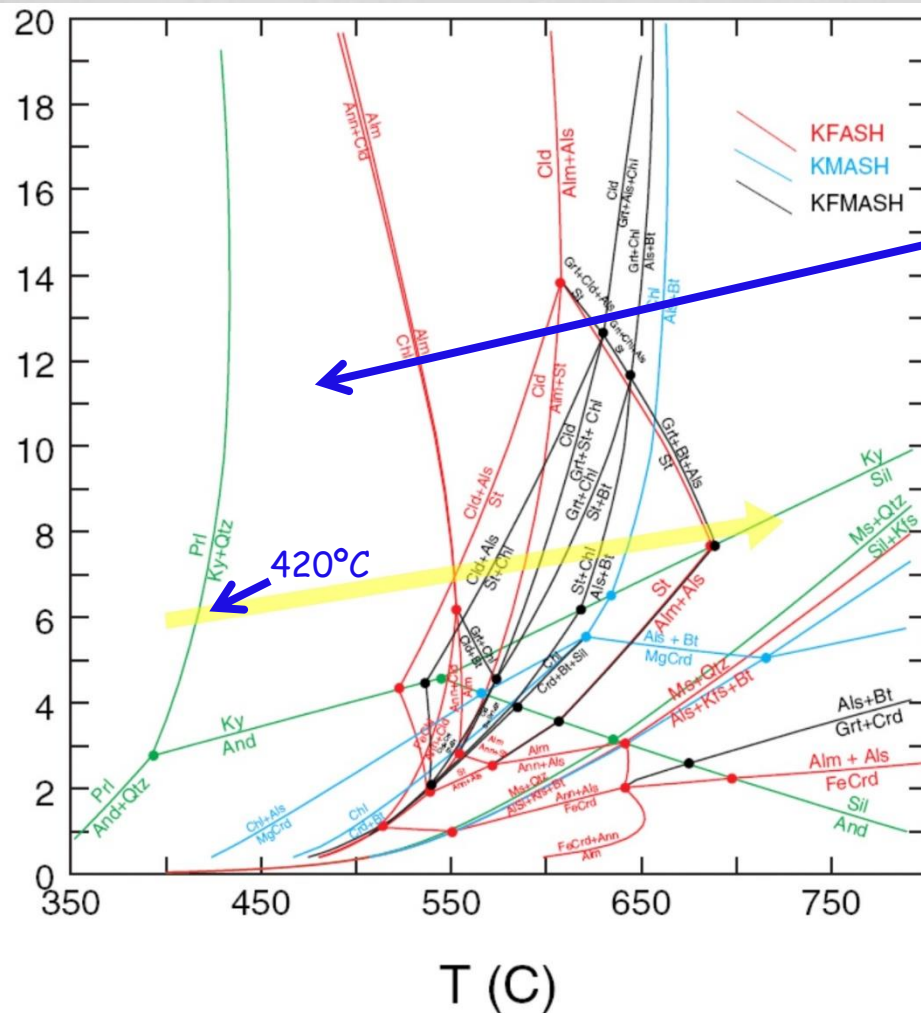


Reação (ASH) (fluido puro H₂O):



F.M. Faleiros & L.F. Cury (inédito)

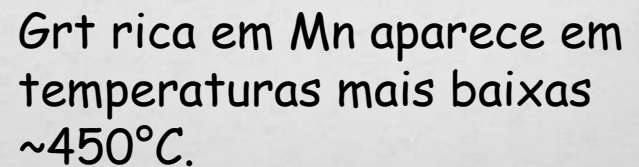
P kbar



Pelitos normais comumente apresentam matéria orgânica abundante resultando na produção de metano (CH_4) em baixa temperatura.

CH_4 desloca todas as reações de desidratação para temperaturas mais baixas.

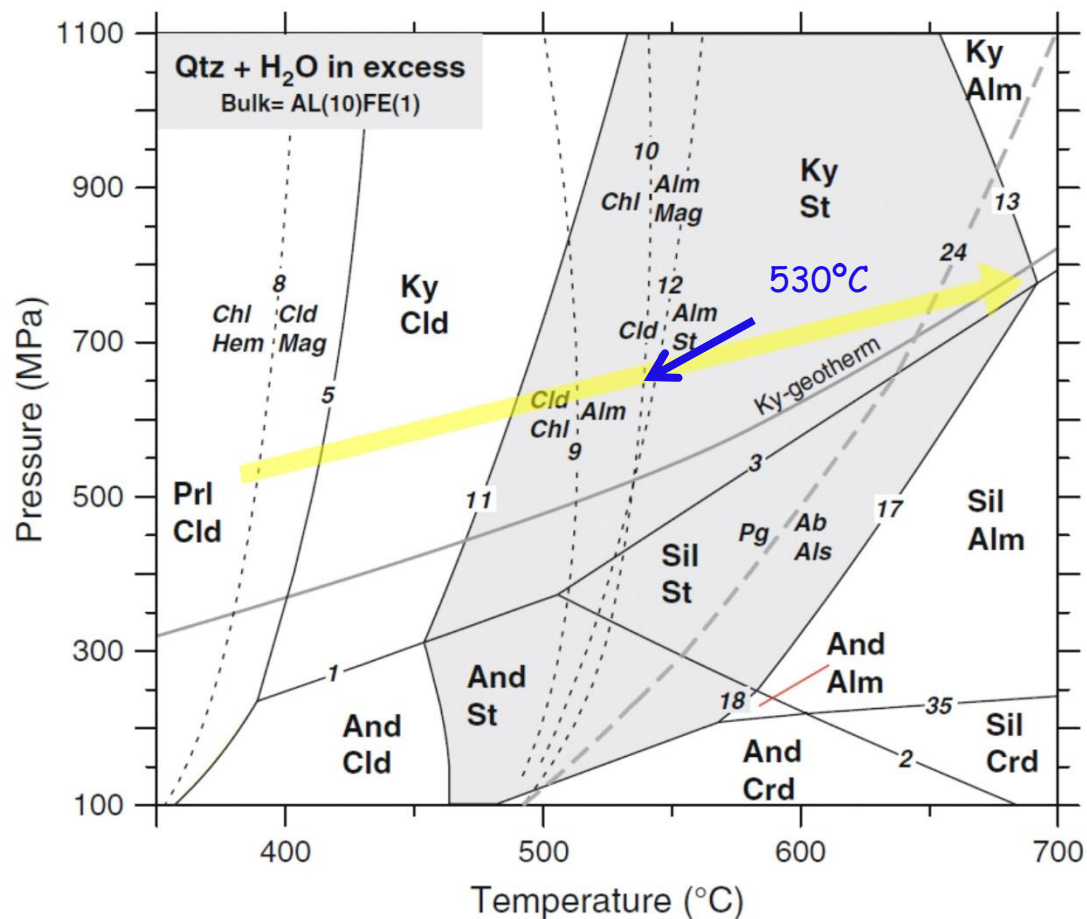
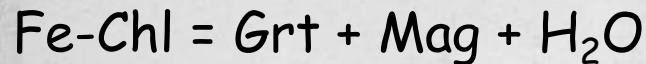
Na natureza:
Ky pode ocorrer em $T \sim 300^\circ\text{C}$

$$\text{Fe-Chl} + \text{Fe-Cld} + \text{Qtz} = \text{Grt} + \text{H}_2\text{O}$$


Zona da Granada

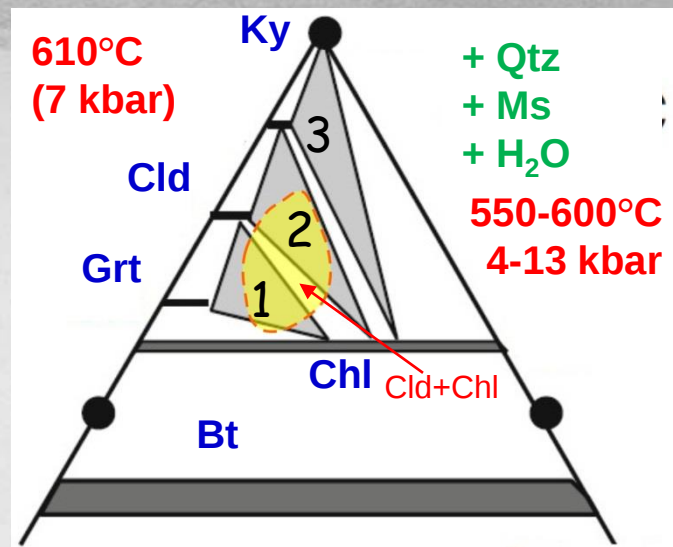
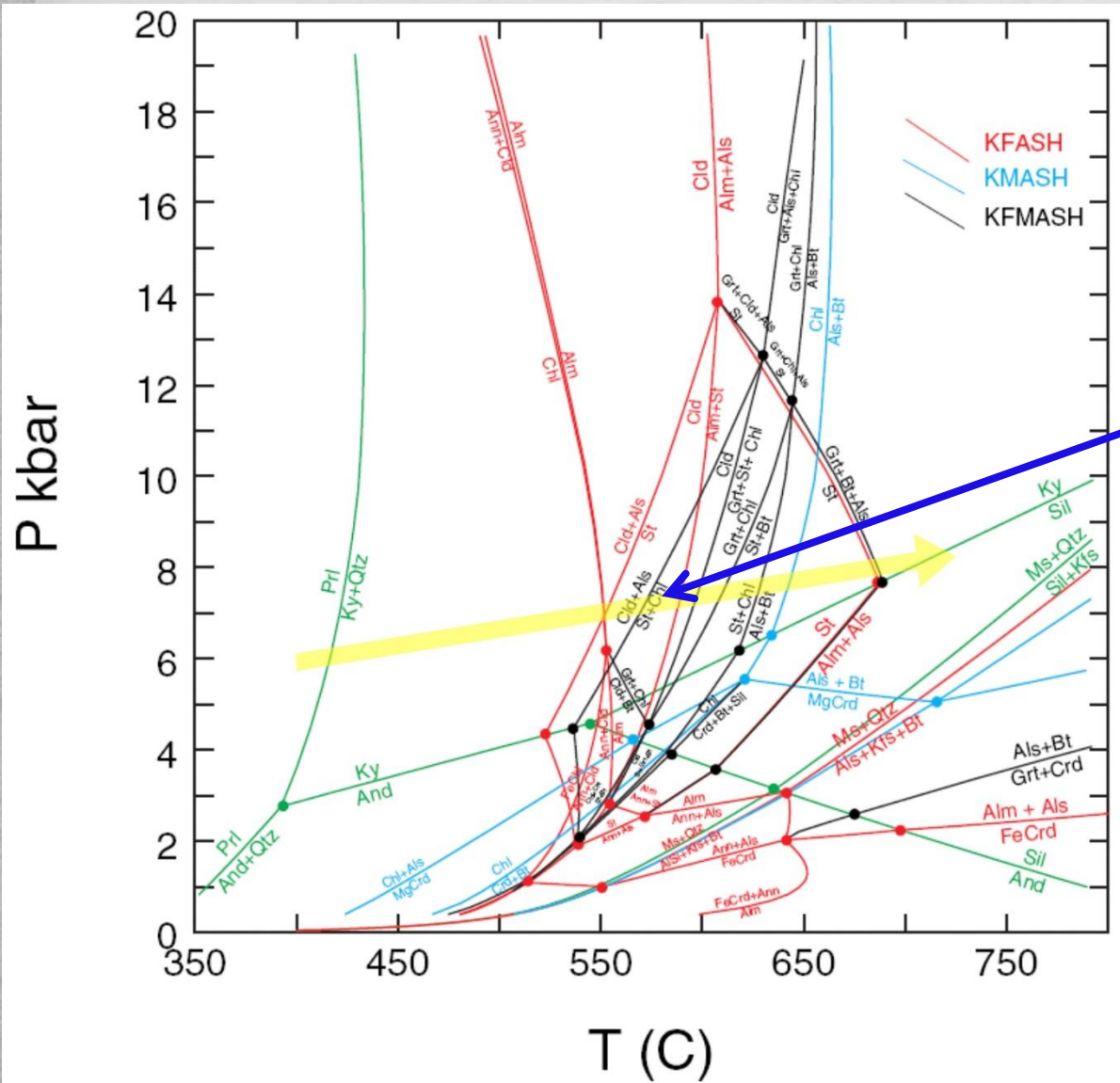
(fácies xisto-verde superior)

Reação contínua (FMASH):



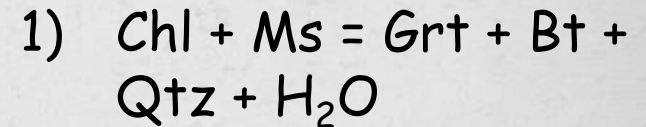
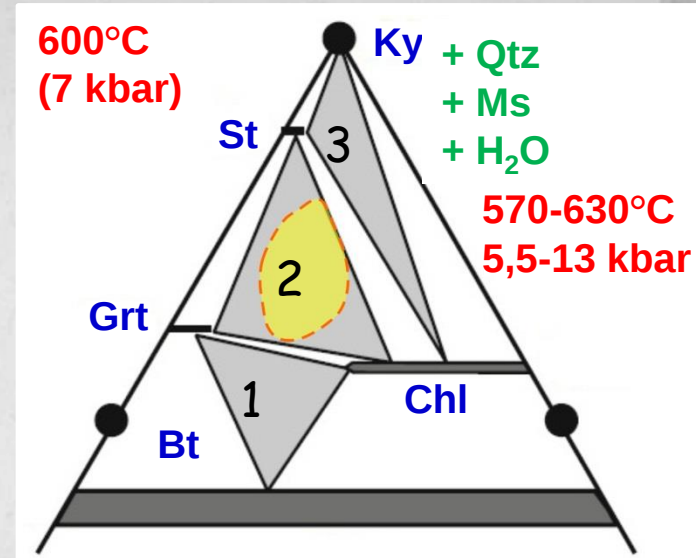
Ocorre em rochas relativamente mais magnesianas, onde Cld não foi formado ou foi consumido anteriormente.

Zona da Estaurolita (fácies anfibolito inferior)



- 1) $\text{Chl} + \text{Cld} = \text{Grt}$
- 2) $\text{Ky} + \text{Cld} = \text{St} + \text{Chl}$
- 3) $\text{Ky} + \text{Cld} = \text{St} + \text{Chl}$

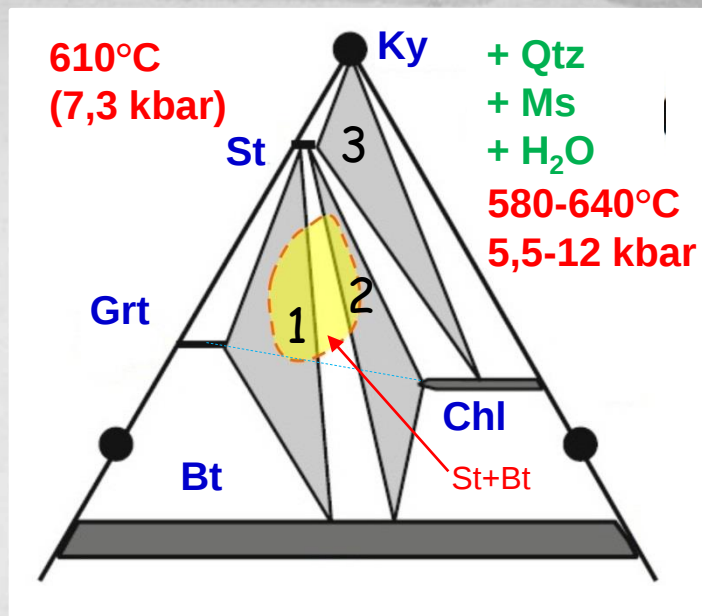
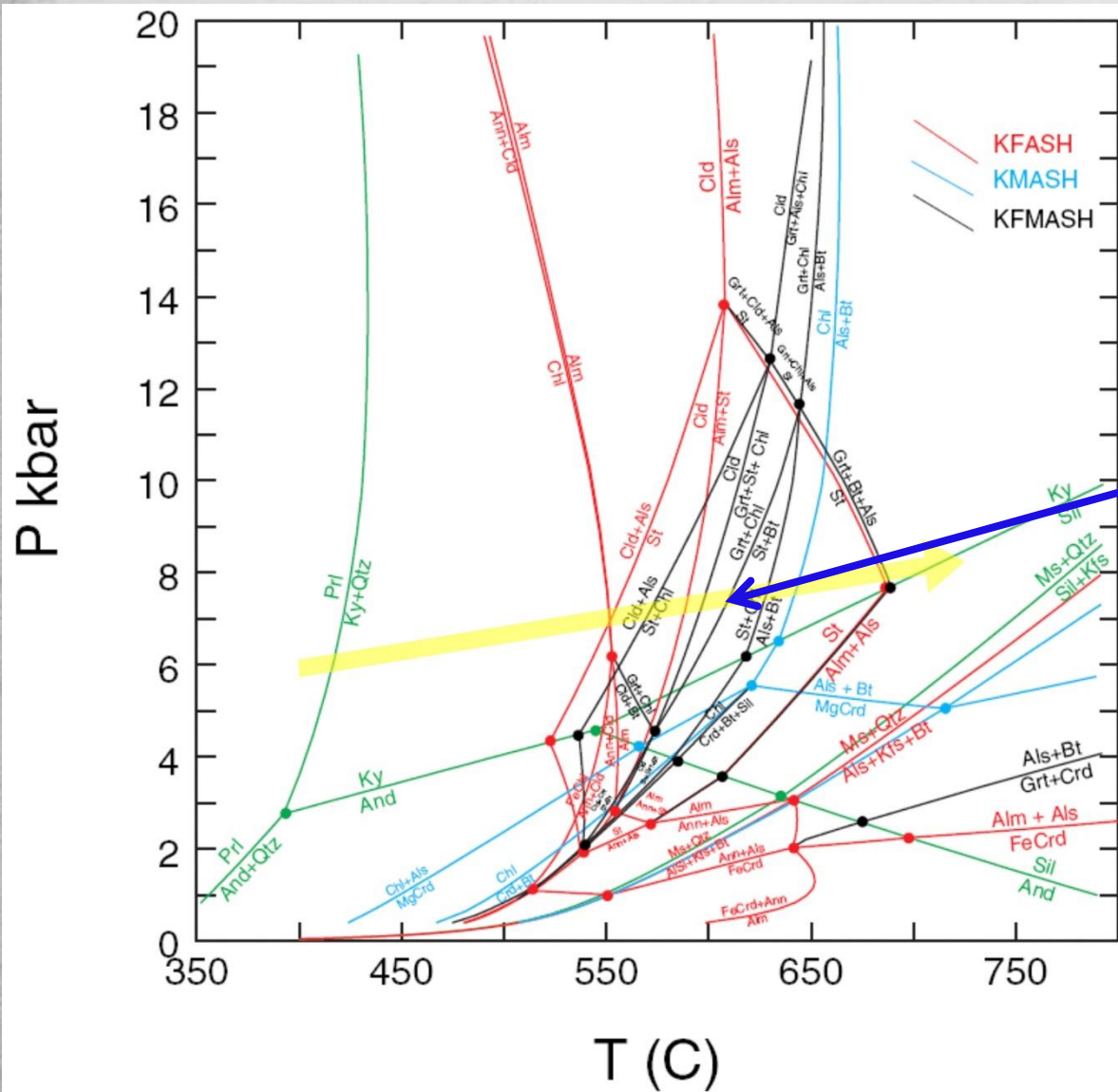
Zona da Estauroлита (Cloritóide-fora)
(fácies anfibolito)



Rocha 3 não é afetada pela reação (2), pois Cld já havia sido exaurido.

Zona da Estauroлита (+ Biotita)

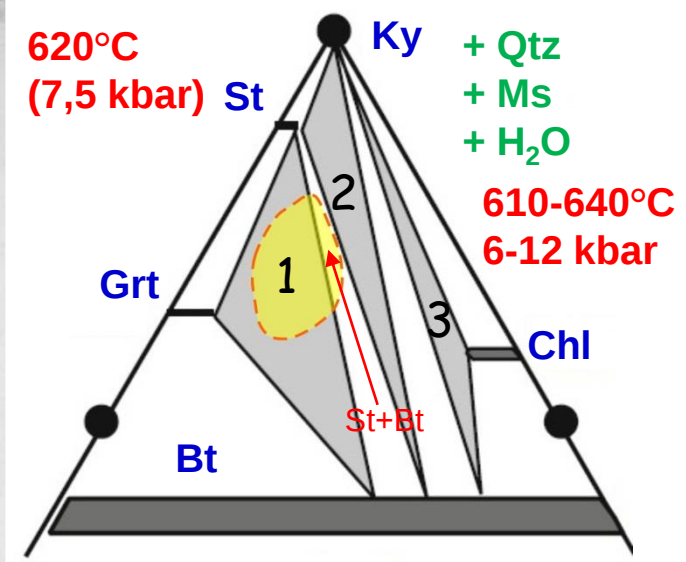
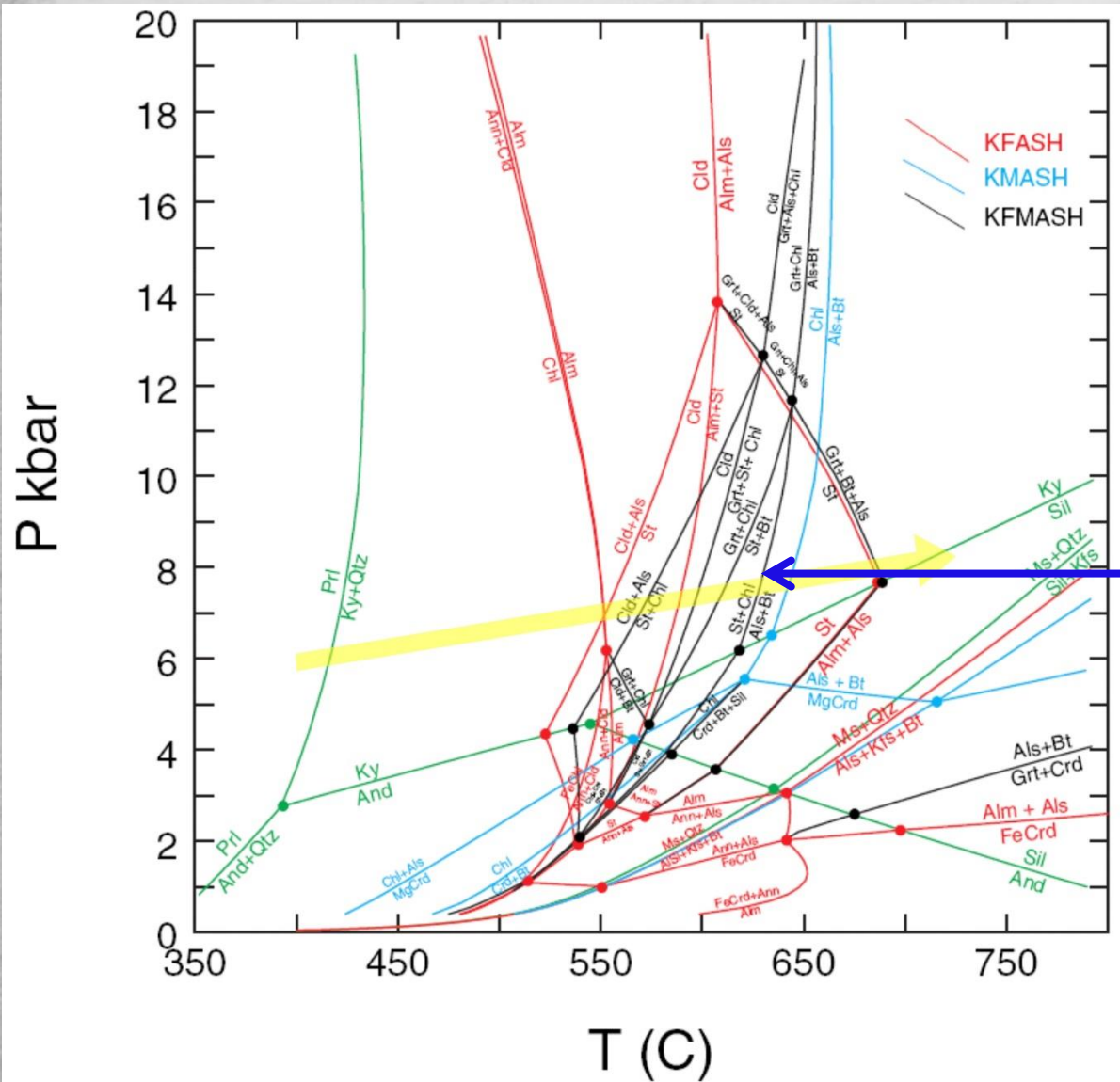
Primeiro aparecimento de Bt
em metapelitos ricos em Al



Rocha 3 (magnesiana) não é afetada pela reação, pois não possui Grt.

Zona da Cianita

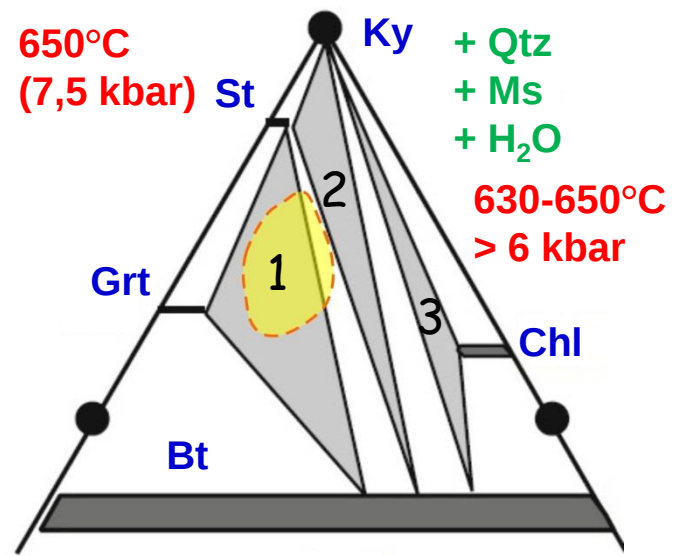
Primeiro aparecimento do par Ky + Bt



- 1) não afetada
- 2) $St + Chl = Ky + Bt$
- 3) $St + Chl = Ky + Bt$

Rocha 1 (rica Fe) não é afetada pela reação, pois não possui Chl.

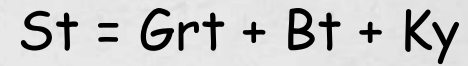
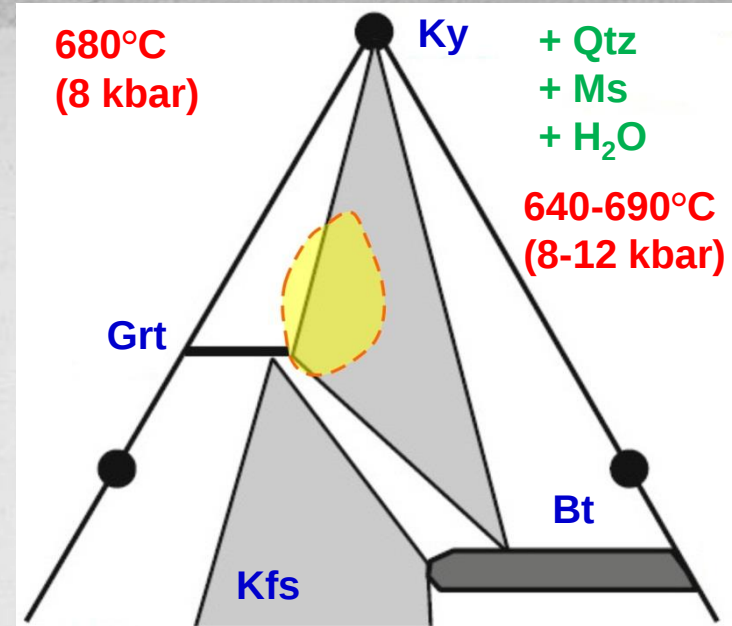
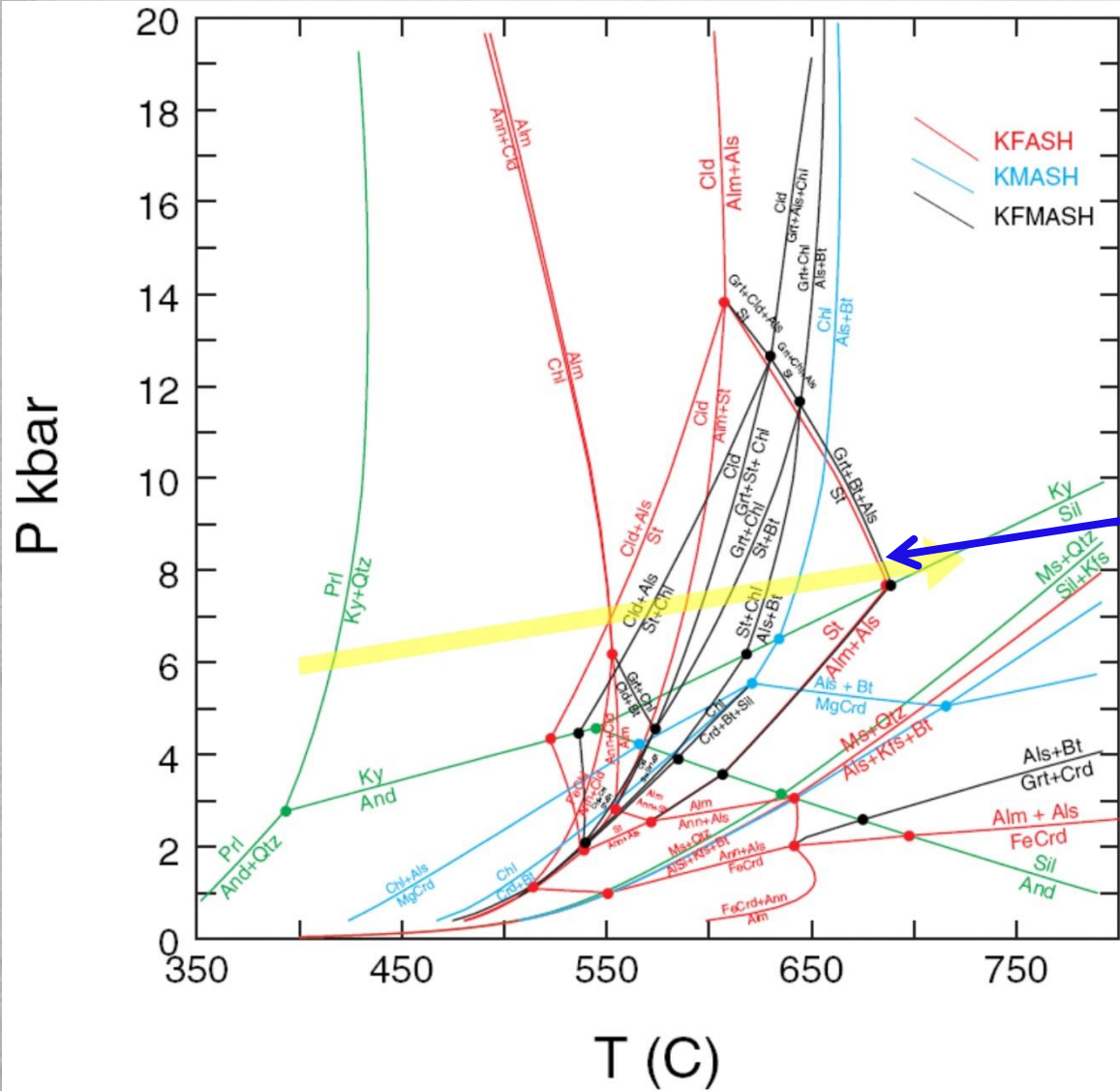
Rochas muito magnesianas



- 1) não afetada
- 2) não afetada
- 3) $Mg-Chl = Ky + Bt$

Zona da Cianita (anfibolito superior)

Reação terminal da Estauroлита



Isógradas

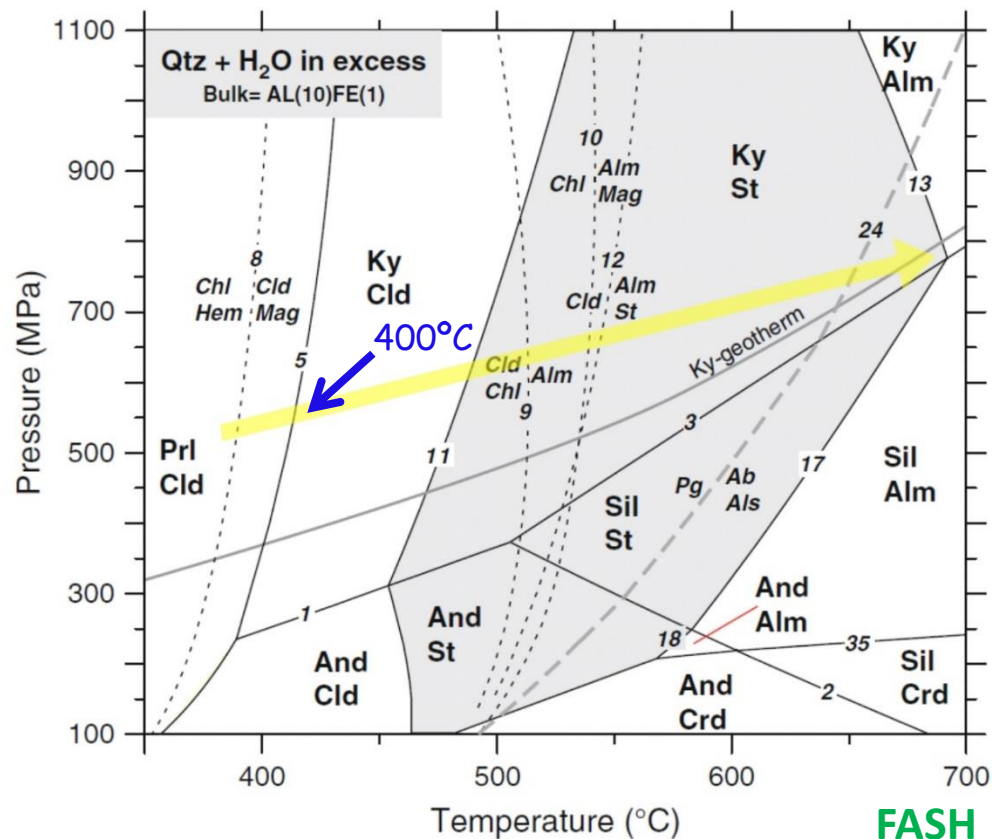
Os pelitos ricos em Al_2O_3 apresentam sequência maior de possíveis isógradas do que a da Escócia (típico barroviano)

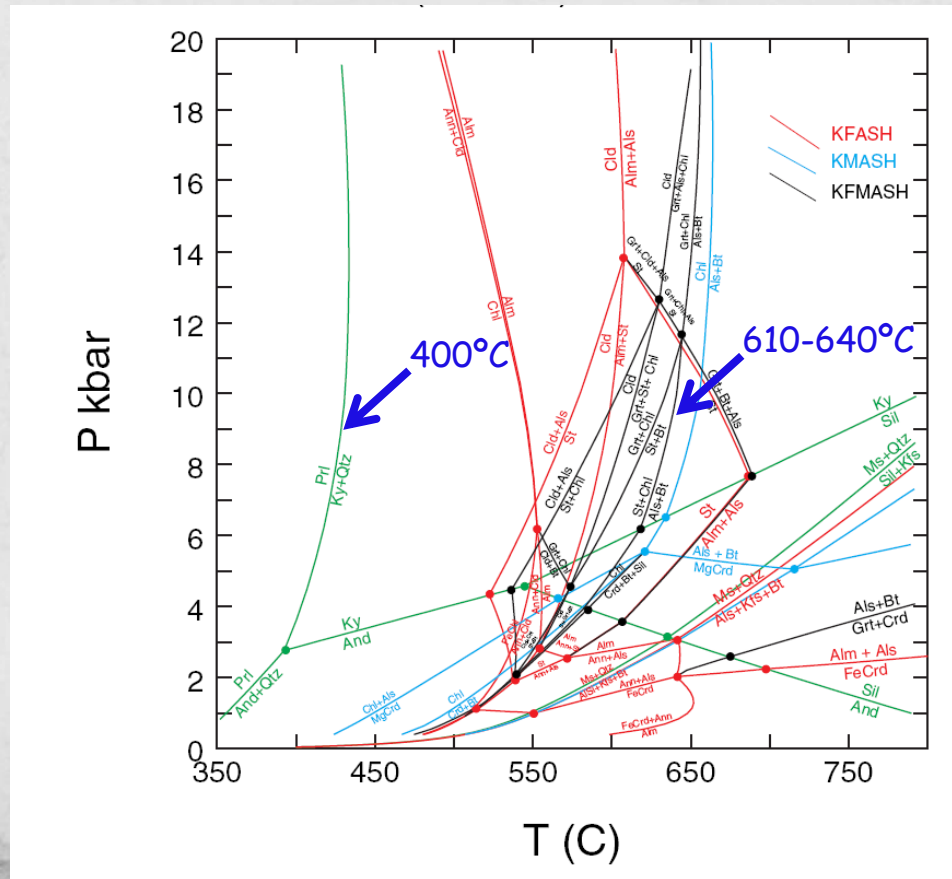
Zona da clorita	Ctd + Chl	Xisto-verde inferior
Zona da biotita	Ctd + Ky + Chl (ou Ky + Ctd ou Ky + Chl)	Xisto-verde intermediário
Zona da granada	Ctd + St + Chl (ou Ctd + Grt + Chl ou St + Ky + Chl)	Anfibolito inferior
	St + Grt + Chl	
Zona da estaurolita	St + Bt + Grt (ou St + Bt + Chl)	Anfibolito intermediário
Zona da cianita	St + Ky + Bt	
Zona da cianita	Ky + Grt + Bt	Anfibolito superior
Zona da sillimanita (1ª isógrada)	Sil + Grt + Bt	
Zona da sillimanita (2ª isógrada)	Sil + Kfs	

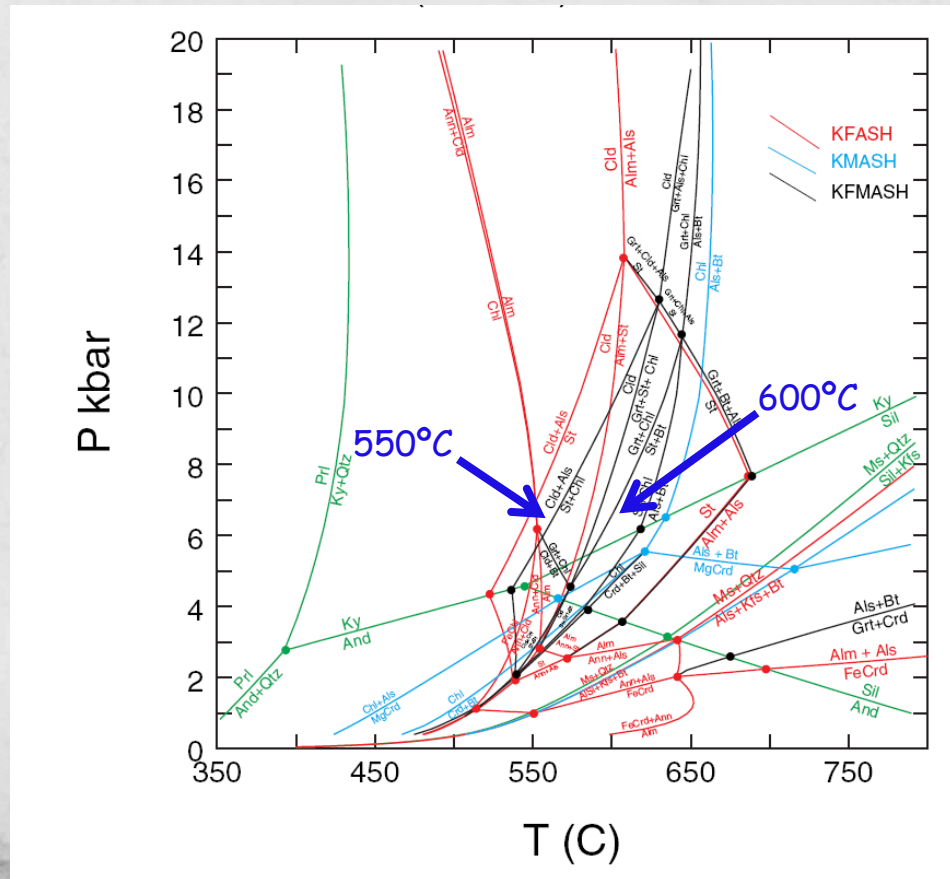
Diferenças marcantes em reação à zonação metamórfica descrita por Barrow

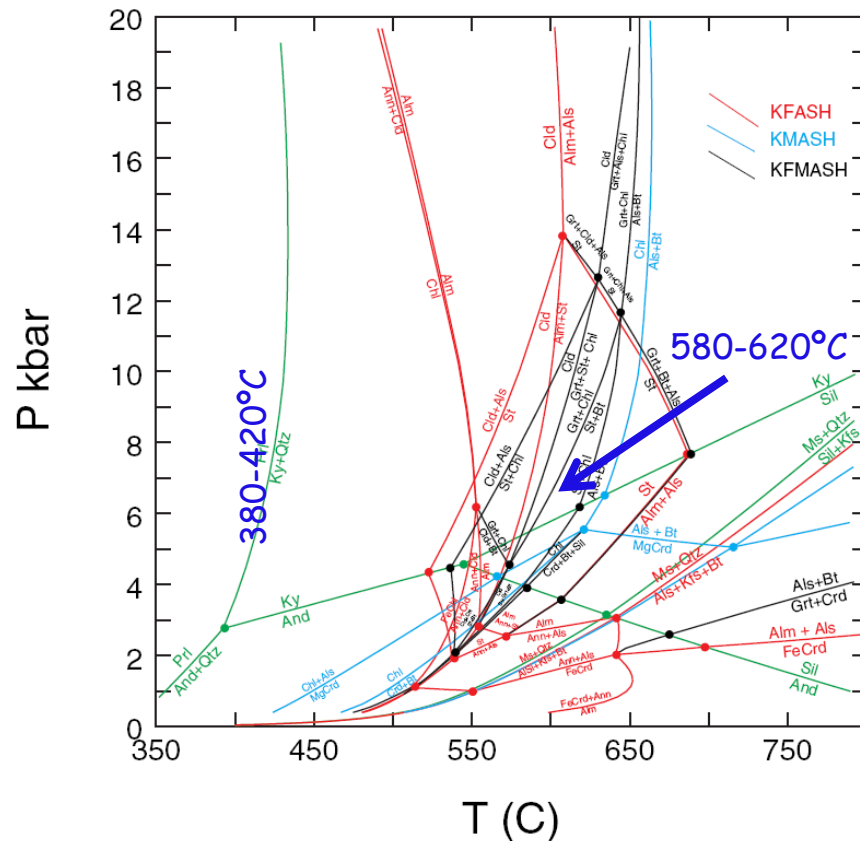
Quando a composição é rica em Al_2O_3 :

1) As rochas têm Cld e Ky em baixa T

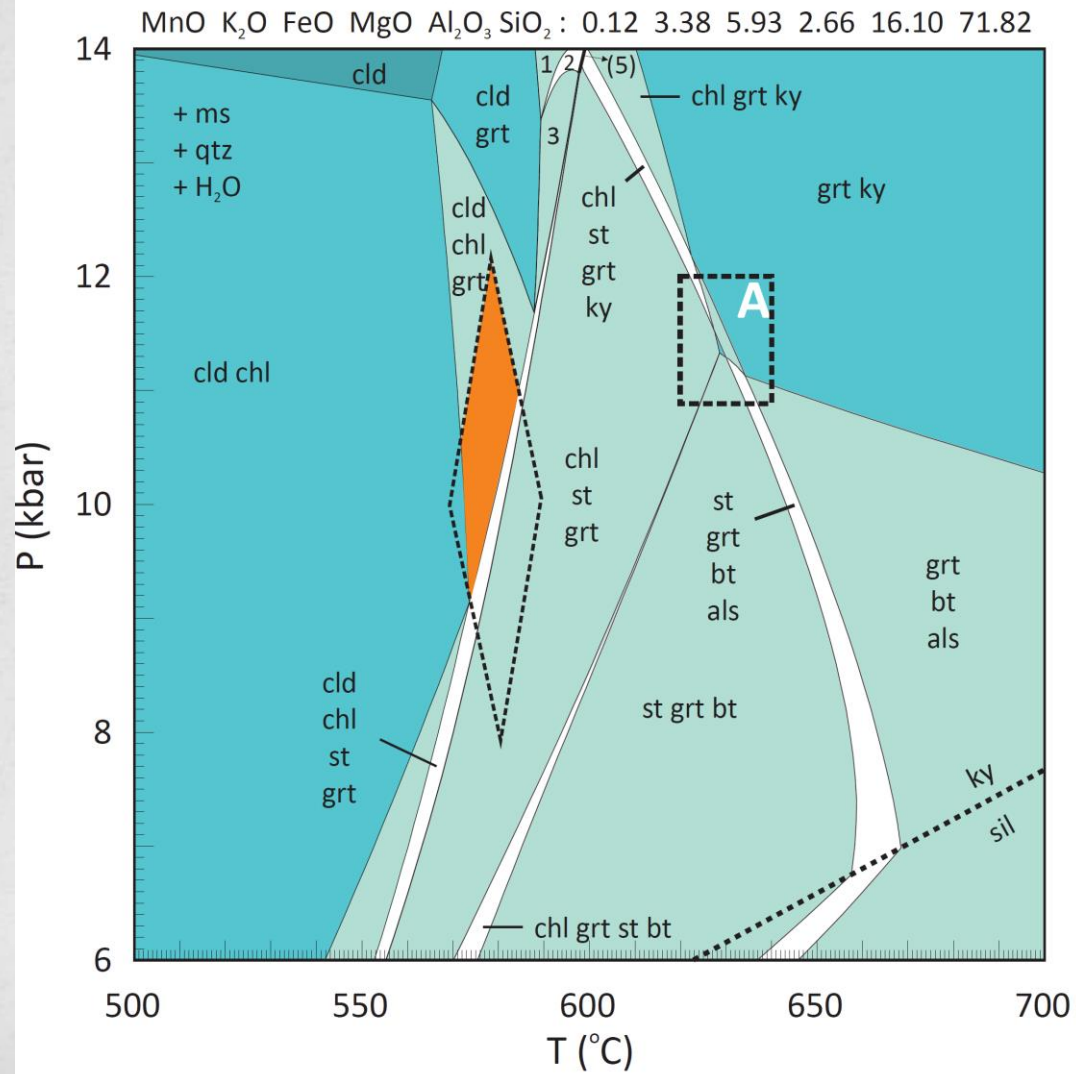




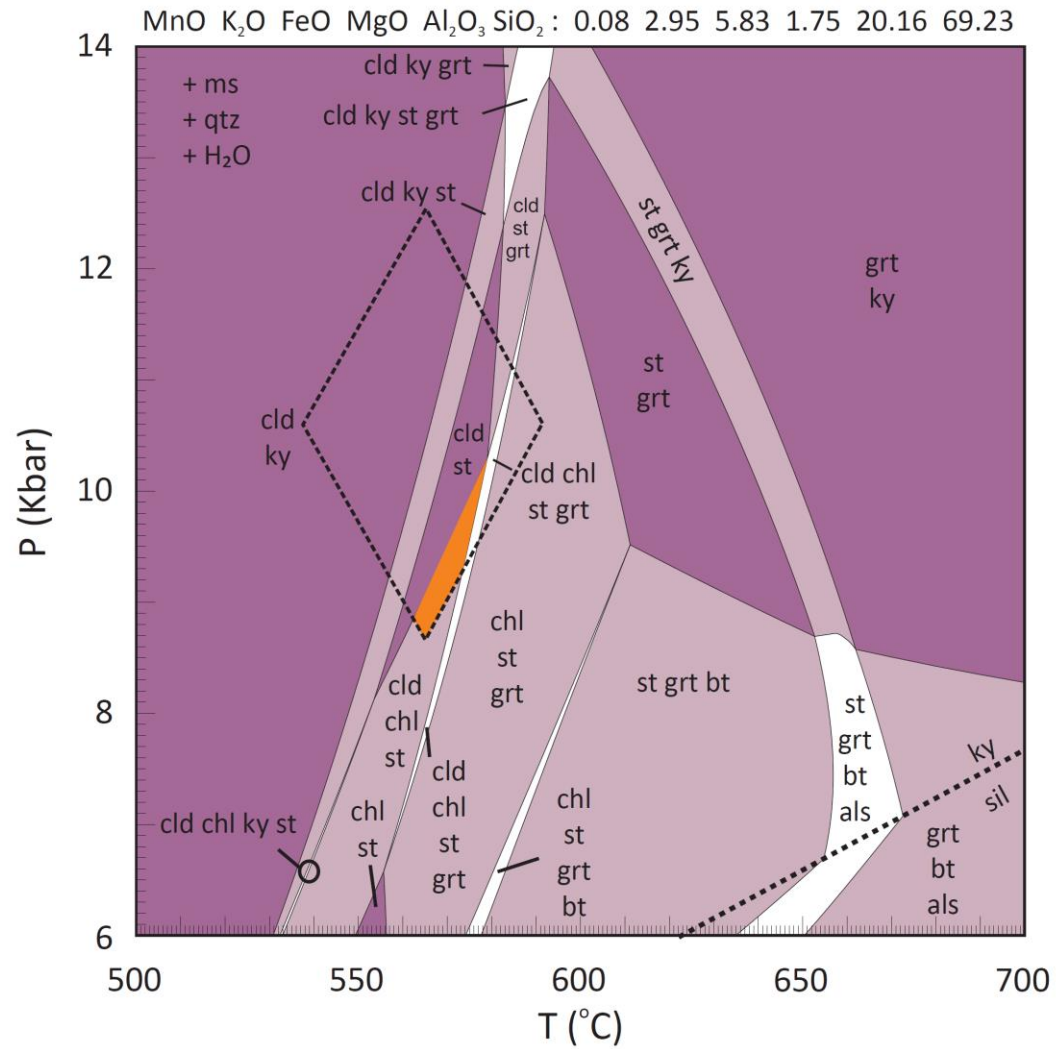




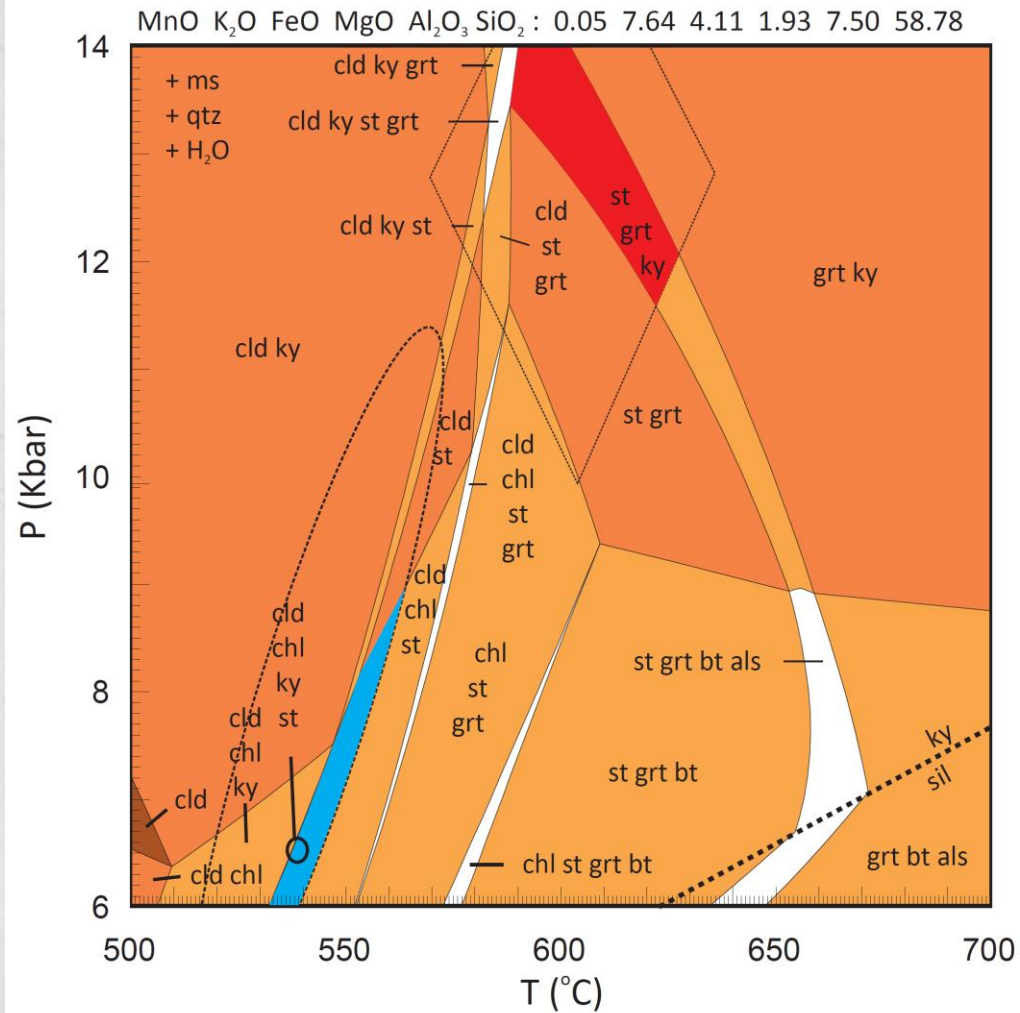
MnKFMASH - sample SC-07
pseudosection + AvPT



MnKFMASH - sample SC08
pseudosection + AvPT



MnKFMASH - sample SC30B
pseudosection + AvPT



Referências Bibliográficas Utilizadas

Bucher, K., Grapes, R., 2011. Petrogenesis of Metamorphic Rocks, 8th Edition. Springer. 428 p.

Faleiros, F.M., 2008. Evolução de Terrenos Tectono-Metamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR). Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 326 p.

Faleiros, F.M., Campanha, G.A.C., Bello, R.M.S., Fuzikawa, K., 2010. Quartz recrystallization regimes, c-axis texture transitions and fluid inclusion reequilibration in a prograde greenschist to amphibolite facies mylonite zone (Ribeira Shear Zone, SE Brazil). Tectonophysics 485: 193-214.

Waters, D. Homepage. <http://www.earth.ox.ac.uk/~davewa/>.

Winter, J.D., 2010. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology, second edition. Prentice Hall. 702 p.

Yardley, B.W.D., 2004. Introdução à Petrologia Metamórfica, 2ª edição, revista. Editora UnB. 434 p.