The background image shows a cave interior with various mineral deposits. On the right, there are prominent, light-colored, fibrous or crystalline structures, possibly gypsum or calcite, hanging from the ceiling. The walls and floor are covered in darker, more textured mineral formations, including what appears to be a large, flat, light-colored surface in the lower right. The lighting is dramatic, highlighting the textures and colors of the cave's mineralogy.

Províncias Geoquímicas

AGG 0201 Geoquímica de Ambientes Superficiais

Andréa Teixeira Ustra

Províncias Geoquímicas x Províncias Metalogenéticas



Áreas relativamente grandes, bem definidas na crosta terrestre e de composição química distinta

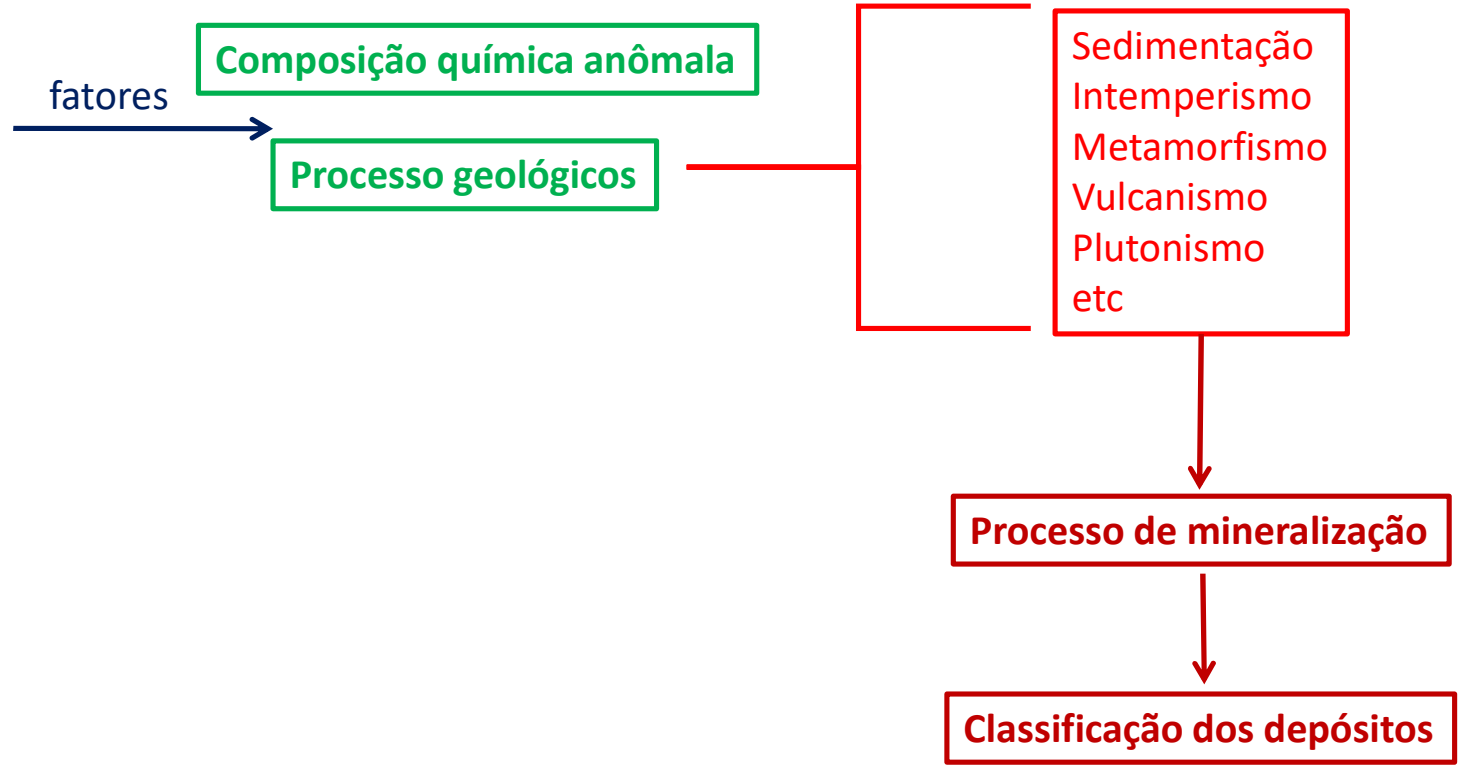


Áreas caracterizadas pela abundância incomum de um certo metal de minério através de um grande segmento da crosta terrestre.

Uma província metalogênica é, simplesmente, uma manifestação de uma província geoquímica.

Recurso mineral: Concentração de material sólido, líquido ou gasoso, de ocorrência natural, dentro ou sobre a crosta terrestre, em tal forma e quantidade que sua extração econômica seja atualmente ou potencialmente viável (USGS, 2020)

Como ocorre o enriquecimento de uma substância mineral num dado local da crosta, gerando um depósito mineral?



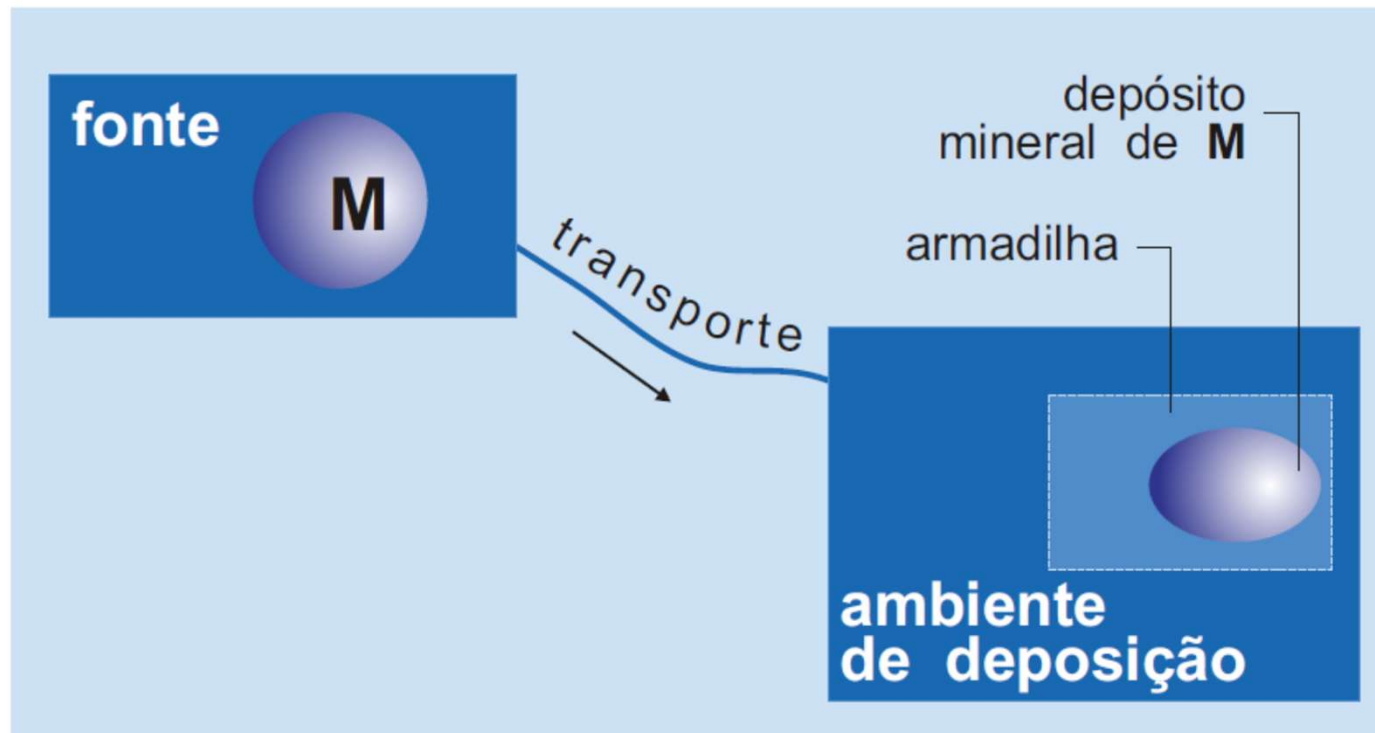


Fig. 21.3 Elementos essenciais de um modelo de geração de um depósito mineral, segundo Routhier, 1980. Usualmente mais de uma fonte pode contribuir com substâncias úteis para o depósito. M = substância útil.

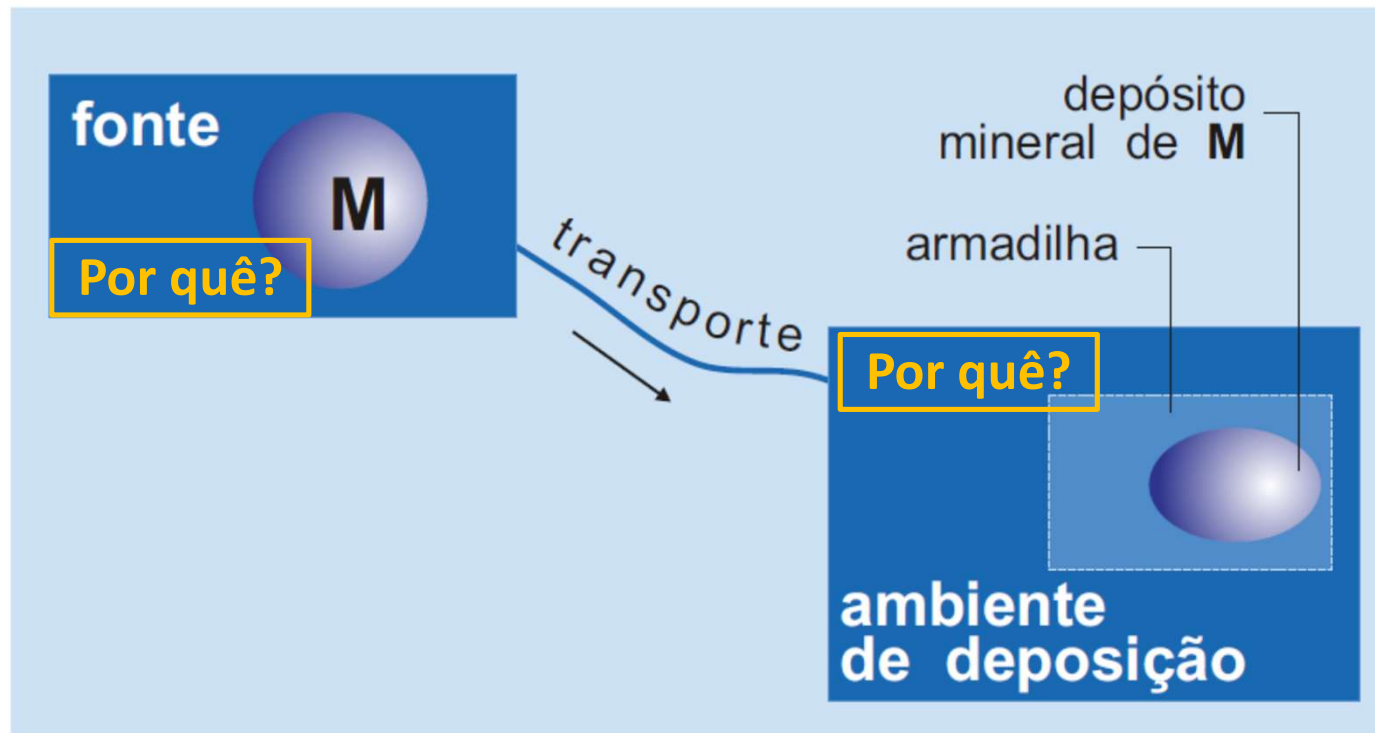


Fig. 21.3 Elementos essenciais de um modelo de geração de um depósito mineral, segundo Routhier, 1980. Usualmente mais de uma fonte pode contribuir com substâncias úteis para o depósito. M = substância útil.

Victor Moritz Goldschmidt



O que governa a
distribuição dos elementos
na Terra?

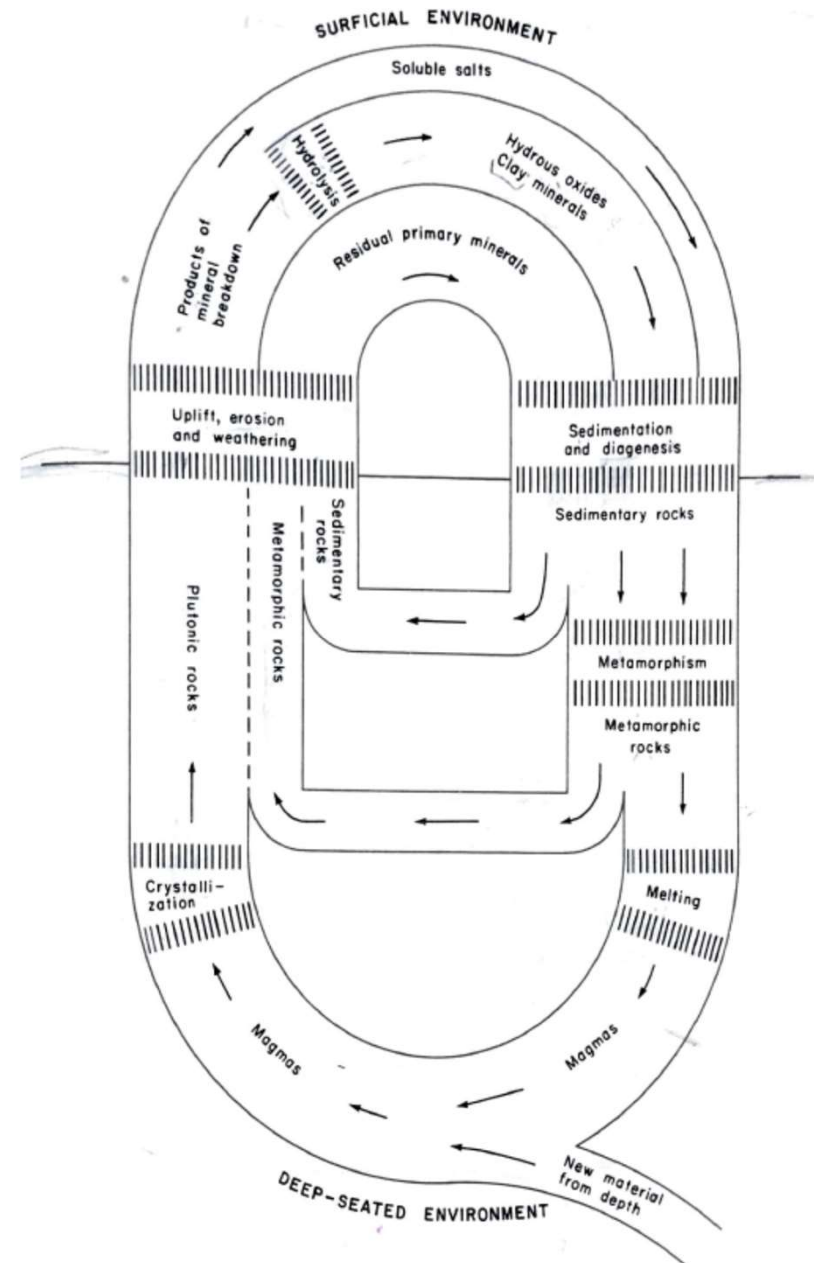
O ciclo geoquímico

Ambiente superficial

Supergênico
Secundário
Exógeno

Ambiente deep-seated (profundo)

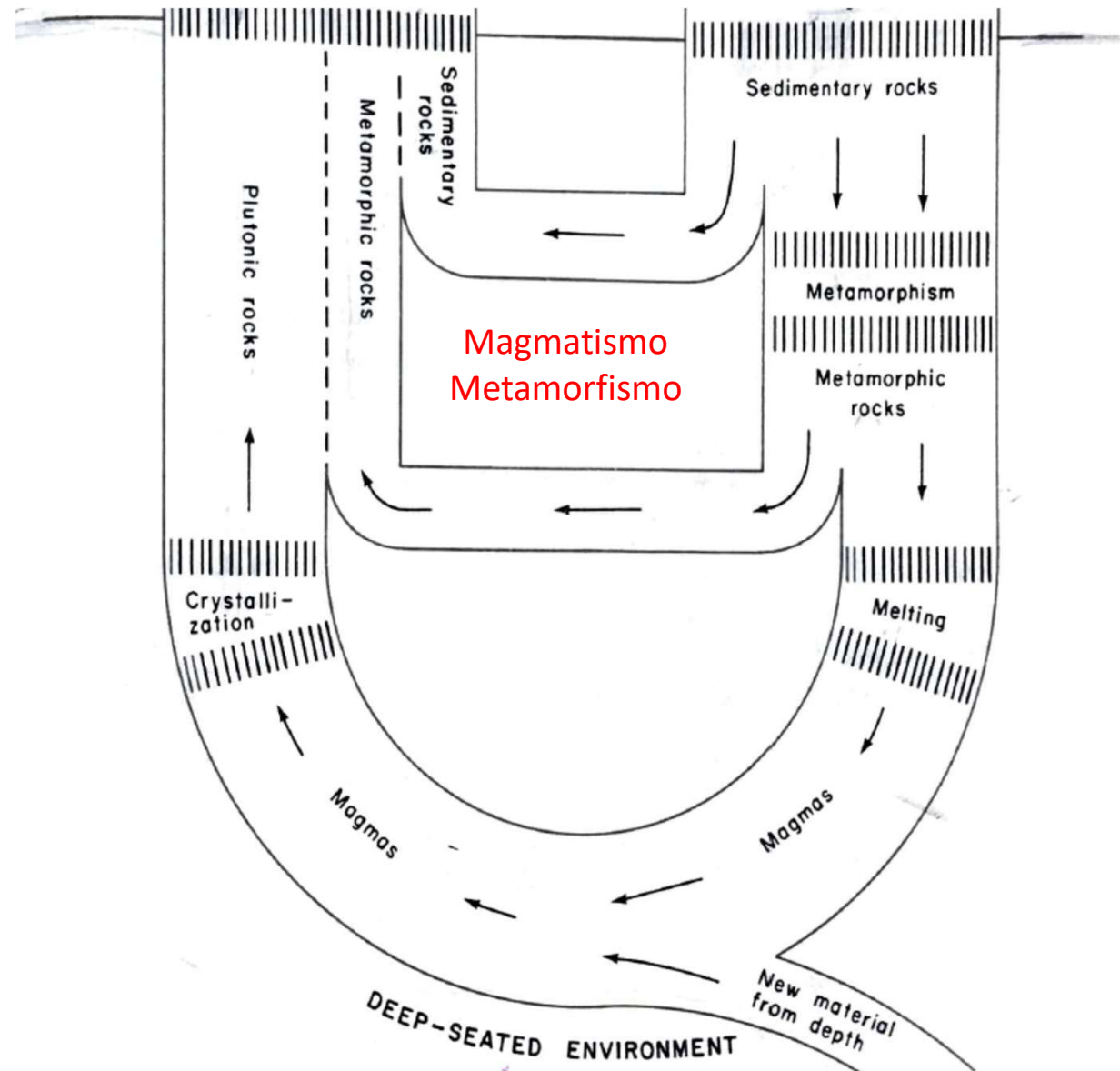
Hipogênico
Primário
Endógeno



**Ambiente deep-seated
(profundo)**

Hipogênico
Primário
Endógeno

Alta temperatura
Alta pressão
Pouco oxigênio

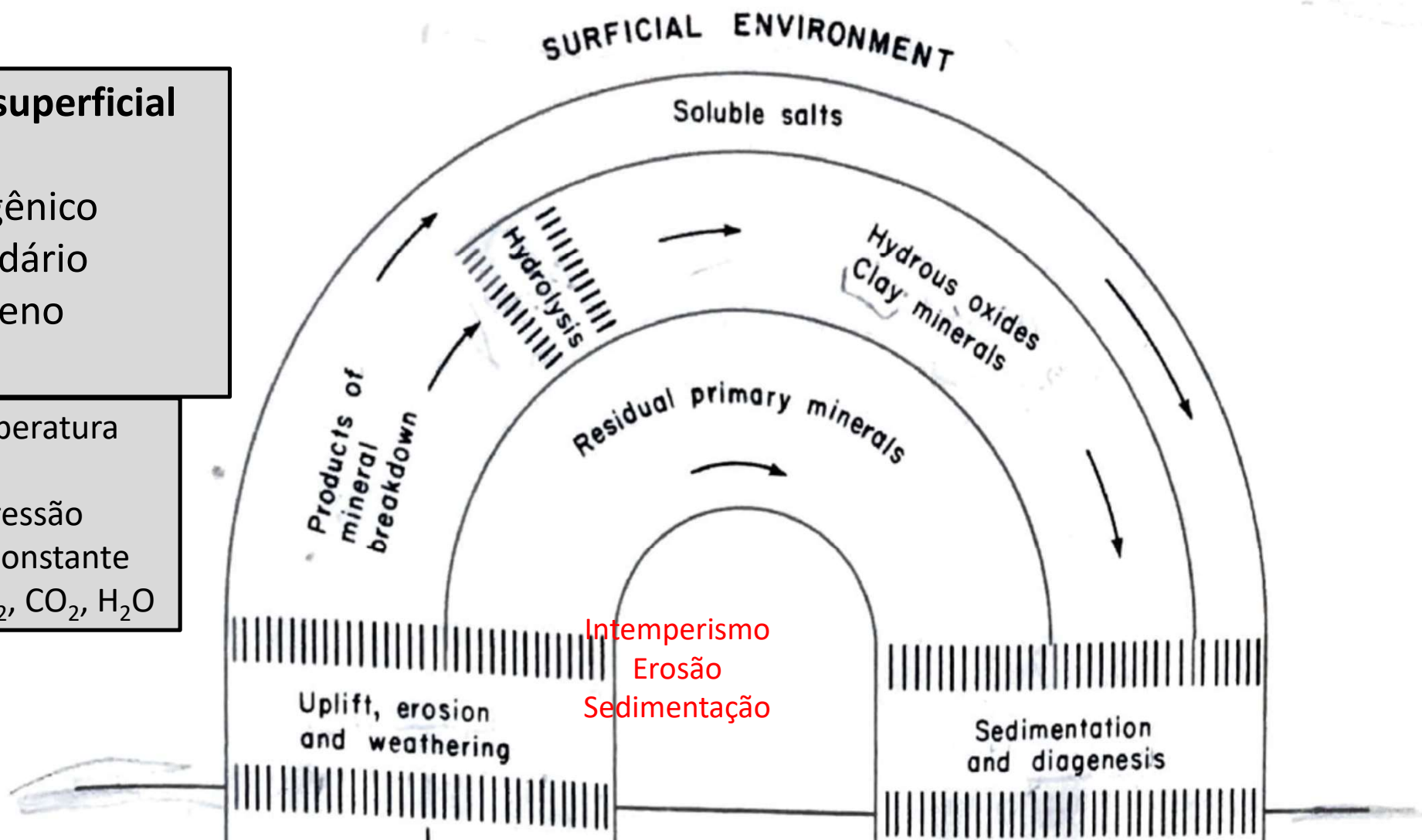


Ambiente superficial

Supergênico
Secundário
Exógeno

Baixa temperatura

Baixa pressão
Pressão ~ constante
Circulação O_2 , CO_2 , H_2O



Dispersão Geoquímica

Ambiente

Profundo – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas profundas

Superficial – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas superficiais

Dispersão Geoquímica

Ambiente

Profundo – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas profundas

Superficial – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas superficiais

Estágio

Primária – processos durante a formação do depósito

Secundária – redistribuição das feições primárias

Dispersão Geoquímica

Ambiente

Profundo – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas profundas

Superficial – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas superficiais

Estágio

Primária – processos durante a formação do depósito

Secundária – redistribuição das feições primárias

Estágio	Ambiente	
	Profundo	Superficial
Hipogênico/Primário	Difusão de metais nas encaixantes da mineralização durante a deposição do minério	Precipitação de traços de metais no assoalho oceânico próximo de depósitos vulcanogênicos
Supergênico/Secundário	Difusão de metais desde o depósito mineral submetido a metamorfismo	Intemperismo de corpo de minério sulfetado

O que controla os processos de dispersão?

Propriedades químicas

Doadores de elétrons

x

Receptores de elétrons

Metais

x

Não-metais

Caráter metálico e não-metálico de dois elementos vai determinar a sua interação:
doação, recepção, compartilhamento



Propriedades físicas e químicas

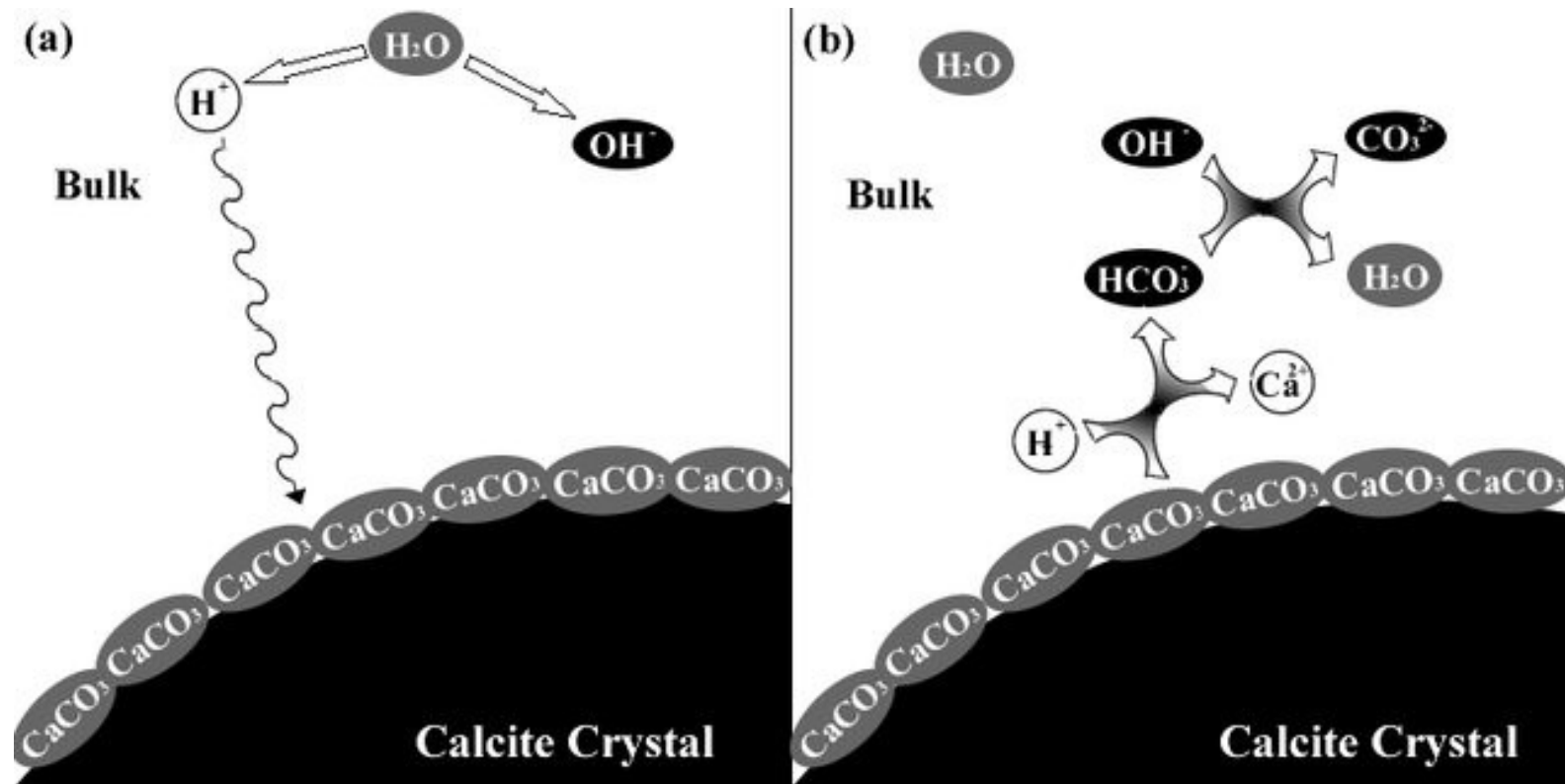
Ligação iônica – elétrons são transferidos (ocorre quando os elementos tem \neq caráter metálico/não-metálico)

Ligação covalente – elétrons são compartilhados (ocorre quando os elementos tem \approx caráter metálico/não-metálico)

Elétrons nunca são completamente transferidos ou compartilhados, exceto em moléculas diatômicas como H_2 , O_2 , ou N_2 que são verdadeiramente covalentes

Água consegue dissolver sólidos iônicos porque os dissocia em íons

As ligações covalentes não são dissociadas em água ou em qualquer solvente polar



(a) Dissociação de H^+ da molécula de água; (b) Formação de íons de cálcio e carbonato (Zhu, 2012)

O que governa a distribuição dos elementos?

(1) Íons de um elemento podem ser substituídos por outros em um retículo cristalino, se a diferença entre o seu raio iônico for menor do que 15%.

(2) Íons com cargas diferentes em uma unidade podem ser substituídos, desde que a neutralidade elétrica do cristal seja mantida.

(3) Na competição entre dois íons, aquele com raio menor vai preferencialmente entrar no retículo.

(4) Na competição entre dois íons com raios similares, o íon com maior carga vai preferencialmente entrar no retículo.

Regras de substituição
de Goldschmidt

Regras de substituição de Goldschmidt

Prevê substituições de elementos majoritários por elementos-traço nos minerais

Explica a diversidade mineral

Exemplo:

Al^{3+} substitui Si^{4+} em silicatos

Precisa balancear a carga

Introdução de outros cations = substituição acoplada → feldspatos

Diversidade mineral - e quanto as fases
líquidas e gasosas?

3 líquidos imiscíveis que se segregam em camadas
pelas suas densidades: Fe, sulfetos e silicatos

Classificação geoquímica dos elementos de Goldschmidt

Litófilo: procuram a fase sílica
(manto, crosta)

Siderófilo: procuram a fase
metálica (núcleo)

Calcófilo: procuram a fase sulfídica
(núcleo)

Atmófilo: voláteis (atmosfera,
hidrosfera)

Siderófilos	Calcófilos	Litófilos	Atmófilos
Fe, Co, Ni Ru, Rh, Pd Os, Ir, Pt Au, Re, Mo Ge, Sn C, P (Pb, As, W)	Cu, Ag Zn, Cd, Hg Ga, In, Tl (Ge), (Sn) Pb As, Sb, Bi S, Se, Te (Fe), (Mo), (Cr)	Li, Na, K, Rb, Cs Be, Mg, Ca, Sr, Ba B, Al, Sc, Y ETR (C), Si, Ti, Zr, Hf, Th (P), V, Nb, Ta O, Cr, W, U (H), F, Cl, Br, I (Tl), (Ga), (Ge) (Fe), Mn	H, He, Ar Kr, Xe, Rn N

Licht, 1998. Prospecção geoquímica: Princípios, técnicas e métodos. CPRM

Eficiente para explicar a distribuição dos elementos-traço e menores, em minerais e rochas ígneas

Goldschmidt's Classification

GROUP	IA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	—VIII B—		IB	IIB	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac															

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Nu	Pu									



Lithophile



Siderophile



Chalcophile



Atmophile

O que acontece nos processos de dispersão?

Associações Plutônicas	
Rochas ultramáficas	Cr, Co, Ni, Cu
Rochas máficas	Ti, V, Sc
Rochas alcalinas	Ti, Nb, Ta, Zr, ETR, F, P
Carbonatitos	ETR, Ti, Nb, Ta, P, F
Rochas graníticas	Ba, Li, W, Mn, Sn, Zr, Hf, U, Th, Ti
Pegmatitos	Li, Rb, Cs, Be, ETR, Nb, Ta, U, Th, Zr, Hf
Mineralizações Hidrotermais	
Depósitos de Cu-pórfiro	Cu, Mo, Re
Sulfetos complexos	Hg, As, Sb, Se, Ag, Zn, Cd, Pb
Sulfetos de baixa temperatura	Bi, Sb, As
Metais básicos	Pb, Zn, Cd, Ba
Metais preciosos	Au, Ag, Cu, Co, As
Metais preciosos (ultramáficas)	Ni, Cu, Pt, Co
Metamorfismo de Contato	
Scheelita-cassiterita	W, Sn, Mo
Fluorita-helvita	Be, F, B
Associações Sedimentares	
Folhelhos negros	U, Cu, Pb, Zn, Cd, Ag, Au, V, Mo, Ni, As
Fosforitas	U, V, Mo, Ni, Ag, Pb, F, ETR
Evaporitos	Li, Rb, Cs, Sr, Br, I, B
Lateritas	Ni, Cr, óxidos de Mn, Co, W, As, Ba, P, Nb, Ti, ETR
<i>Red beds</i> continentais	U, V, Se, As, Mo, Cu, Pb
<i>Red beds</i> vulcanogênicos	Cu, Pb, Zn, Ag, V, Se
Bauxita	Nb, Ti, Ga, Be, Zn

Licht, 1998. Prospecção geoquímica: Princípios, técnicas e métodos. CPRM

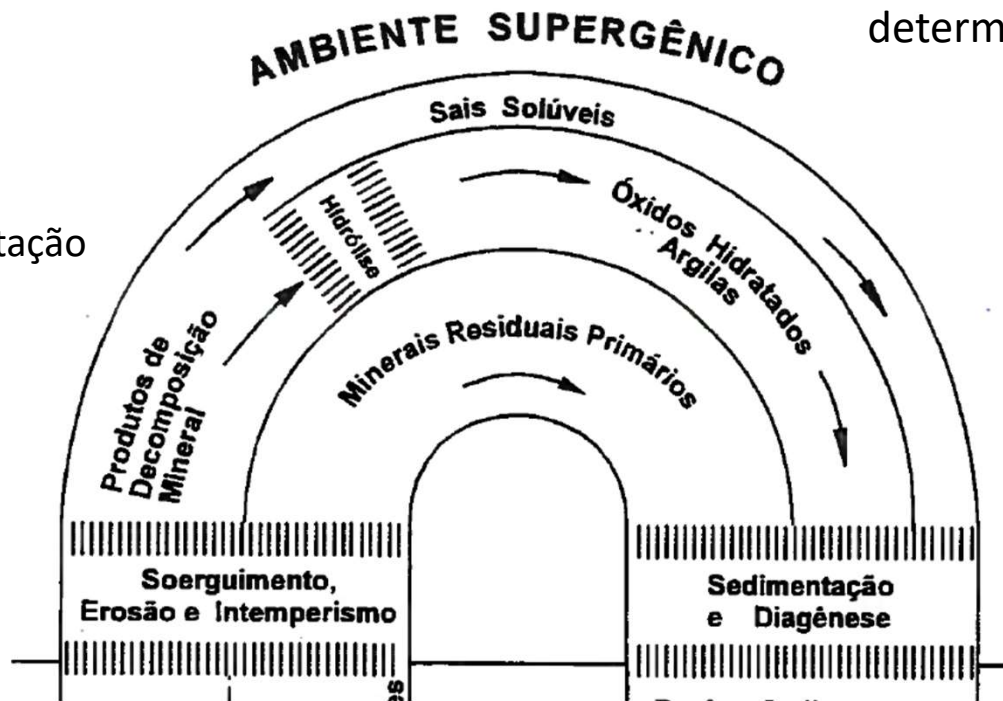
Elementos indicadores e farejadores de depósitos minerais

Elementos farejadores	Tipo de depósito
As	Au; Ag; filonianos
As	Au-Ag-Co-Cu-Zn; sulfetos complexos
B	W-Be-Zn-Mo-Cu-Pb; <i>skarn</i>
B	Sn-W-Be; veios ou <i>graisen</i>
Hg	Pb-Zn-Ag; sulfetos complexos
Mo	W-Sn; metamorfismo de contato
Se, V, Mo	U; sedimentar
Pd, Cr, Cu, Ni, Co	Platina e platinóides nas ultramáficas
Zn	Ag-Pb-Zn; sulfetos em geral
Zn, Cu	Cu-Pb-Zn; sulfetos em geral
Rn (água e gás do solo)	U; todos os tipos
SO ₄ ²⁻ (água)	sulfetos de todos os tipos

Tipo de depósito	Elementos	
	Maiores	Associados
Depósitos magmáticos		
Cromita tipo Bushweld	Cr	Ni, Fe, Mg
Magnetita estratificada tipo Bushweld	Fe	V, Ti, P
Sulfetos Cu-Ni tipo Sudbury	Cu, Ni, S	Pt, Co, As, Au
Pt-Ni-Co estratificados tipo Bushweld	Pt, Ni, Cu	Cr, Co, S
Óxidos Fe-Ti tipo Allard Lake	Fe, Ti	P
Carbonatitos a Nb-Ta (Oka)	Nb, Ta	Na, Zr, P
Pegmatitos de metais raros	Be, Li, Cs, Rb	B, U, Th, ETR
Depósitos hidrotermais		
Cobre pórfiro (Bingham)	Cu, S	Mo, Au, Ag, Re, As, Pb, Zn, K
Cobre pórfiro (Climax)	Mo, S	W, Sn, F, Cu
Skarn a magnetita (Iron Springs)	Fe	Cu, Co, S
Skarn a cobre (Yerington)	Cu, Fe, S	Au, Ag
Skarn a Pb-Zn (Hanover)	Pb, Zn, S	Cu, Co
Skarn a W-Mo-Sn (Bishop)	W, Mo, Sn	F, S, Cu, Be, Bi
Veios de metais-base	Pb, Zn, Cu, S	Ag, Au, As, Sb, Mn
Graisens a Sn-W	Sn, W	Cu, Mo, Bi, Li, Rb, Si, Cs, Re, F, B
Veio Sn-sulfeto	Sn, S	Cu, Pb, Zn, Ag, Sb
Veio Co-Ni-Ag (Cobalt)	Co, Ni, Ag, S	As, Sb, Bi, U
Metais preciosos epitermais	Au, Ag	Sb, As, Hg, Te, Se, S, U
Mercúrio	Hg, S	Sb, As
Veios uraníferos	U	Mo, Pb, F
Cobre em basalto (Lake Superior)	Cu	Ag, As, S
Sulfeto maciço de Cu vulcanogênico	Cu, S	Zn, Au
Sulfeto maciço de Cu-Zn-Pb vulcanogênico	Zn, Pb, Cu, S	Ag, Ba, Au, As
Formações ferríferas ricas em Au-As	Au, As, S	Sb
Pb-Zn tipo Mississippi Valley	Zn, Pb, S	Ba, F, Cd, Cu, Ni, Co, Hg
Fluorita tipo Mississippi Valley	F	Ba, Pb, Zn
Urânio tipo arenito	U	Se, Mo, V, Cu, Pb
Cu em <i>red beds</i>	Cu, S	Ag, Pb
Urânio em calccrete	U	V
Tipos sedimentares		
Folhelho cuprífero (Kupferschiefer)	Cu, S	Ag, Zn, Pb, Co, Ni, Cd, Hg
Arenito cuprífero	Cu, S	Ag, Co, Ni

Movimento de íons e partículas para diferentes ambientes geoquímicos

Atuação de agentes mecânicos (injeção de magmas, movimentação de águas...)



Frações mais móveis abandonam o ambiente hospedeiro original sob determinadas condições físico-químicas.

No novo ambiente, parte do material introduzido pode se depositar em virtude das novas condições de equilíbrio do sistema.

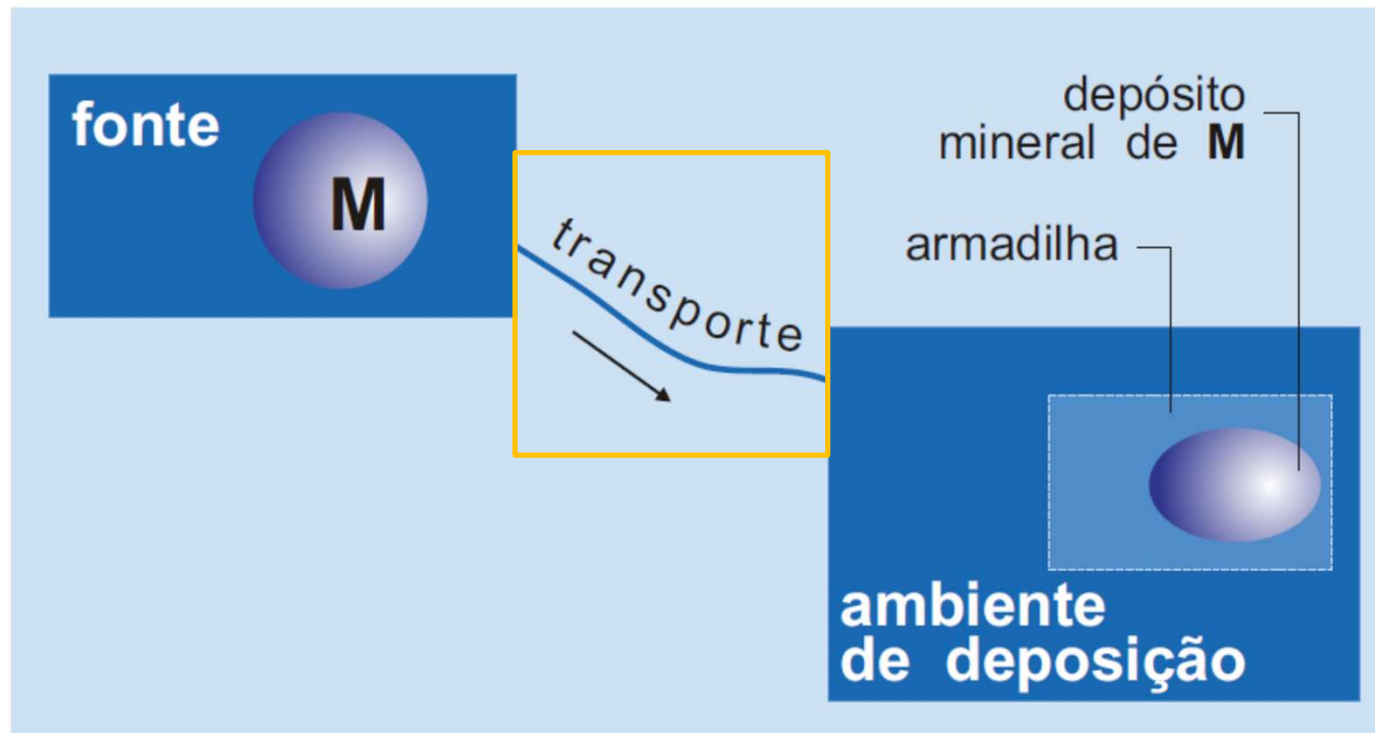


Fig. 21.3 Elementos essenciais de um modelo de geração de um depósito mineral, segundo Routhier, 1980. Usualmente mais de uma fonte pode contribuir com substâncias úteis para o depósito. M = substância útil.

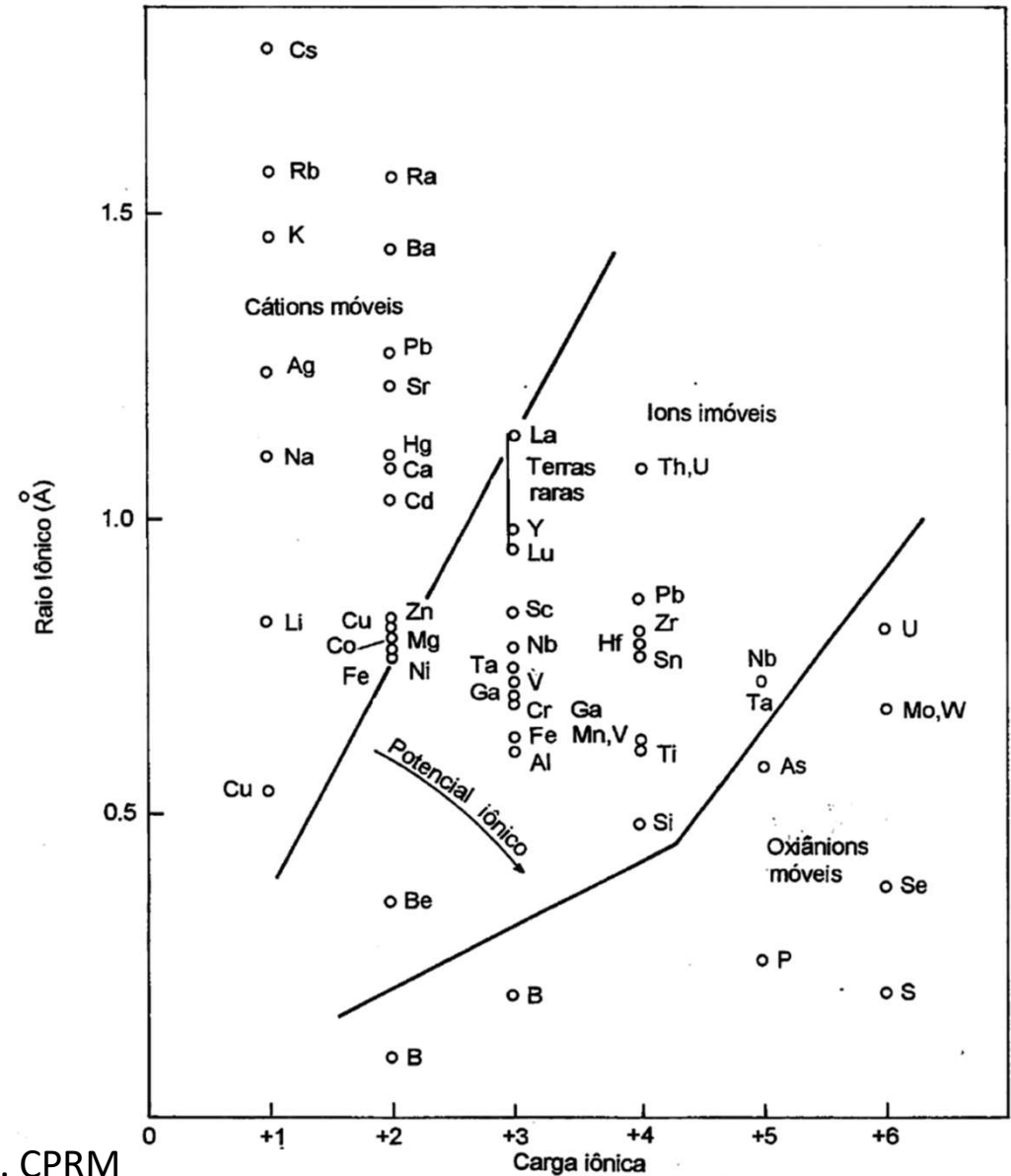
Mobilidade no ambiente superficial

Potencial iônico = carga iônica/Raio iônico

Baixo $Z/r < 3$ os elementos são móveis e transportados em solução durante o Intemperismo; Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} .

Intermediário $Z/r \geq 3$ e ≤ 12 os elementos são imóveis e precipitam por hidrólise; Al, Ce, Ti.

Alto $Z/r > 12$ Ânions complexos com radicais muito solúveis e móveis; PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , MoO_4^{-2}



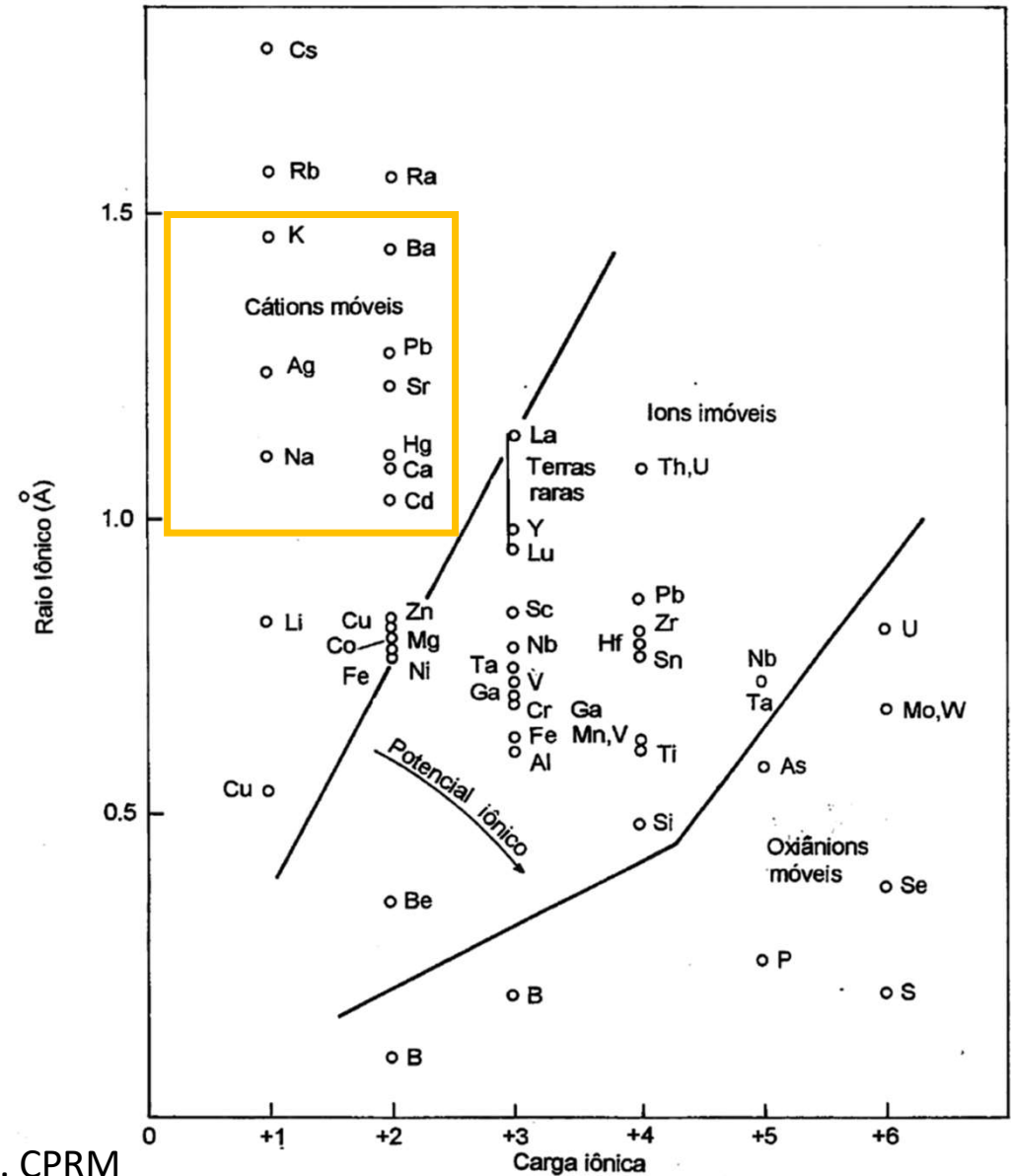
Mobilidade no ambiente superficial

Potencial iônico = carga iônica/Raio iônico

Baixo $Z/r < 3$ os elementos são móveis e transportados em solução durante o Intemperismo; Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺.

Intermediário $Z/r \geq 3$ e ≤ 12 os elementos são imóveis e precipitam por hidrólise; Al, Ce, Ti.

Alto $Z/r > 12$ Ânions complexos com radicais muito solúveis e móveis; PO₄⁻³, SO₄⁻², MoO₄⁻²



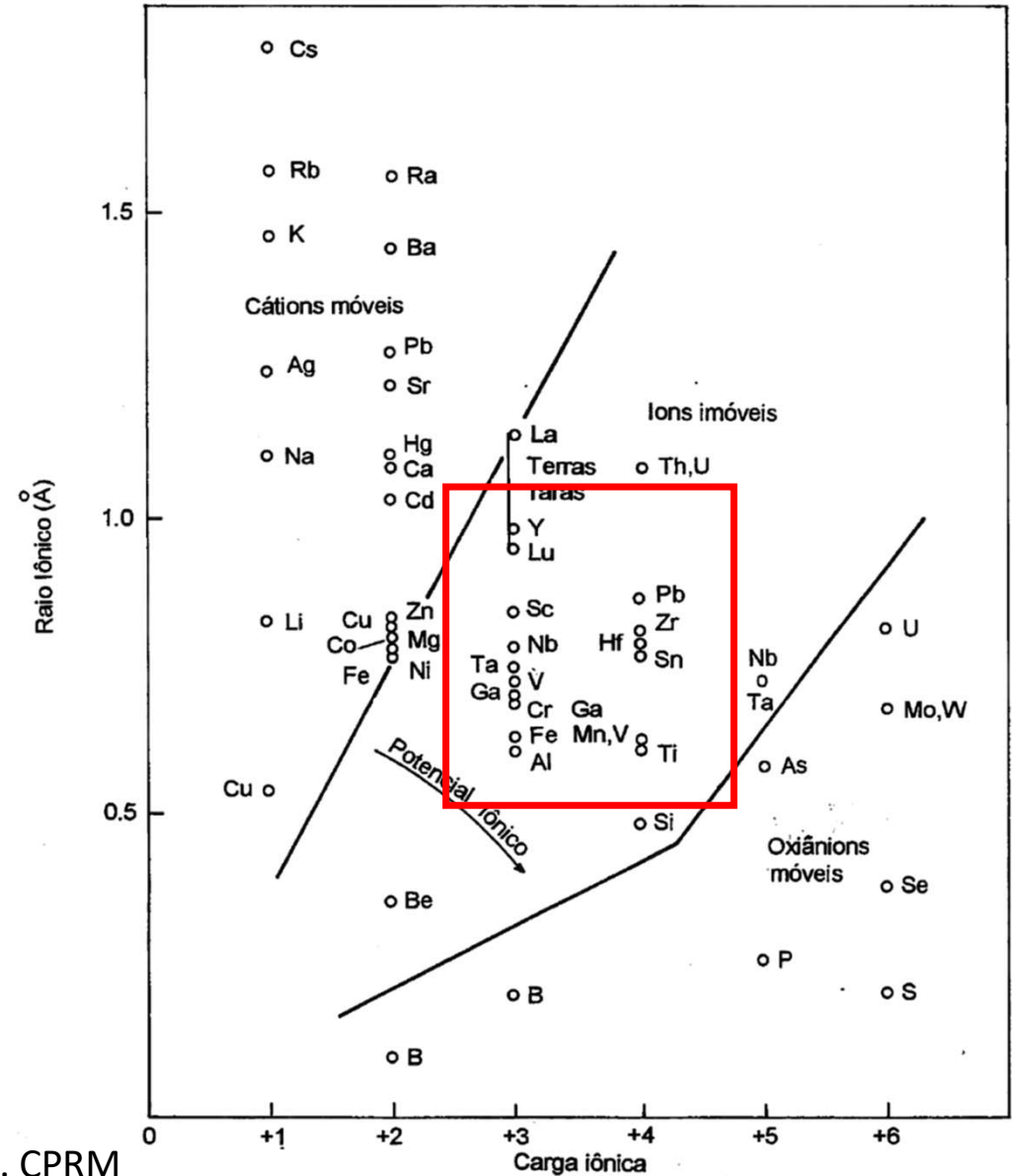
Mobilidade no ambiente superficial

Potencial iônico = carga iônica/Raio iônico

Baixo $Z/r < 3$ os elementos são móveis e transportados em solução durante o Intemperismo; Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} .

Intermediário $Z/r \geq 3$ e ≤ 12 os elementos são imóveis e precipitam por hidrólise; Al, Ce, Ti.

Alto $Z/r > 12$ Ânions complexos com radicais muito solúveis e móveis; PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , MoO_4^{-2}



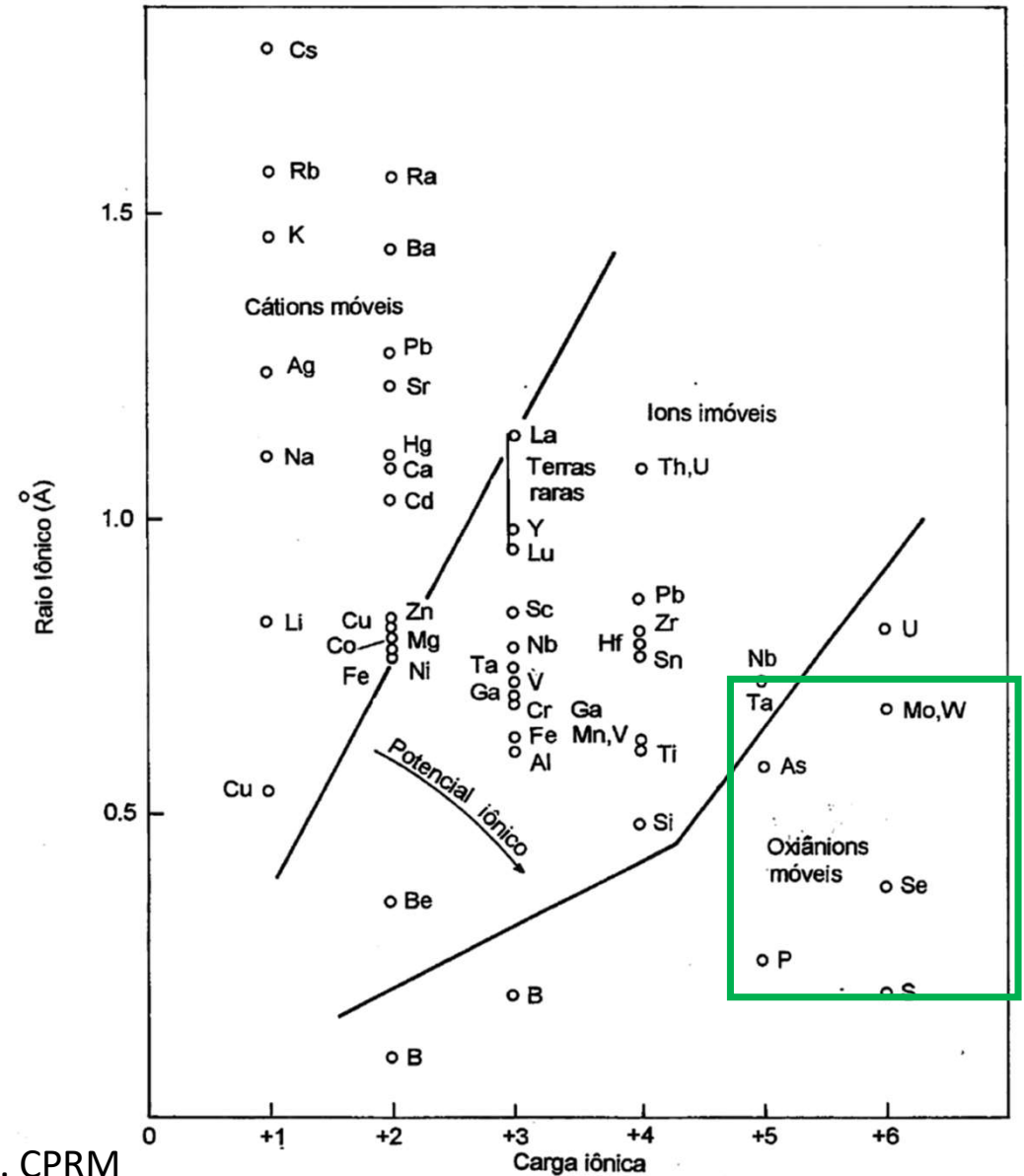
Mobilidade no ambiente superficial

Potencial iônico = carga iônica/Raio iônico

Baixo $Z/r < 3$ os elementos são móveis e transportados em solução durante o Intemperismo; Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} .

Intermediário $Z/r \geq 3$ e ≤ 12 os elementos são imóveis e precipitam por hidrólise; Al, Ce, Ti.

Alto $Z/r > 12$ Ânions complexos com radicais muito solúveis e móveis; PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , MoO_4^{-2}



Mobilidade relativa	Condições Ambientais		
	pH 5 - 8	pH < 4	Redutoras
Altamente móveis	Cl, Br, I, S, Rn, He, C, N, Mo, B	Cl, Br, I, S, Rn, He, C, N, B	Cl, Br, I, Rn, He
Moderadamente móveis	Ca, Na, Mg, Li, F, Zn, Ag, U, As, (Sr, Hg, Sb?)	Ca, Na, Mg, Sr, Hg, Cu, Ag, Co, Li, F, Zn, Cd, Ni, U, V, As, Mn, P	Ca, Na, Mg, Li, Sr, Ba, Ra, F, Mn
Pouco móveis	K, Rb, Ba, Mn, Si, Ge, P, Pb, Cu, Ni, Co, (Cd, Be, Ra, In, W)	K, Rb, Ba, Si, Ge, Ra	K, Rb, P, Si, Fe
Muito pouco móveis	Fe, Al, Ga, Sc, Ti, Zr, Hf, Th, Sn, ETR, Platinóides, Au, (Cr, Nb, Ta, Bi, Cs?)	Fe, Al, Ga, Sc, Ti, Zr, Hf, Th, Sn, ETR, Platinóides, Au, As, Mo, Se	Fe, Al, Ga, Ti, Hf, Th, Sn, ETR, Platinóides, Au, Cu, Ag, Pb, Zn, Cd, Hg, Ni, Co, As, Sb, Bi, U, V, Se, Te, Mo, In, Cr, Nb, Ta

Licht, 1998. Prospecção geoquímica: Princípios, técnicas e métodos. CPRM

Dispersão Geoquímica

Ambiente

Profundo – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas profundas

Superficial – canais e locais de migração e redeposição = fissuras e espaços intergranulares de rochas superficiais

Estágio

Primária – processos durante a formação do depósito

Secundária – redistribuição das feições primárias

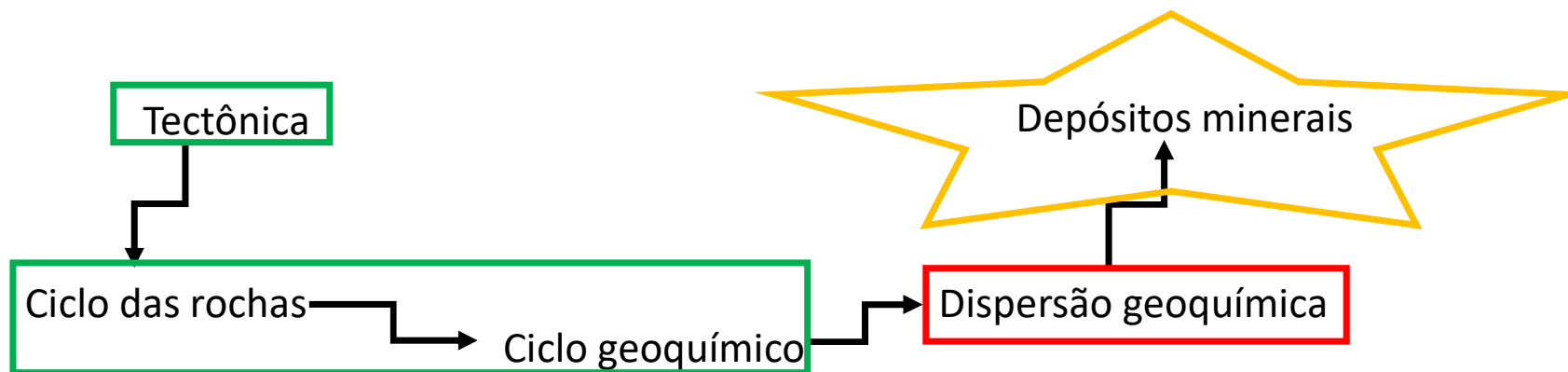
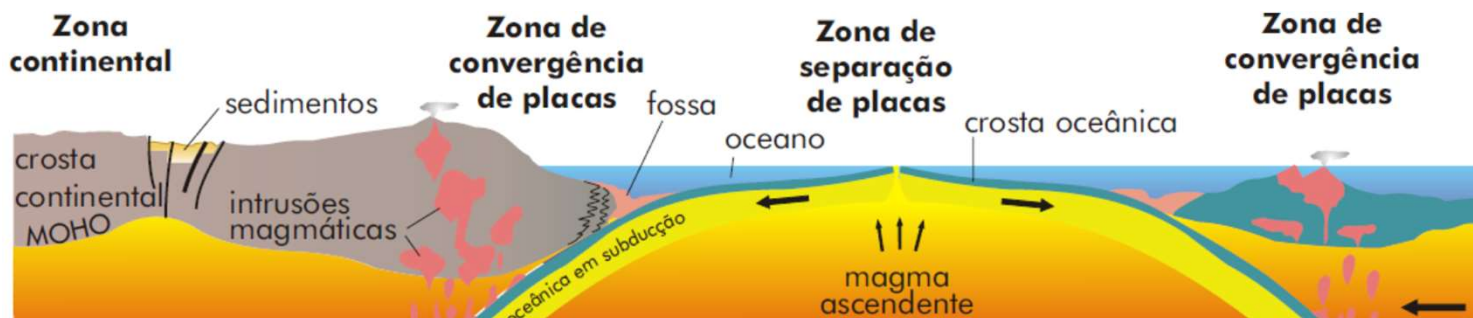


Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais frequentemente associados a ambientes da tectônica global.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Principais tipo genéticos de depósitos minerais

Depósitos exógenos (interface litosfera/hidrosfera/atmosfera/biosfera)

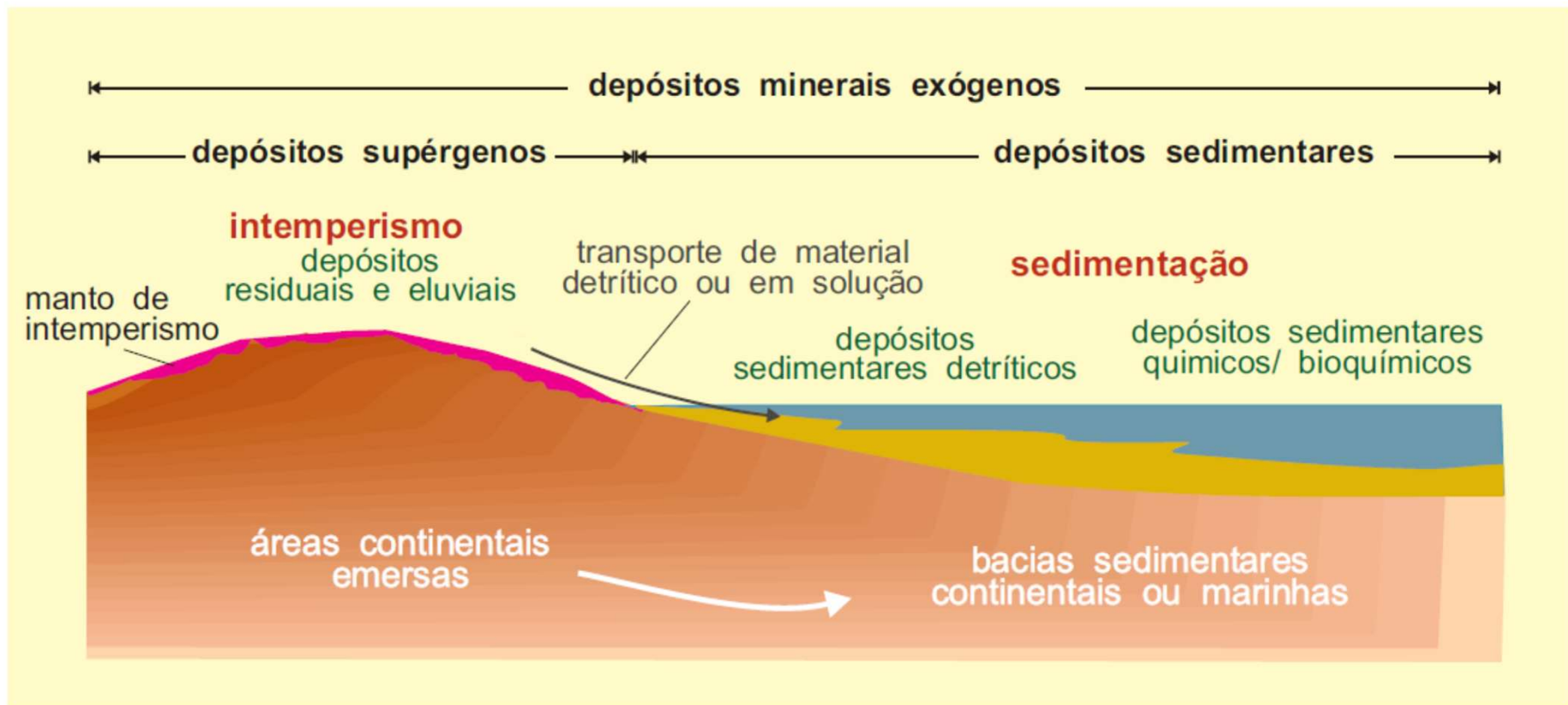


Fig. 21.13 Alguns tipos de depósitos minerais exógenos (formados junto à superfície terrestre), dependentes do intemperismo e da sedimentação.

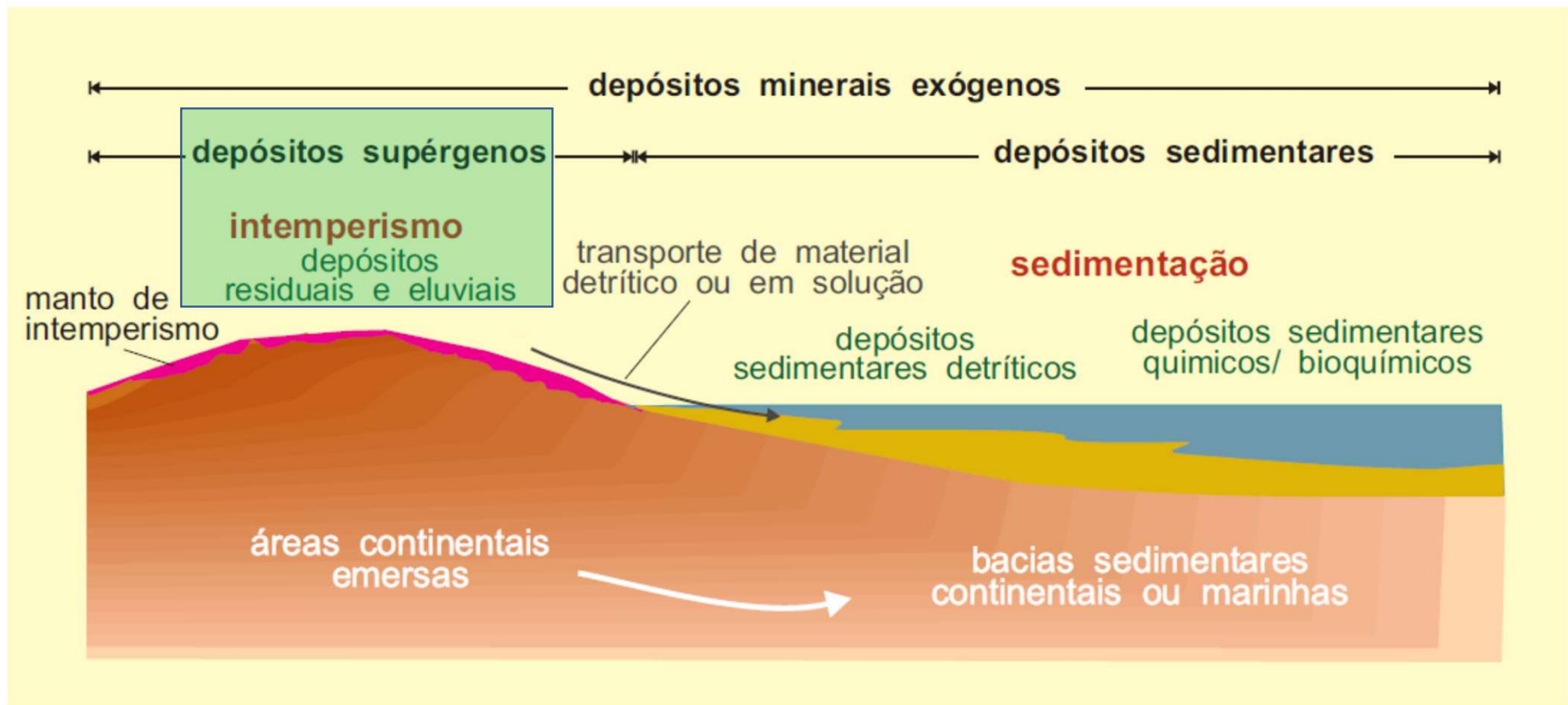


Fig. 21.13 Alguns tipos de depósitos minerais exógenos (formados junto à superfície terrestre), dependentes do intemperismo e da sedimentação.

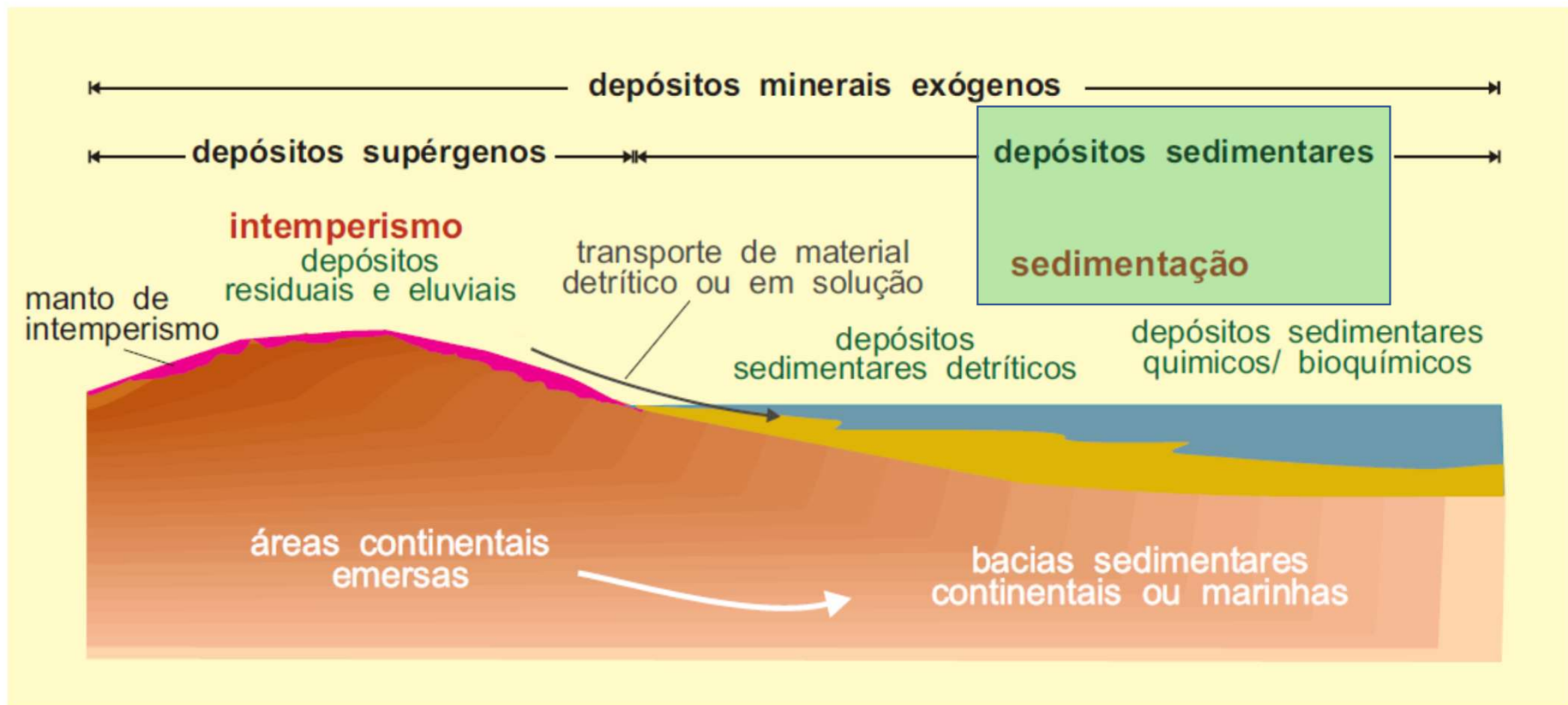
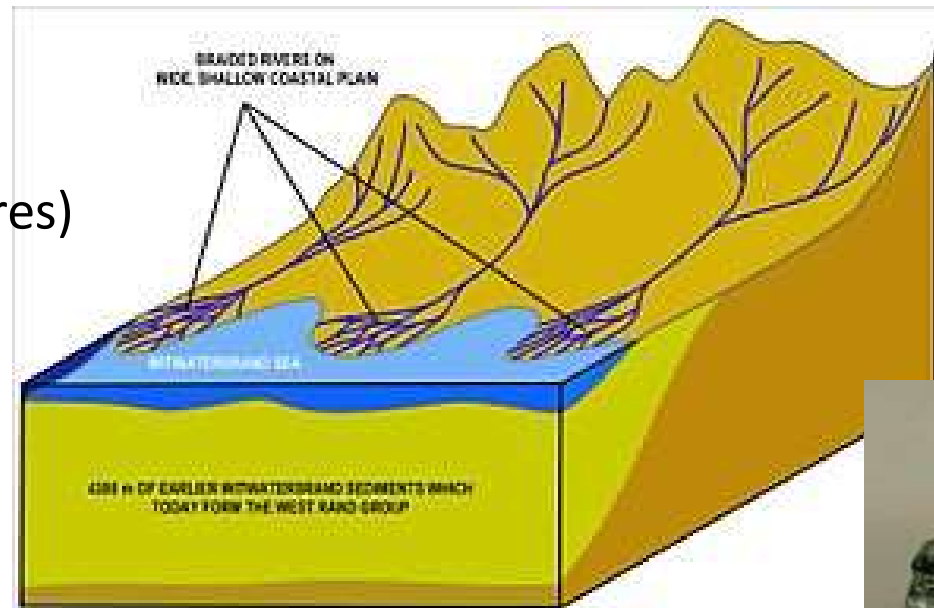


Fig. 21.13 Alguns tipos de depósitos minerais exógenos (formados junto à superfície terrestre), dependentes do intemperismo e da sedimentação.

Principais tipo genéticos de depósitos minerais

Depósitos tipo placer

- Drenagens de rios (aluvionares)
- Pé de encostas (eluvionares)
- Ao longo de praias
- Ação do vento (eólico)



Witwatersrand (Africa do Sul)

Jacobina (BA)



Precipitação química

Quadrilatero ferrífero



Carajás



Banded Iron Formations (BIF)



O que provocou esse fenômeno?

O_2 se combinou com o Fe dissolvido nos oceanos, formando óxidos de ferro insolúveis que se precipitaram em camadas no assoalho oceânico.

Depósitos magmáticos orto/sin magmático

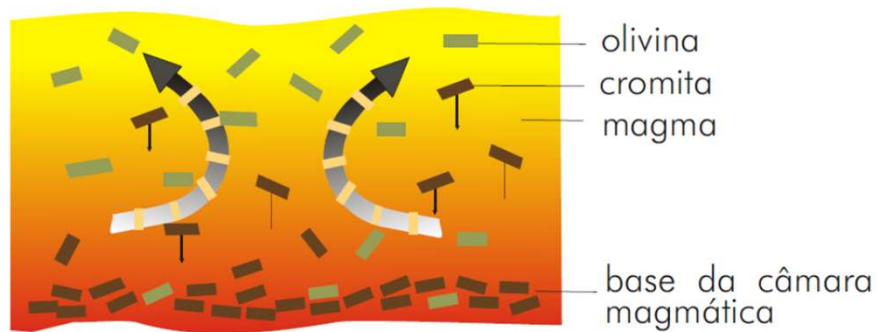
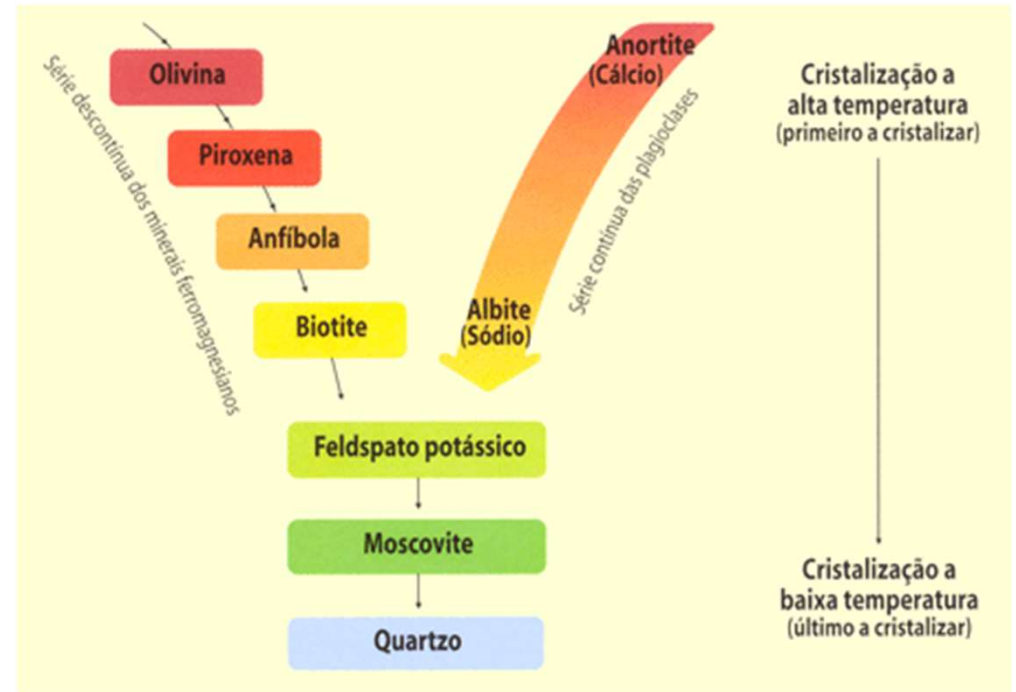
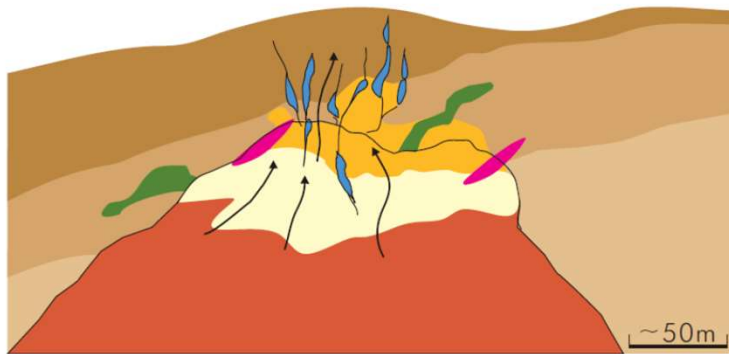


Fig. 21.14 Separação e deposição de cromita dentro de uma câmara magmática. A baixa viscosidade do magma básico ou ultrabásico, submetido a temperaturas elevadas (~1.200° C), permite a atuação de um movimento convectivo. Variações na intensidade do fluxo convectivo conduzem à deposição alternada de camadas ricas em cromita e camadas ricas em olivina formando assim depósitos estratiformes de cromita.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



Depósitos magmáticos tardi/pós magmático



rochas encaixantes
 rocha granítica

fluxo do fluido aquoso

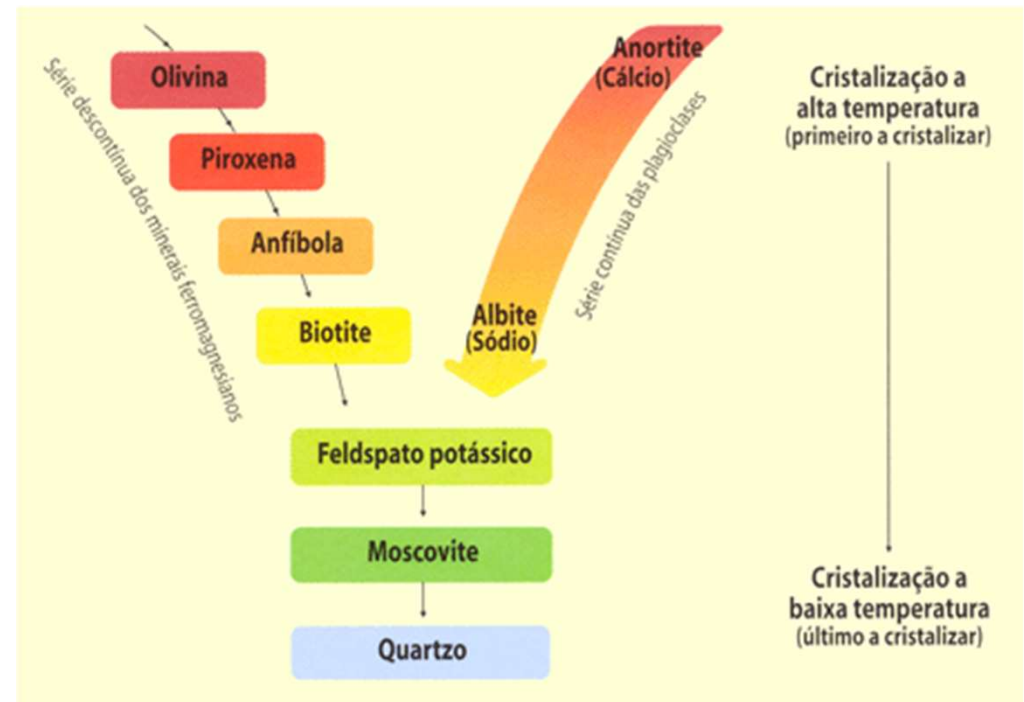
Mineralizações

albititos
 pegmatitos
 depósitos em veios

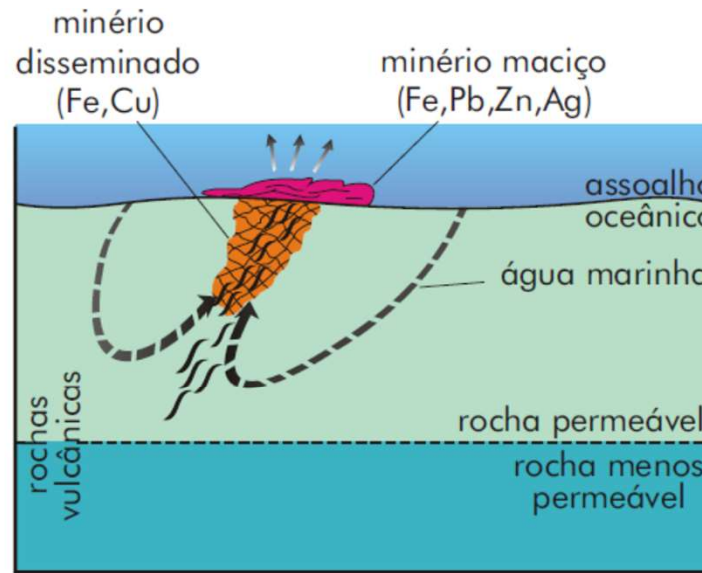
greisens
 escarnitos

Fig. 21.15 Diagrama esquemático dos principais tipos de depósitos minerais tardi e pós-magmáticos.

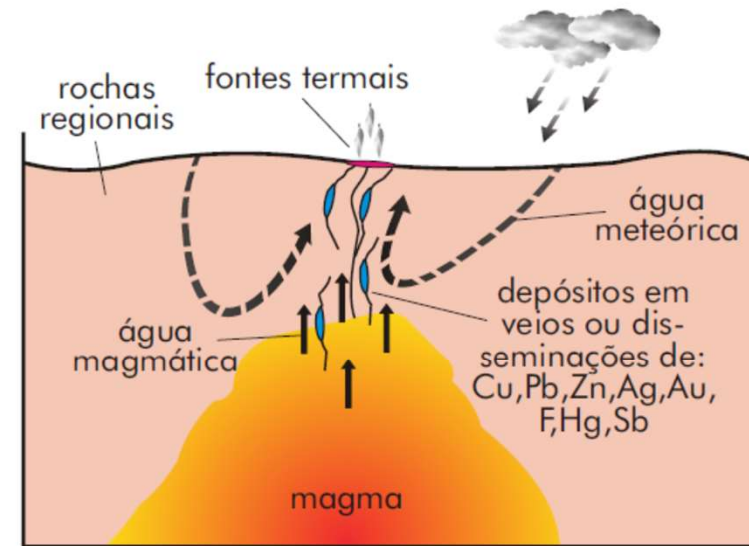
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



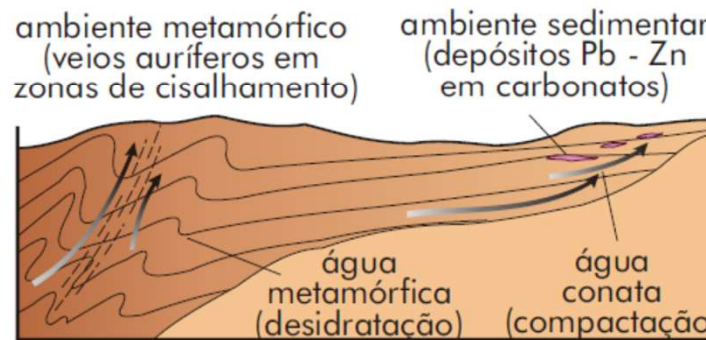
Depósitos hidrotermais (+ comum na crosta)



a



b



c

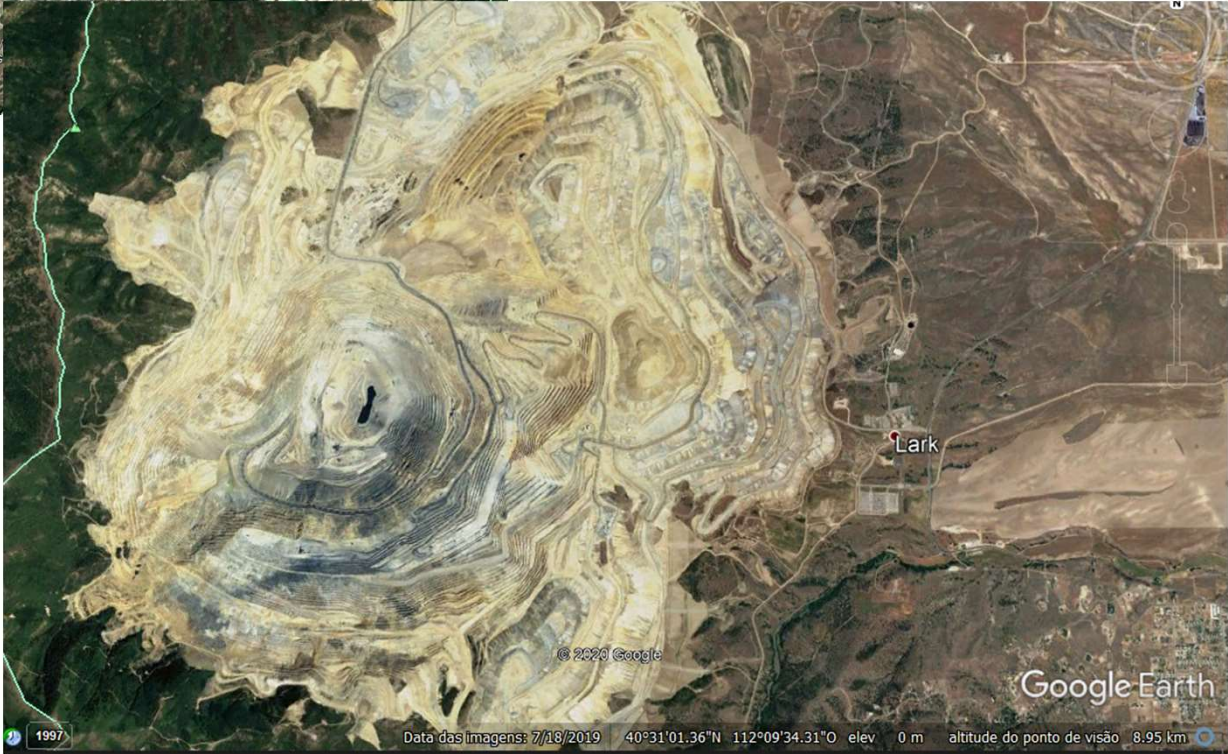
Fig. 21.16 Situações geológicas onde podem ocorrer depósitos minerais hidrotermais, por percolação de fluidos na crosta oceânica (a) ou continental (b, c). A situação (a) pode estar associada ao vulcanismo intermediário e félsico em zonas de subducção; a situação (b) pode ser encontrada em zonas de *rifts* continentais, e a situação (c) em seqüências sedimentares de margens continentais passivas e em cinturões metamórficos ao longo de zonas de colisão de placas.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Depósitos porfirítico

Ricos em ouro

Ex Bingham (Utah, EUA)



Depósitos vulcano-sedimentares (black smokers/ white smokers)

Circulação de água nas fraturas das dorsais → água mineralizada → precipitação no assoalho oceânico



Classificação de depósitos minerais baseada no processo formador

Origem devido à Processos Internos ou Hipogênico		
Segregação Magmática	Separação de mineral-minério pela cristalização durante a diferenciação magmática. (Cristalização Fracionada)	Depósitos de Pt—Cr Bushveld, África do Sul. Depósito de titanium Tahawas.
	Líquidos Imiscíveis: líquidos na câmara magmática que não se misturam promovendo a concentração anômala de determinados elementos.	Depósitos de Cu-Ni de Sudbury, Canada e Niquel de Kambalda, Oeste da Australia.
Pegmatitos	Cristalização como grãos disseminados ou segregação em pegmatitos.	Pegmatitos de Li de Montes Kings N.C.
Hidrotermal	Deposição de soluções aquosas quentes de várias proveniências	Cu-Mo Pórfiros. Depósitos da Cordilheira Andina
Secreção Lateral	Difusão de mineral-minério e ganga formando materiais de rochas regionais em falhas e outras estruturas	Depósito de Ouro de Yellowknife, Canada.
Processos Metamórficos	Depósitos pirometassomáticos (skarn) formado pela recristalização da “wall rock” adjacente a uma intrusiva.	Depósitos de W de Bishop, CA. Depósitos de Fe em Iron Mtn USA.
	Concentração inicial de um ou mais elementos do minério por processos metamórfico.	Mina de Au de Homestake, Sul de Dakota.
Origem Devido a Processos na Superfície ou próximo a ela (Processos Supergênicos)		
Acumulação Mecânica	Concentração de Minerais Pesados em Placers	Placer Au do Alasca e California.
Precipitação Sedimentar	Precipitação de certos elementos em ambiente sedimentar	BIF - Banded Iron Fm. , Plataforma Canadense
Processos Residuais	Lixiviação de elementos solúveis, deixando concentrações de elementos insolúveis.	Niquel laterítico of New Caledonia e Bauxite do Arkansas (USA).
Enriquecimento Supergênico	Lixiviação de certos elementos da parte superior de um depósito mineral e sua reprecipitação em profundidade para produzir concentrações mais altas.	A porção superior de muitos depósitos de cobre pórfiro
Processos Vulcano-Exalativo	Exalação de magmas ricos em sulfetos na superfície, usualmente sob condições marinhas	Sullivan e Kidd Creek, Canada, Kuroko, Japão.

Cavalcanti Neto e Rocha, 2010. Noções de prospecção e pesquisa mineral para técnicos de geologia e mineração. JFRN

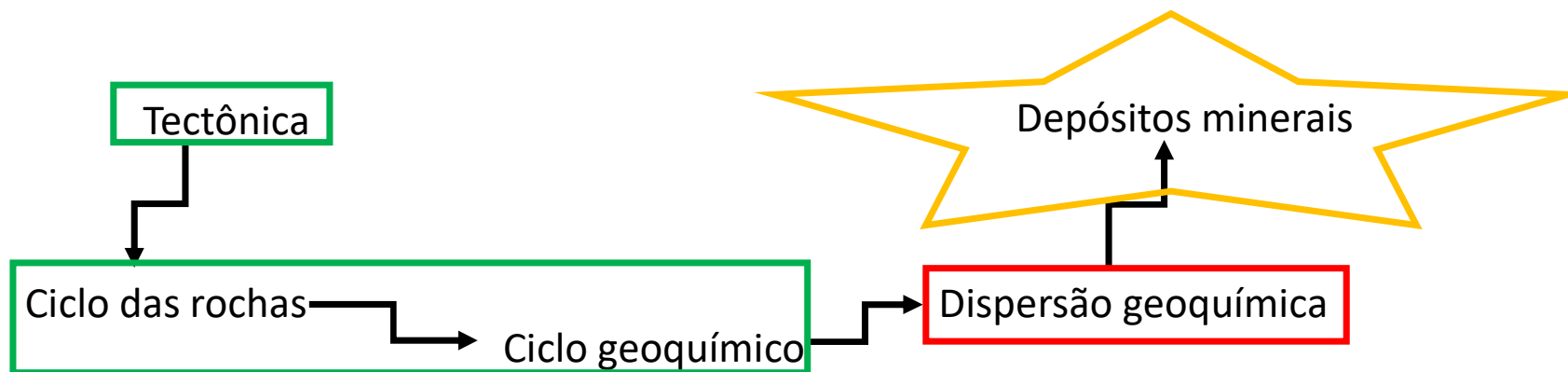
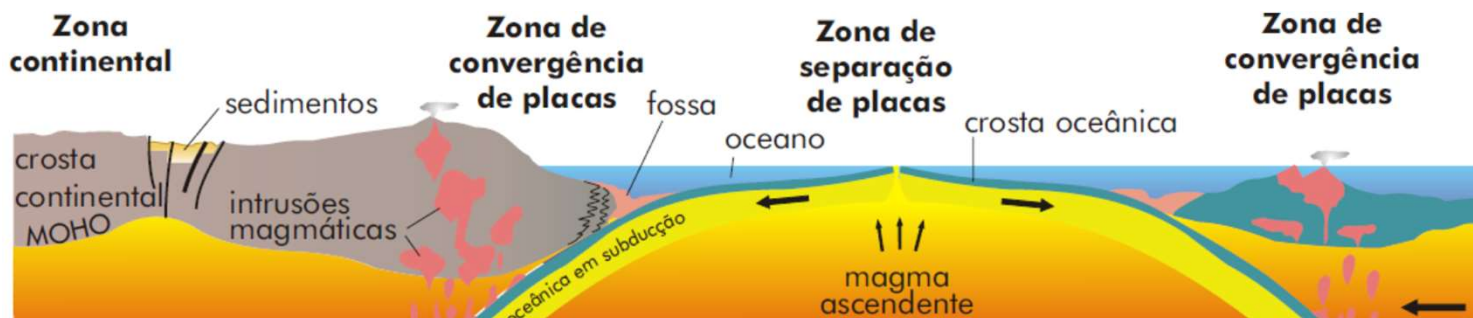
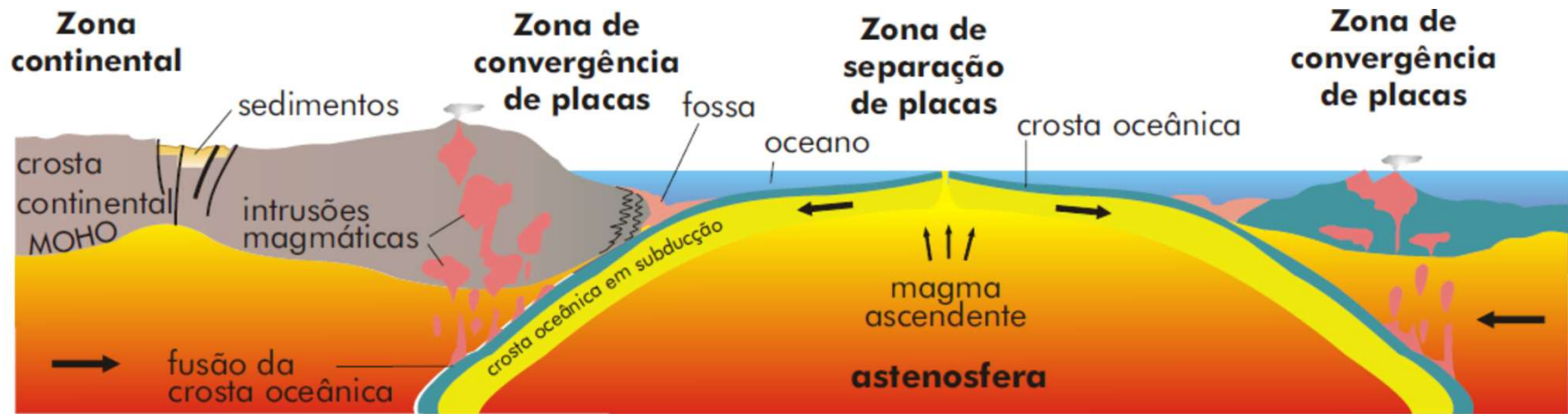


Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais frequentemente associados a ambientes da tectônica global.

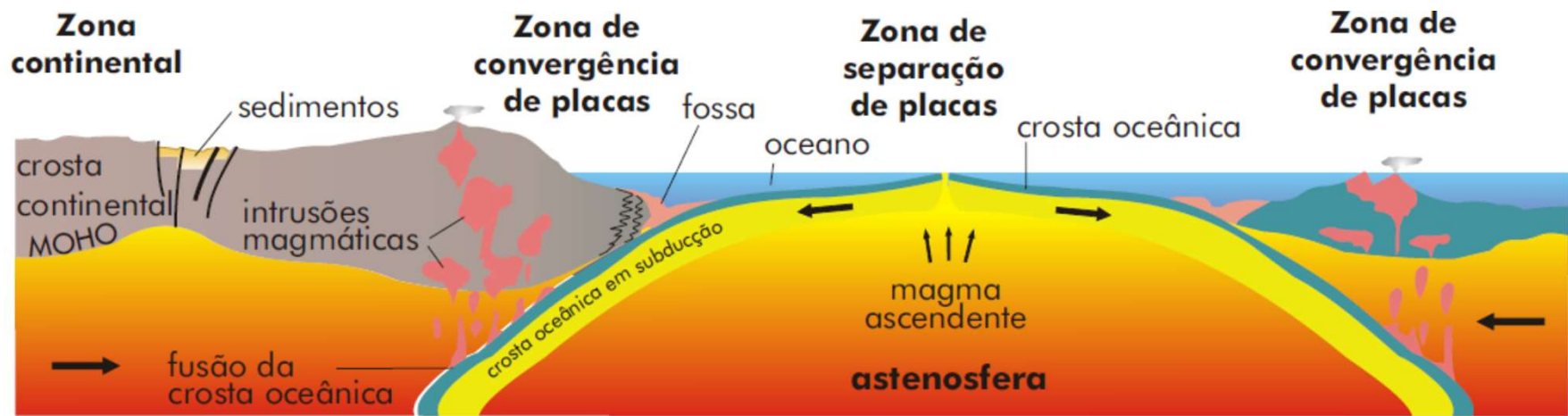
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



<i>rifts</i>
estanho
nióbio
urânio
carbonatito
kimberlito
depósitos sedimentares e sedimentar-exalativos (Pb,Zn,Cu)

Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais freqüentemente associados a ambientes da tectônica global.

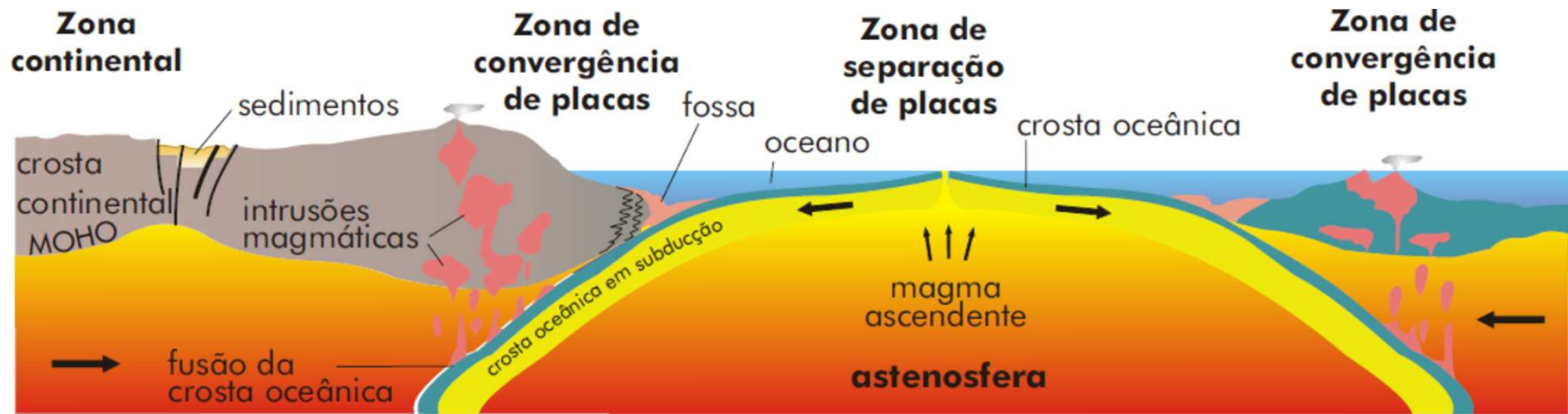
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



<i>rifts</i>	arco magmático
estanho nióbio urânio carbonatito kimberlito depósitos sedimentares e sedimentar-exalativos (Pb,Zn,Cu)	depósitos porfíricos de cobre, molibdênio; depósitos de metassomatismo de contato (Cu,Fe,W,Au); veios hidrotermais (Au,Ag,Pb,Sn,Zn)

Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais freqüentemente associados a ambientes da tectônica global.

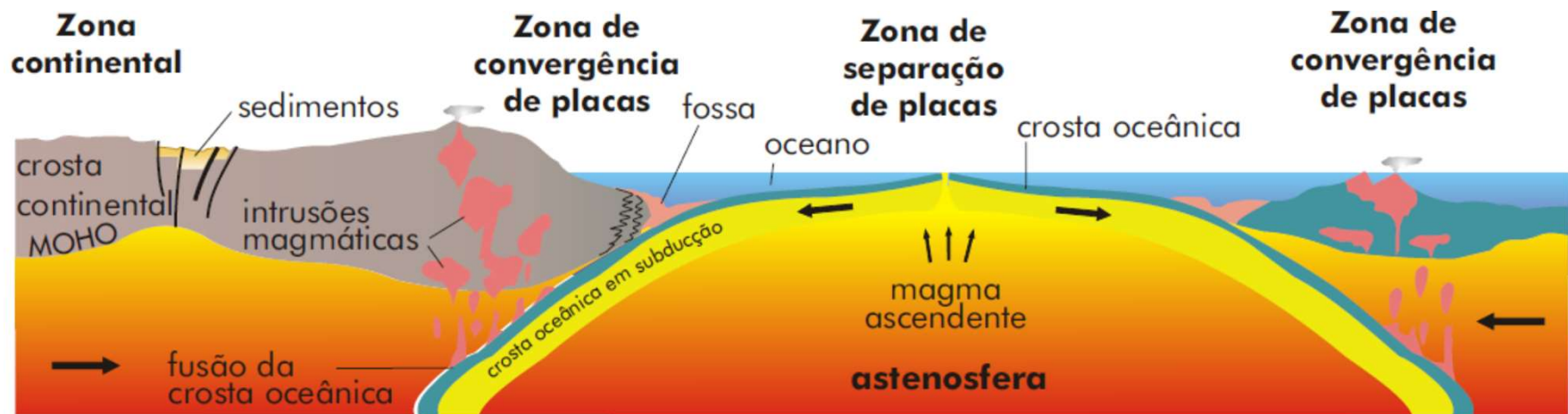
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



rifts	arco magmático	bacia de ante-arco
estanho nióbio urânio carbonatito kimberlito depósitos sedimentares e sedimentar-exalativos (Pb,Zn,Cu)	depósitos porfíricos de cobre, molibdênio; depósitos de metassomatismo de contato (Cu,Fe,W,Au); veios hidrotermais (Au,Ag,Pb,Sn,Zn)	chumbo, zinco, cobre

Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais freqüentemente associados a ambientes da tectônica global.

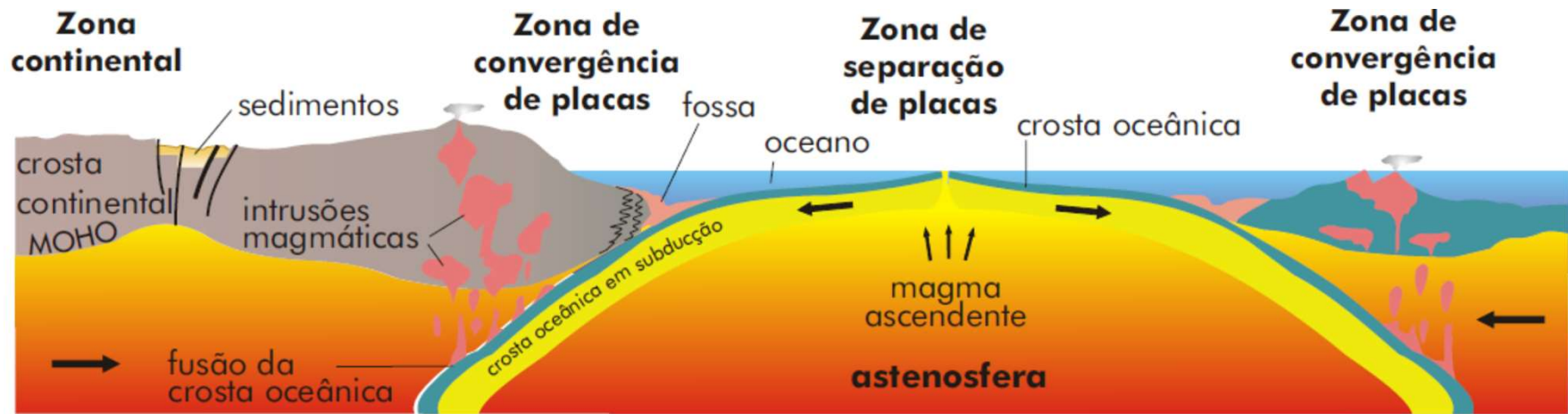
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



rifts	arco magmático	bacia de ante-arco	assoalho oceânico
estanho nióbio urânio carbonatito kimberlito depósitos sedimentares e sedimentar-exalativos (Pb,Zn,Cu)	depósitos porfiríticos de cobre, molibdênio; depósitos de metassomatismo de contato (Cu,Fe,W,Au); veios hidrotermais (Au,Ag,Pb,Sn,Zn)	chumbo, zinco, cobre	nódulos plurimetálicos (Fe,Mn,Ni,Co)

Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais freqüentemente associados a ambientes da tectônica global.

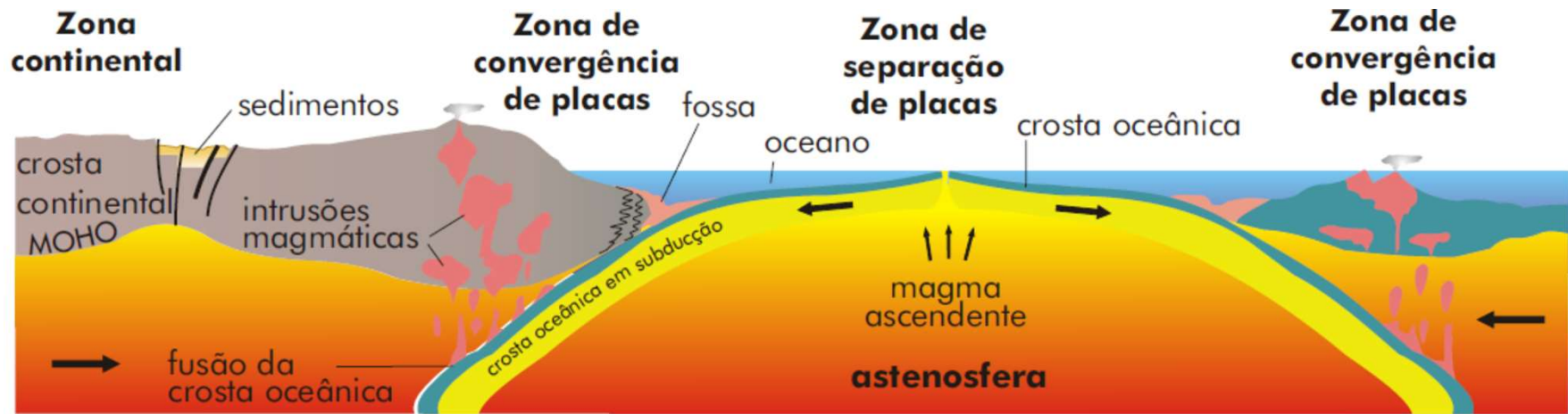
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



<i>rifts</i>	arco magmático	bacia de ante-arco	asfalto oceânico	dorsal meso-oceânica
estanho nióbio urânio carbonatito kimberlito depósitos sedimentares e sedimentar-exalativos (Pb,Zn,Cu)	depósitos porfíricos de cobre, molibdênio; depósitos de metassomatismo de contato (Cu,Fe,W,Au); veios hidrotermais (Au,Ag,Pb,Sn,Zn)	chumbo, zinco, cobre	nódulos plurimetálicos (Fe,Mn,Ni,Co)	depósitos de sulfetos maciços (Cu,Zn,pirita) depósitos de segregação magmática (cromita podiforme)

Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais frequentemente associados a ambientes da tectônica global.

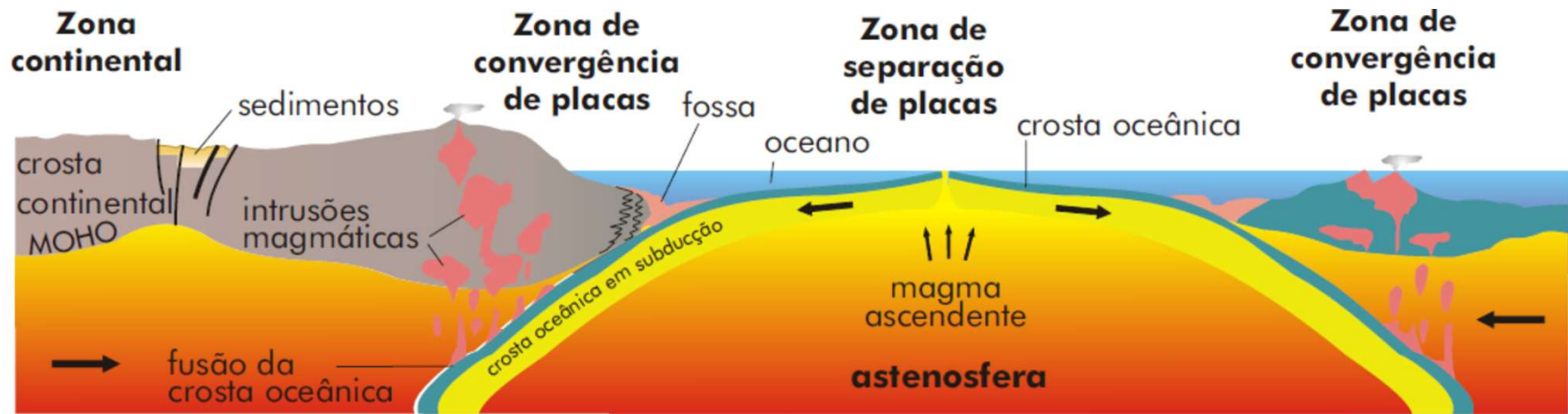
Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



rifts	arco magmático	bacia de ante-arco	asfalto oceânico	dorsal meso-oceânica	bacia de ante-arco
estanho nióbio urânio carbonatito kimberlito depósitos sedimentares e sedimentar-exalativos (Pb,Zn,Cu)	depósitos porfíricos de cobre, molibdênio; depósitos de metassomatismo de contato (Cu,Fe,W,Au); veios hidrotermais (Au,Ag,Pb,Sn,Zn)	chumbo, zinco, cobre	nódulos plurimetálicos (Fe,Mn,Ni,Co)	depósitos de sulfetos maciços (Cu,Zn,pirita) depósitos de segregação magmática (cromita podiforme)	pláceres auríferos

Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais freqüentemente associados a ambientes da tectônica global.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.



rifts	arco magmático	bacia de ante-arco	asfalto oceânico	dorsal meso-oceânica	bacia de ante-arco	arco de ilha
estanho nióbio urânio carbonatito kimberlito depósitos sedimentares e sedimentar-exalativos (Pb,Zn,Cu)	depósitos porfíricos de cobre, molibdênio; depósitos de metassomatismo de contato (Cu,Fe,W,Au); veios hidrotermais (Au,Ag,Pb,Sn,Zn)	chumbo, zinco, cobre	nódulos plurimetálicos (Fe,Mn,Ni,Co)	depósitos de sulfetos maciços (Cu,Zn,pirita) depósitos de segregação magmática (cromita podiforme)	pláceres auríferos	depósitos de sulfetos maciços (Cu,Zn,Pb,Ag,Au)

Fig. 21.17 Exemplos de depósitos minerais frequentemente associados a ambientes da tectônica global.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Tabela 21.4 Tipos de margens tectônicas e mineralizações associadas

Ambientes Tectônicos	Depósitos Minerais
Margens Divergentes	
área oceânica dorsal	mineralizações de sulfetos nas cadeias meso-oceânicas atuais: exalações na do oceano Pacífico, lama metalífera do mar Vermelho mineralizações em ofiolitos: sulfetos vulcanogênicos de Cu - Zn (Canadá) e cromita (Turquia) nódulos polimetálicos (Fe, Mn, Ni, Cu) no assoalho oceânico
área continental (Brasil)	depósitos de Ni e Cu em lavas basálticas (Rússia) mineralizações em rochas magmáticas associadas a <i>rift</i> continental: granitos estaníferos (Brasil), carbonatitos com Nb, apatita e elementos de terras raras
Margens Convergentes	
com subducção	depósitos de sulfetos polimetálicos (Cu, Pb, Zn) vulcanogênicos (Japão) mineralizações de Cu porfiríticas (Chile e outros países ao longo dos Andes) depósitos hidrotermais de Sn, W, Bi, Pb, Zn, Ag (Bolívia, Peru)
com colisão	mineralizações a metais raros (Sn, W): Província estanífera do sudeste asiático (Malásia, Indonésia, Tailândia) depósitos de Pb - Zn em rochas carbonáticas: EUA
Margens Passivas	
	petróleo, gás natural, evaporitos, fosfato: bacias marginais brasileiras (Sergipe, Alagoas, Recôncavo-Tucano, Campos)

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD E TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

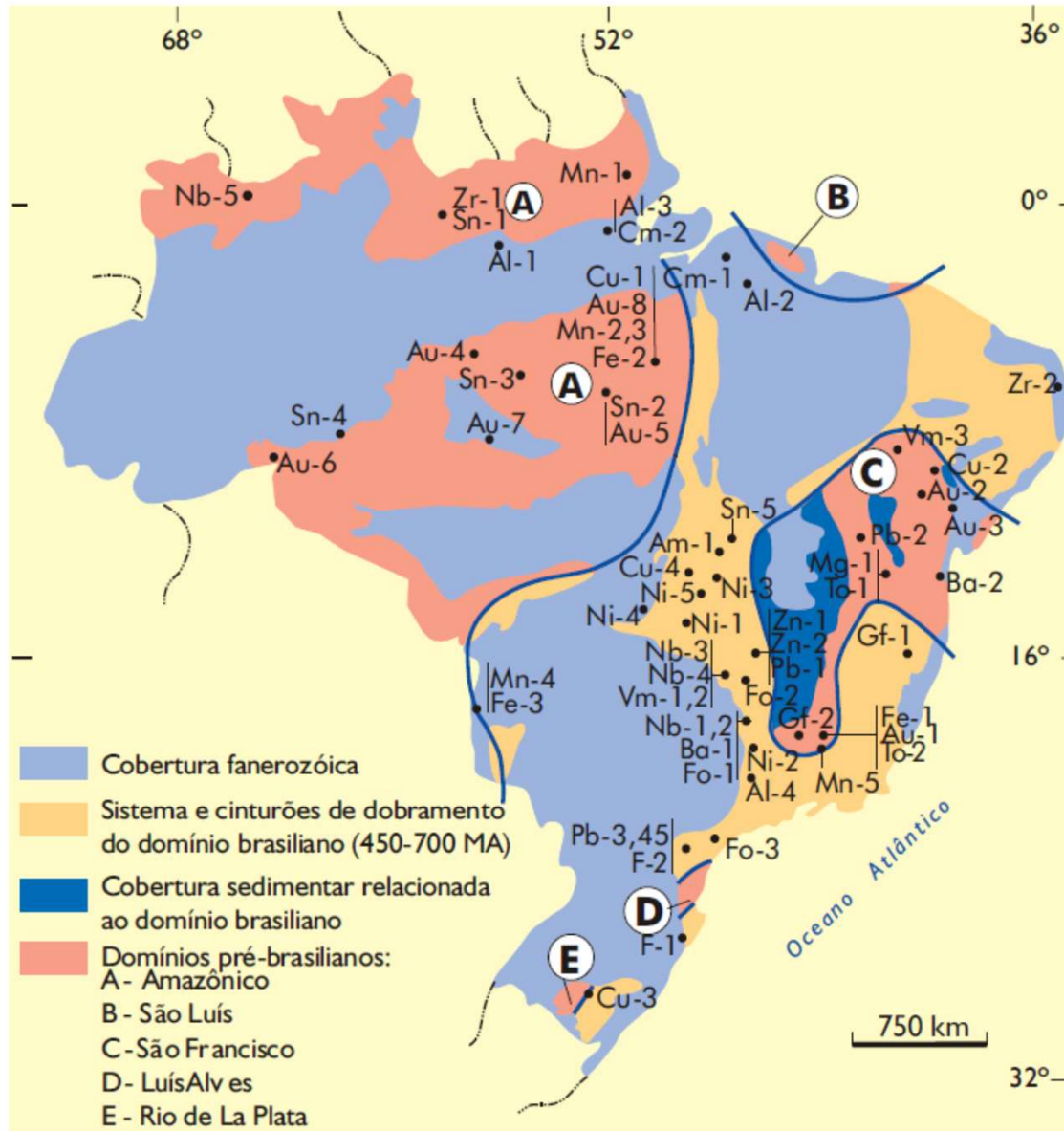


Fig 21.19 Localização de distritos e depósitos minerais mais importantes do Brasil.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

GOLD

Ouro e cobiça

Um filme sobre a história que
mudou a mineração

