



*Recursos Minerais  
(0440413)*

**COMMODITIES MINERAIS PERTENCENTES AO GRUPO  
DOS ÓXIDOS (PARTE I)**

*Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis*

*Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental (GSA – IGC, USP)*

*[assis.rafael@usp.br](mailto:assis.rafael@usp.br)*

# ÓXIDOS → UM IMPORTANTE GRUPO DE *COMMODITIES* MINERAIS

## ÓXIDOS (MINERAIS)

Minerais cujo ânion coordenador ou centralizador é o ânion  $[O]^{2-}$  ligado a metais e metaloides (principalmente Al, Mg, Cu, Fe, Mn, Ti, e ETR leves, além de As, Ba, Be, Bi, Ca, Cr, Ge, K, Mo, Na, Nb, Pb, Sb, Se, Sn, Ta, Te, Th, Ti, U, V, Y, W, Zn e Zr), outros grupos aniônicos (principalmente com  $UO_2$  e menos comum com  $CO_3$  e  $Sb_2O_5$ ), ânions complementares (principalmente  $OH^-$  e mais raramente com  $F^{1-}$ ,  $Cl^{1-}$  e  $S^{2-}$ ) e  $H_2O$ .

*Corresponde a um grupo com cerca de 354 minerais, organizados em quatro grupos principais (de acordo com a relação do ânion  $[O]^{2-}$  com os cátions)*

### GRUPO DO ESPINÉLIO

Cromita  
Espinélio  
Franklinita  
Magnetita



### GRUPO DO RUTILO

Cassiterita  
Pirolusita  
Rutilo



### GRUPO DA HEMATITA

Coríndon  
Hematita



### GRUPO DO PIROCLORO

Pirocloro



# ÓXIDOS → UM IMPORTANTE GRUPO DE *COMMODITIES* MINERAIS

## ÓXIDOS (MINERAIS)

Minerais cujo ânion coordenador ou centralizador é o ânion  $[O]^{2-}$  ligado a metais e metaloides (principalmente Al, Mg, Cu, **Fe**, Mg, **Mn**, **Ti**, e ETR leves, além de As, Ba, Be, Bi, Ca, **Cr**, Ge, K, Mo, Na, **Nb**, Pb, Sb, Se, **Sn**, **Ta**, Te, **Th**, **Ti**, **U**, **V**, Y, **W**, Zn e Zr), outros grupos aniônicos (principalmente com  $UO_2$  e menos comum com  $CO_3$  e  $Sb_2O_5$ ), ânions complementares (principalmente  $OH^-$  e mais raramente com  $F^{1-}$ ,  $Cl^{1-}$  e  $S^{2-}$ ) e  $H_2O$ .

*Corresponde a um grupo com cerca de 354 minerais, organizados em quatro grupos principais (de acordo com a relação do ânion  $[O]^{2-}$  com os cátions)*

### GRUPO DO ESPINÉLIO

**Cromita**

Espinélio

Franklinita

**Magnetita**

### GRUPO DO RUTILO

**Cassiterita**

**Pirolusita**

**Rutilo**

### GRUPO DA HEMATITA

Coríndon

**Hematita**

### GRUPO DO PIROCLORO

**Pirocloro**

ELEMENTOS E MINERAIS EM VERMELHO

IMPORTANTES INSUMOS MINERAIS (EMBORA NÃO SEJAM OS ÚNICOS)

# ÓXIDOS → UM IMPORTANTE GRUPO DE *COMMODITIES* MINERAIS

Os óxidos estão individualizados em dois grupos principais

## ÓXIDOS SIMPLES

- Contém **um único metal combinado ao oxigênio**
  - Proporção X:O



(magnetita, hematita, cassiterita)

## ÓXIDOS MÚLTIPLOS

- Contém **dois metais não equivalentes (X e Y) ligados ao oxigênio**



(cromita, scheelita, wolframita, tungstato de ferro, tungstato de manganês)

- Minerais do grupo dos óxidos usualmente **exibem fortes ligações iônicas**.
- Em condições normais, ocorrem **em pequenas quantidades nos solos e em todos os tipos de rochas**.

# ÓXIDOS → UM IMPORTANTE GRUPO DE *COMMODITIES* MINERAIS

CLASSE DE MINERAIS QUE CORRESPONDE ~ 4% DO VOLUME DA CROSTA TERRESTRE:

CONSTITUI AS PRINCIPAIS JAZIDAS DE MINÉRIO DE:

**FERRO (Fe)**

**Hematita**



**Magnetita**



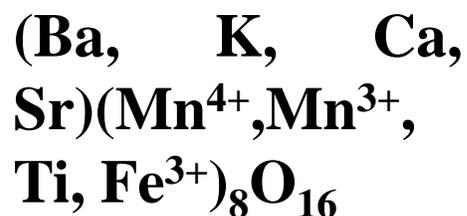
**MANGANÊS (Mn)**

**Pirolusita**

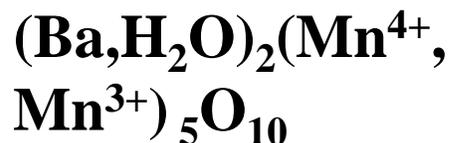
**Manganita**



**Criptomelana**



**Psilomelana**



**TITÂNIO (Ti)**

**Anatásio**



**Ilmenita**



**Rutilo**

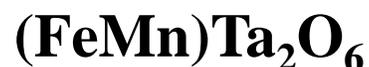


**NIÓBIO-TÂNTALO (Nb-Ta)**

**Columbita**

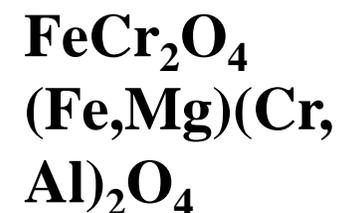


**Tantalita**



**CRÔMIO (Cr)**

**Cromita**



**ESTANHO – TUNGSTÊNIO (Sn - W)**

**Cassiterita**



**Wolframita**



# ÓXIDOS → UM IMPORTANTE GRUPO DE *COMMODITIES* MINERAIS

**ALGUNS DOS PRINCIPAIS *COMMODITIES* DO GRUPO DOS ÓXIDOS**

**Fe, Mn, Ti, Cr, Nb, Sn, Ta, Th, U, Sn, W**

**PROCESSO  
METAMÓRFICO**

*Recristalização  
metamórfica*

**PROCESSO  
MAGMÁTICO**

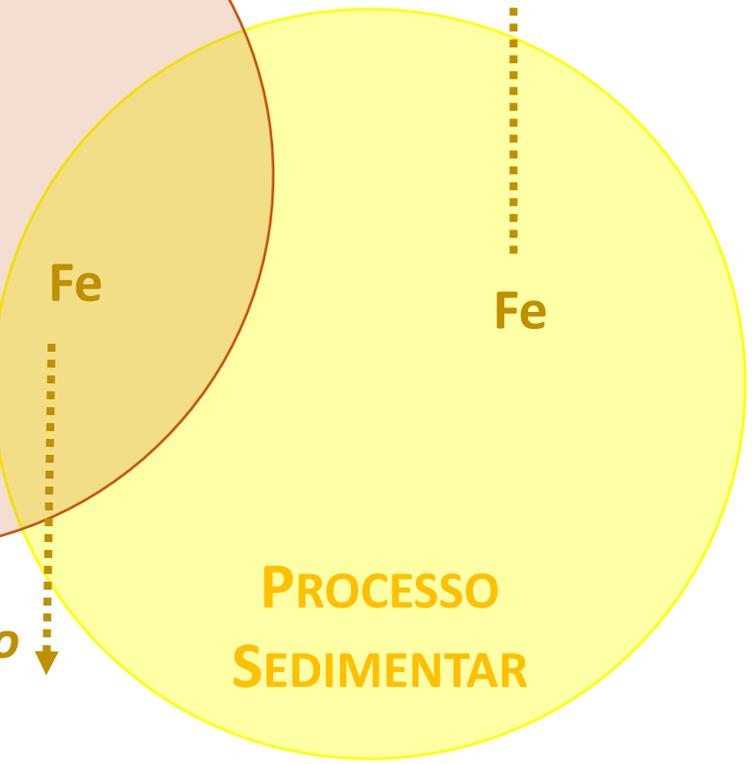
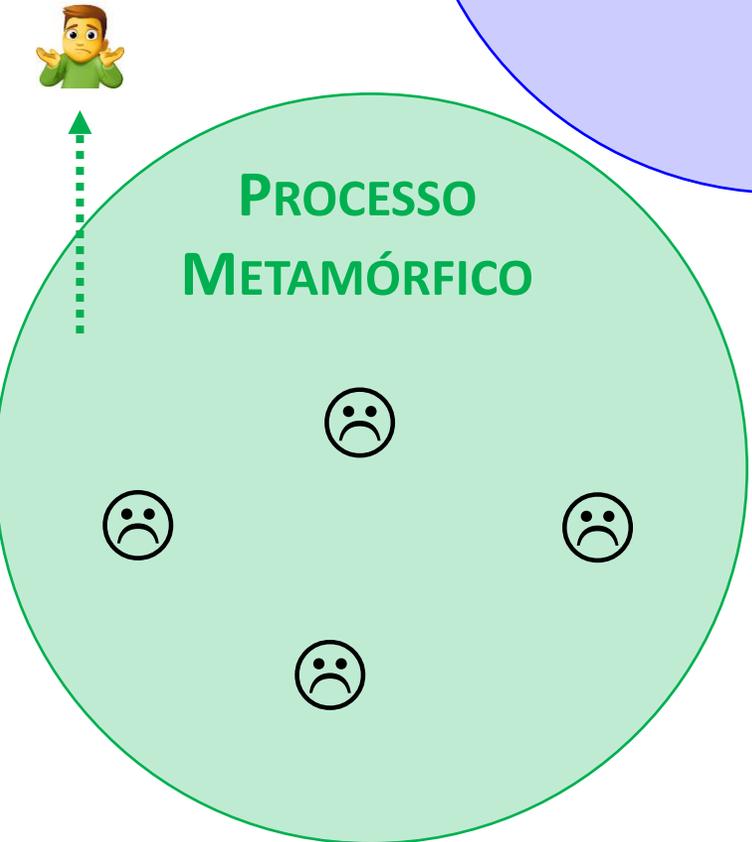
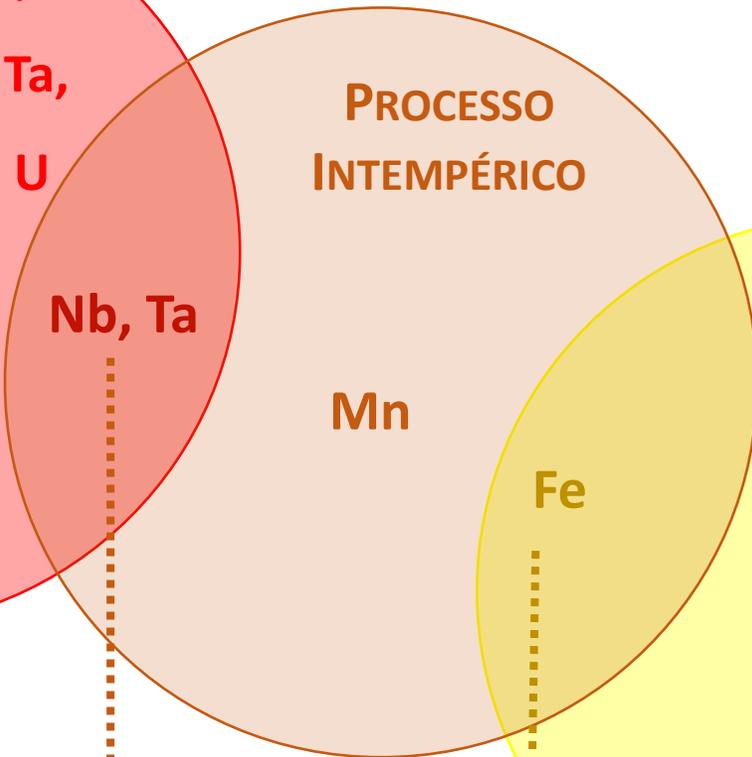
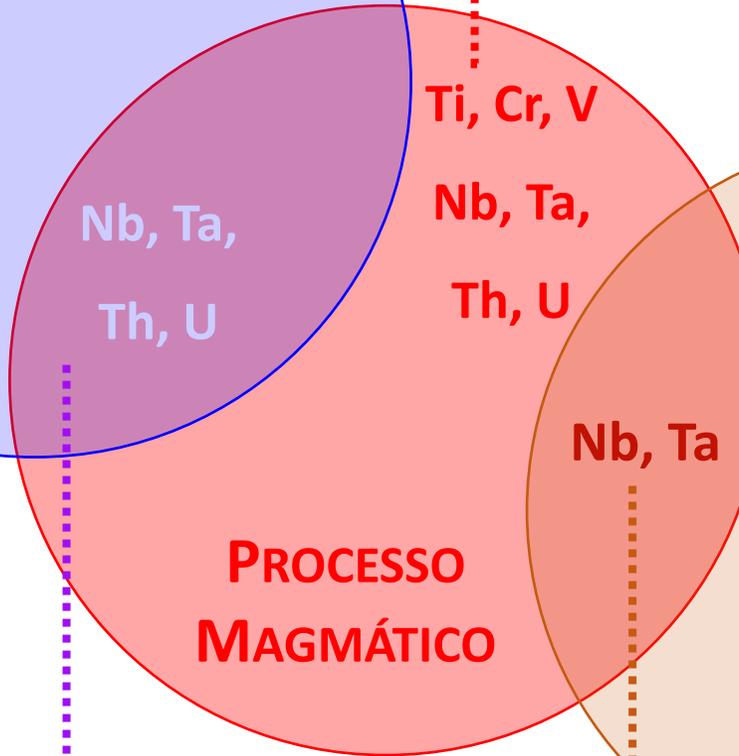
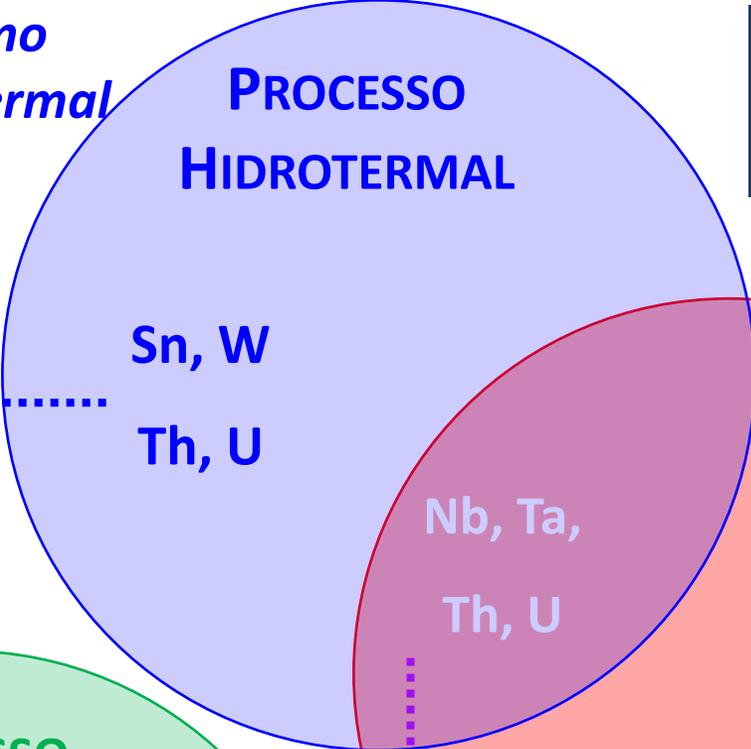
*Cristalização*

**PROCESSO  
SEDIMENTAR**

*Diagênese*

# PRINCIPAIS PROCESSOS NA GÊNESE DE ALGUNS DEPÓSITOS NA FORMA DE ÓXIDOS

*Hidrotermalismo*  
*Alteração Hidrotermal*

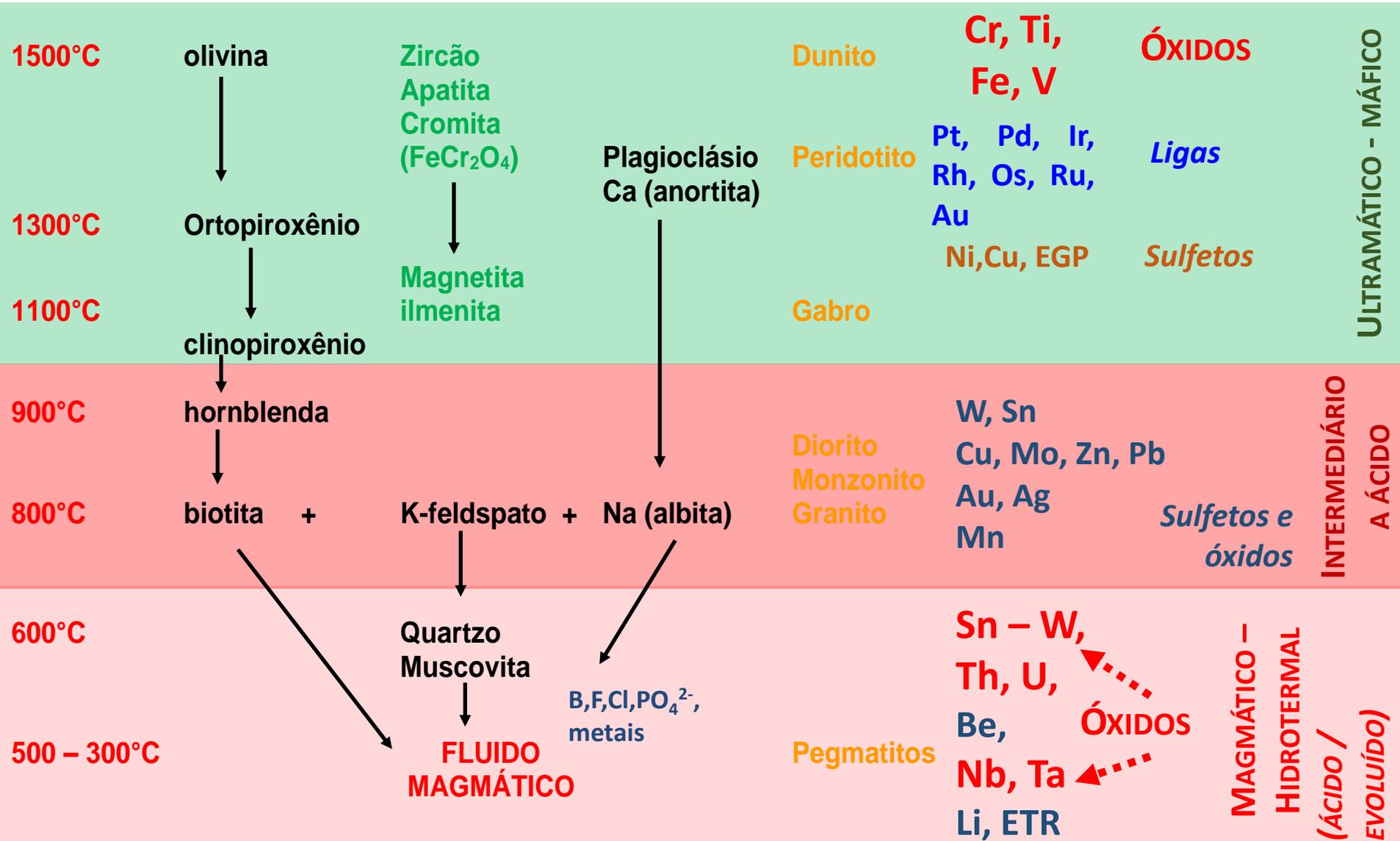


*Metassomatismo*

*Enriquecimento Relativo*



# CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA E CONCENTRAÇÃO DE METAIS



$$K_{DX} = \frac{C_{x(c)}}{C_{x(l)}}$$

$K_{DX} > 1$   
 (elementos compatíveis)  
 Preferem a fase sólida  
 Exs → Mg, Fe, Ca, Ti, Cu, Co, Cr, Ni, Sr, Zr, etc

$K_{DX} < 1$   
 (elementos incompatíveis)  
 Preferem a fase líquida  
 (líquido magmático)  
 Exs → Na, K, Rb, Ba, U, Th, Li, etc.

**RELACIONADOS AO:**  
 Raio iônico  
 Eletronegatividade

# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

## MAGMATISMO

### Ambientes de Geração de Magmas

#### DIFERENTES TIPOS COMPOSICIONAIS DE MAGMAS

##### CÁLCIO-ALCALINOS (GERAÇÃO DE GRANITOIDES EM GERAL)

Magmas hidratados e oxidados

→ Excelentes para geração de sistemas hidrotermais magmáticos

##### ALCALINOS (SIENITOS, CARBONATITOS, KIMBERLITOS)

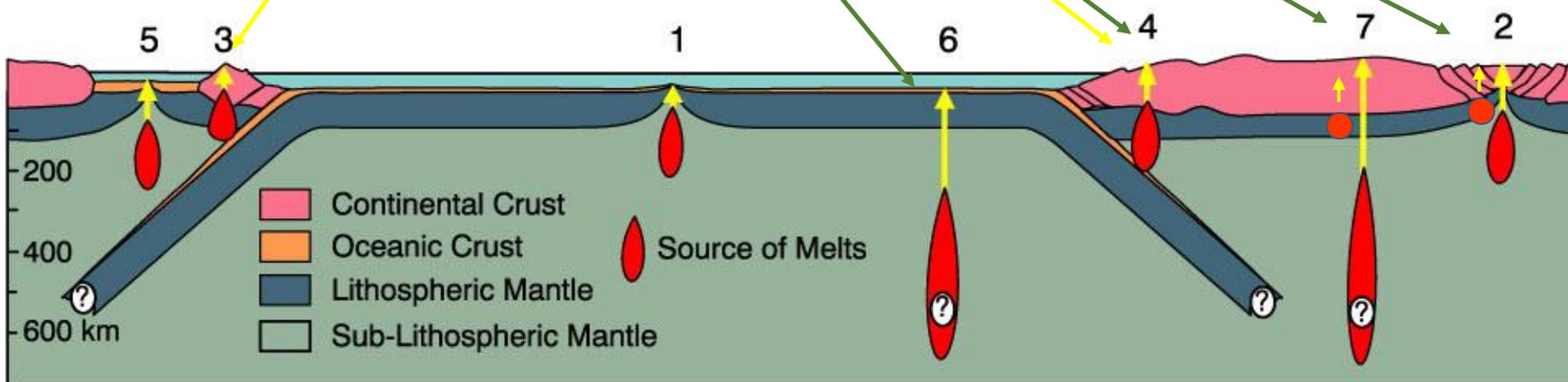
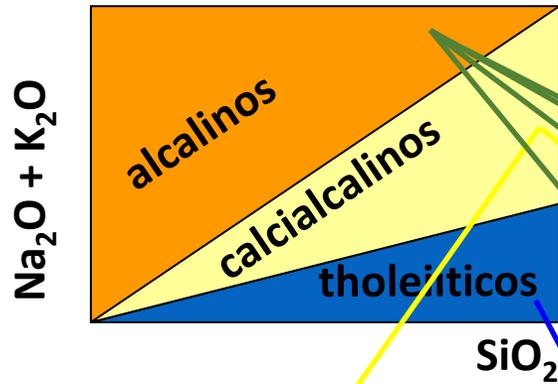
Baixas taxas de fusão do manto e/ou crosta continental

→ Mineralizações de Nb, Ta, ETR

##### TOLEÍTICOS (PERIDOTITOS, NORITOS, PIROXÊNITOS, BASALTOS, ETC)

→ Diretamente derivados do manto

Cr, óxidos de Fe-Ti-V



MAGMATISMO ULTRAMÁTICO – MÁFICO (TOLEÍTICO)  
DEPÓSITOS DE CROMITA E ÓXIDOS DE Fe-Ti-V



# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

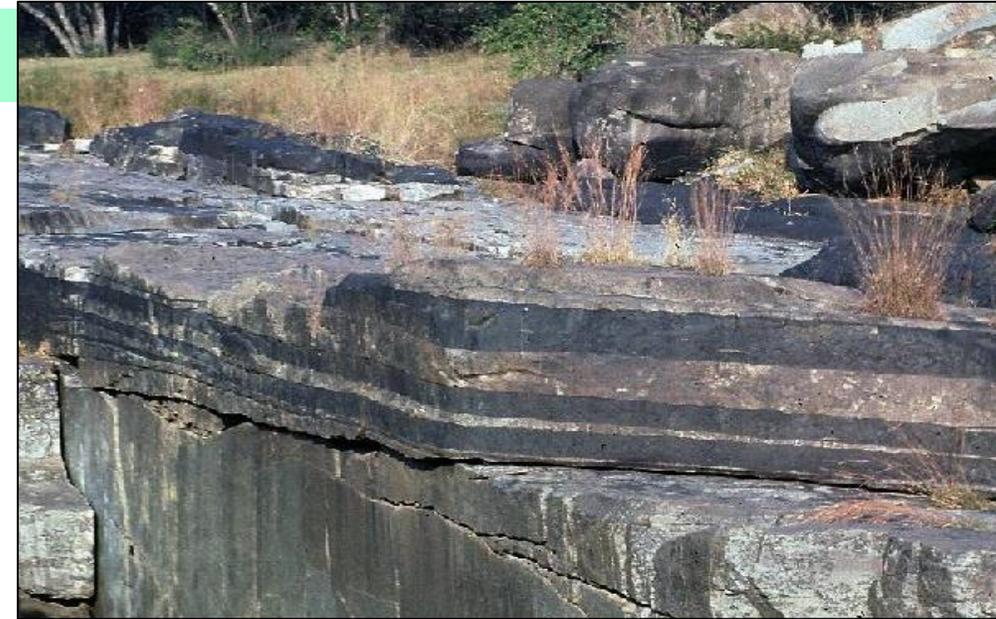
Depósitos de Cr e óxidos de Fe-Ti-V → Importância

Única fonte de Cr

Cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) é a única fonte de cromo

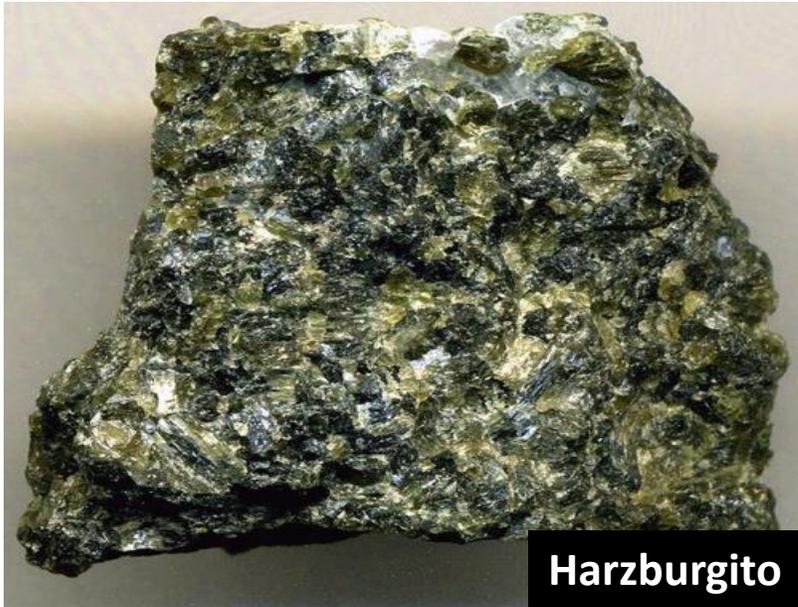
## DOIS TIPOS DE DEPÓSITOS

Cromita estratiforme e cromita podiforme  
(ambos relacionados magmatismo ultramáfico)



# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

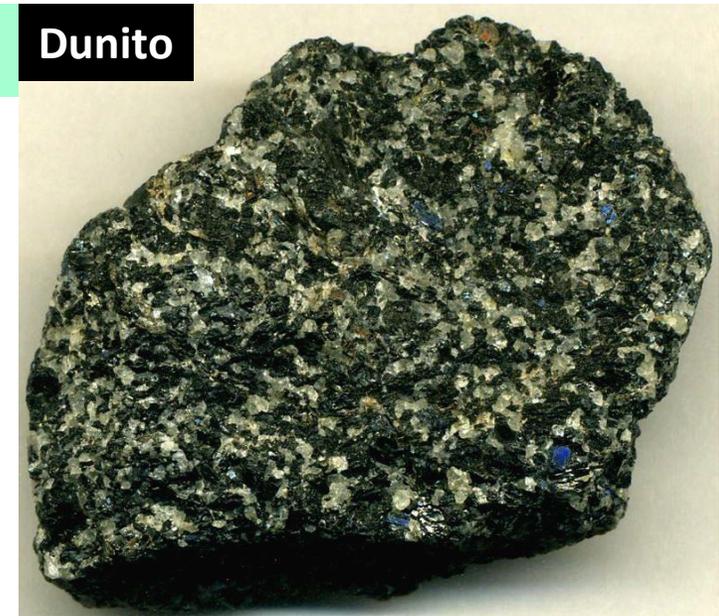
Depósitos de Cr e óxidos de Fe-Ti-V → Hospedeiras



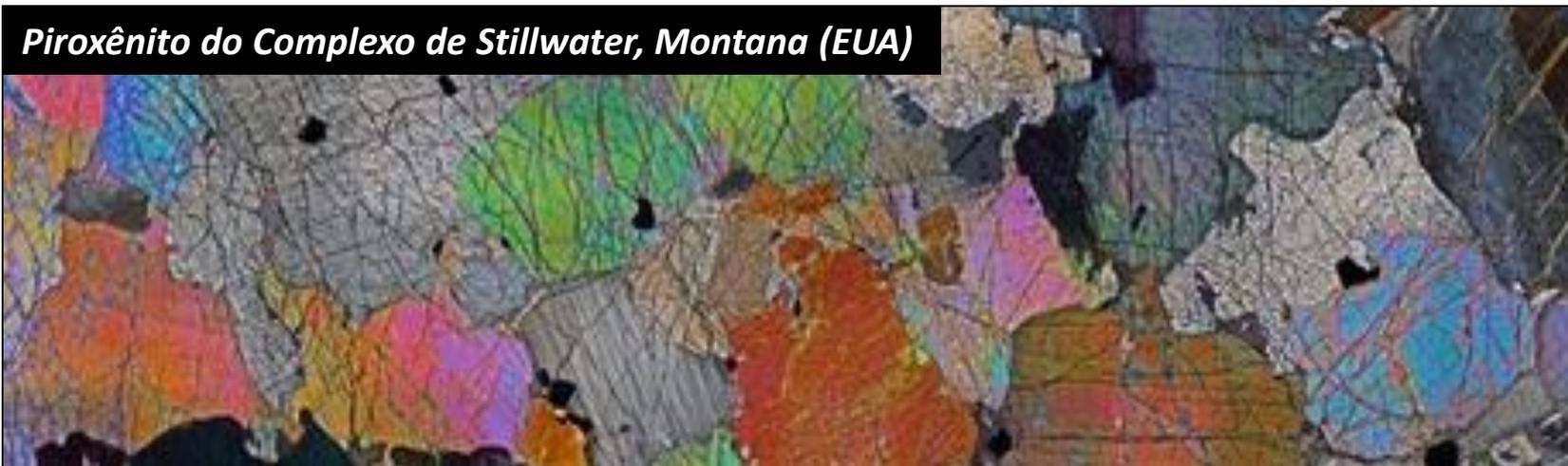
Harzburgito



Piroxenito



Dunito



*Piroxênito do Complexo de Stillwater, Montana (EUA)*



Piroxênito

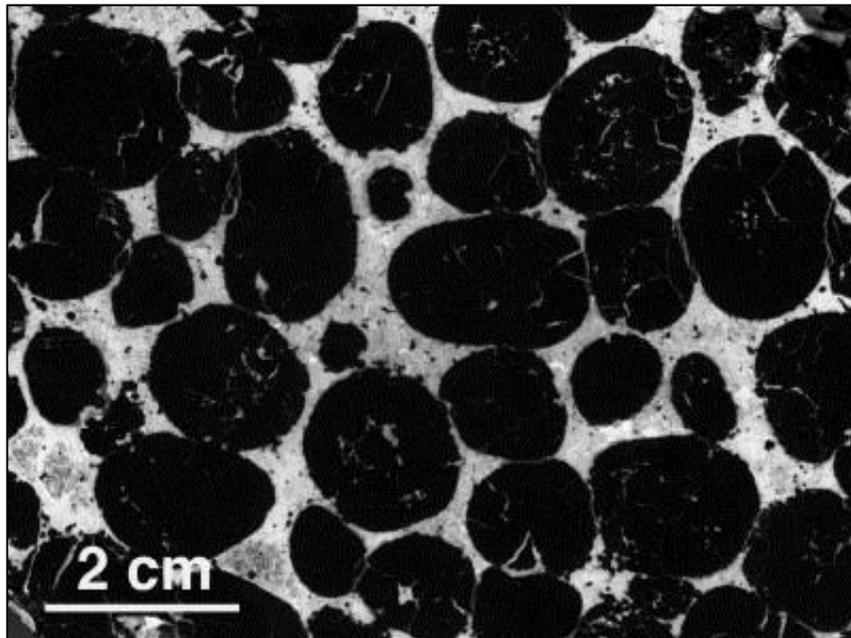
# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Depósitos de Cr e óxidos de Fe-Ti-V → Características dos depósitos

## DEPÓSITOS ESTRATIFORMES DE CROMITA

- 95% das reservas e 45% da produção mundial
- Dimensão das camadas variam de mm's a vários mts de espessura;
- Dezenas de kms de extensão lateral

A base dos complexos ultramáfico esta enriquecida em Cr, as porções intermediárias em sulfetos de Cu-Ni e ligas de EGP, enquanto as porções superiores em óxidos de Fe-Ti-V (Te-V –magnetita)



## DEPÓSITOS PODIFORMES DE CROMITA

- 55% da produção, porém, 5% das reservas mundiais;
- Corps bem menores (em dimensão e teores);

# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

## Depósitos de Cr e óxidos de Fe-Ti-V → Reservas Mundiais

	Mine production <sup>11</sup>		Reserves <sup>12</sup>
	<u>2018</u>	<u>2019<sup>e</sup></u>	(shipping grade) <sup>13</sup>
United States	—	—	620
Finland	2,210	2,200	13,000
India	4,300	4,100	100,000
Kazakhstan	6,690	6,700	230,000
South Africa	17,600	17,000	200,000
Turkey	8,000	10,000	26,000
Other countries	<u>4,250</u>	<u>4,000</u>	<u>NA</u>
World total (rounded)	43,100	44,000	570,000

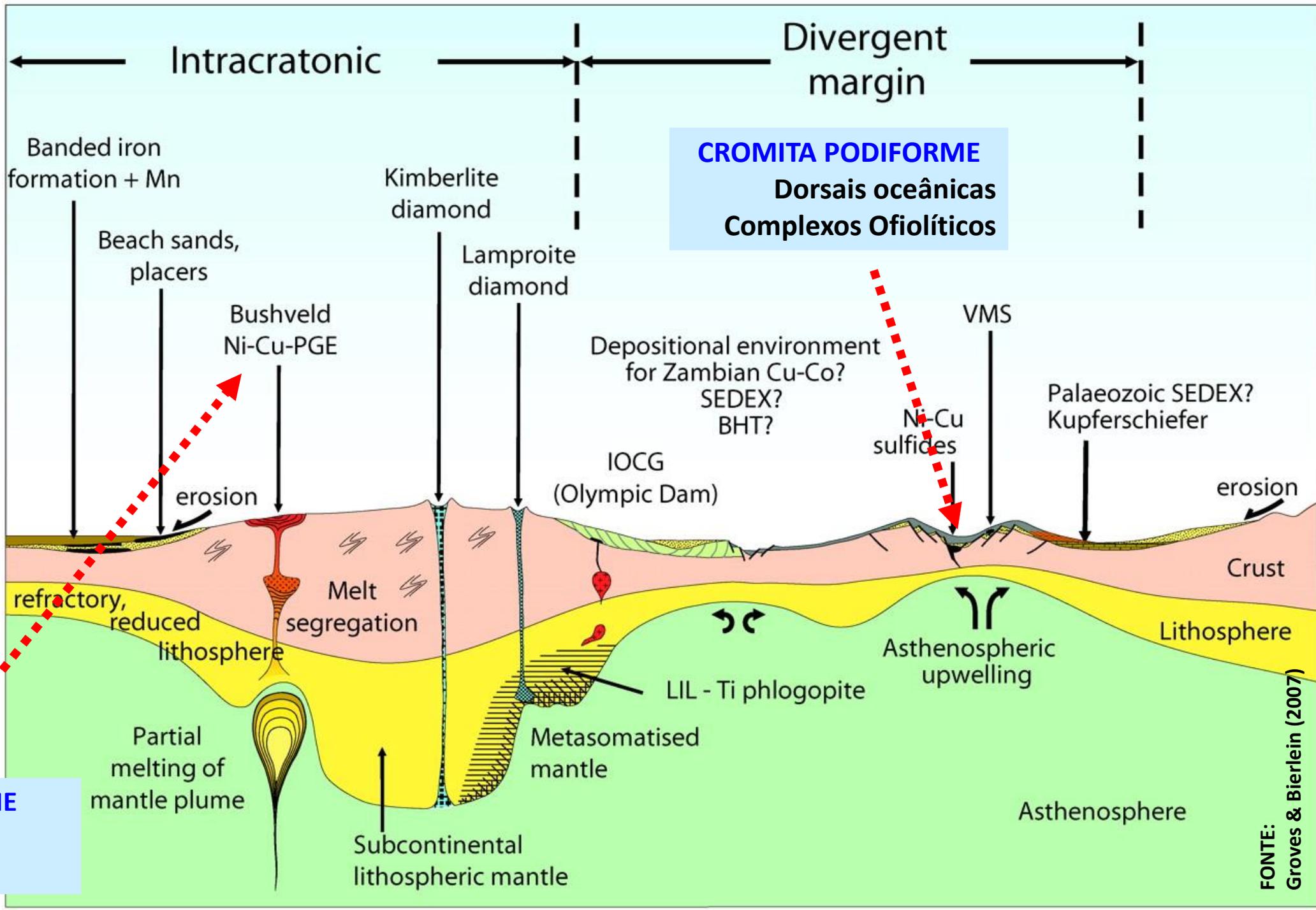
- 95% das reservas estão na África do Sul e Cazaquistão;
- Não se conhecem substitutos do Cr na metalurgia;
- Reservas (~12 bilhões t) suficientes para séculos.

FONTE: Mineral commodity summaries 2020

U.S. Geological Survey

<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>

**DEPÓSITOS DE CR E ÓXIDOS DE FE-TI-  
V → AMBIENTES GEOLÓGICOS**



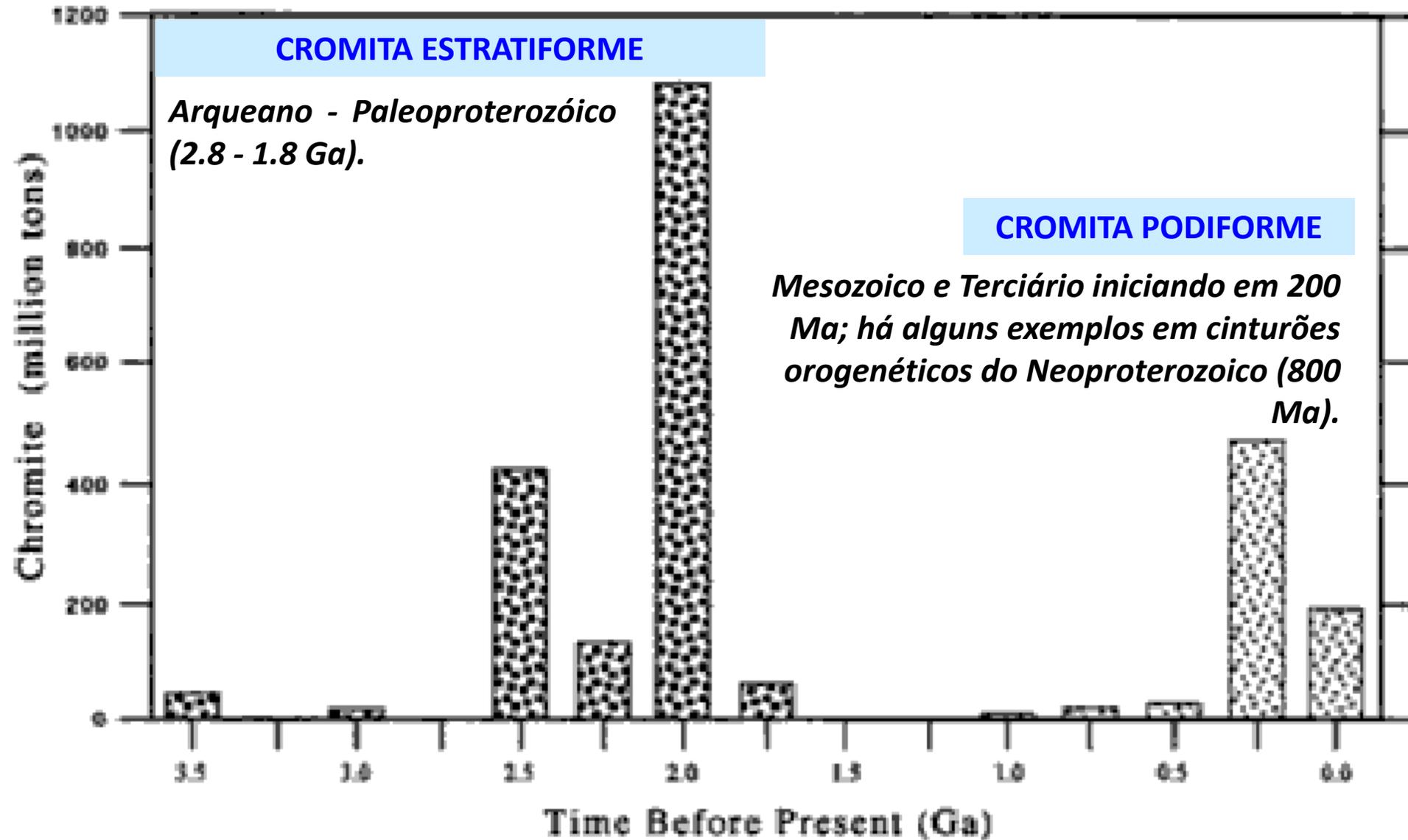
**CROMITA PODIFORME**  
Dorsais oceânicas  
Complexos Ofiolíticos

**CROMITA ESTRATIFORME**  
Regiões cratônicas  
Plumas mantélicas

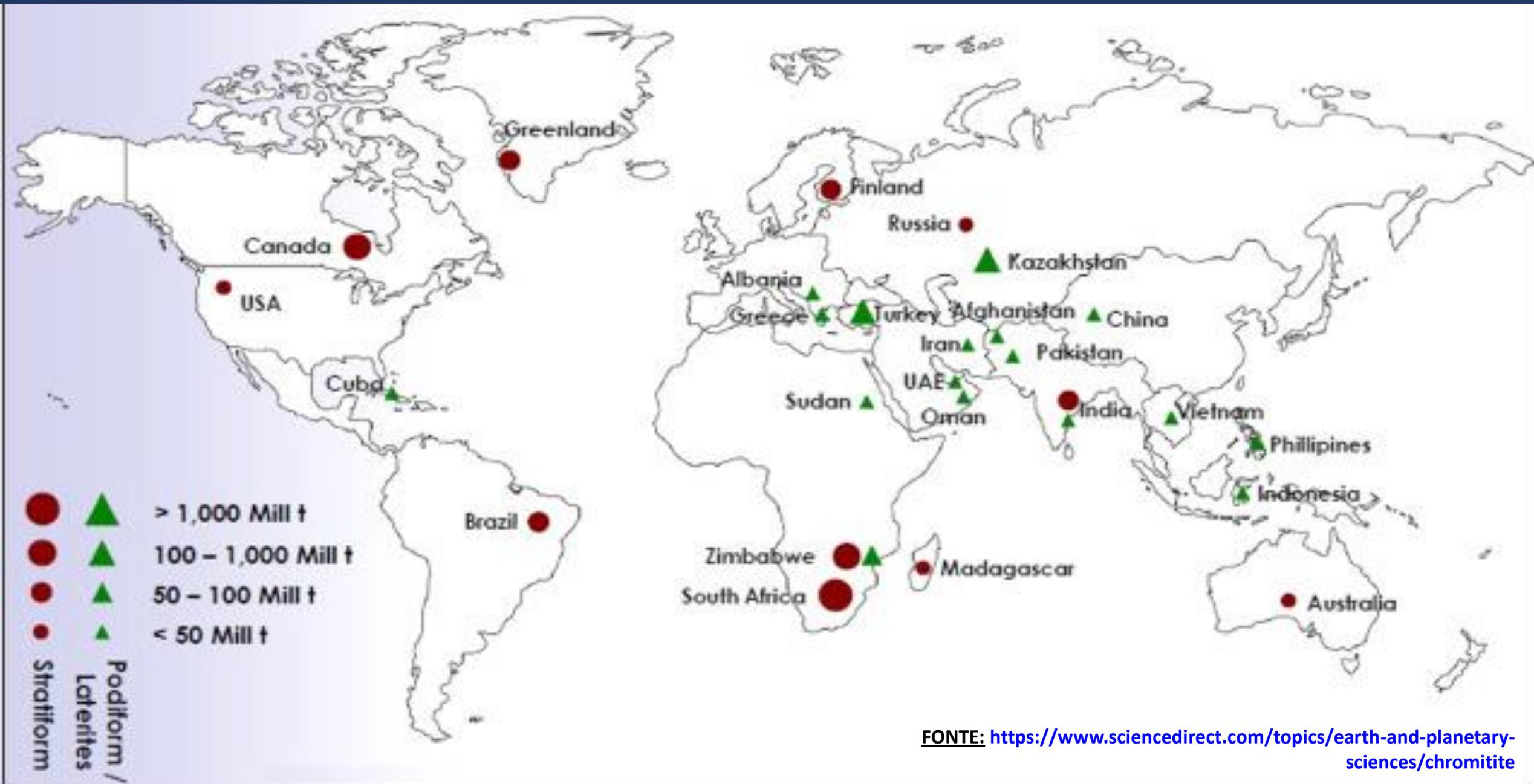
FONTE: Groves & Bierlein (2007)

# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

## DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL



# DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DOS DEPÓSITOS DE CR



FONTE: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/chromitite>

# MAGMATISMO ALCALINO

*DEPÓSITOS DE Nb – Ta*



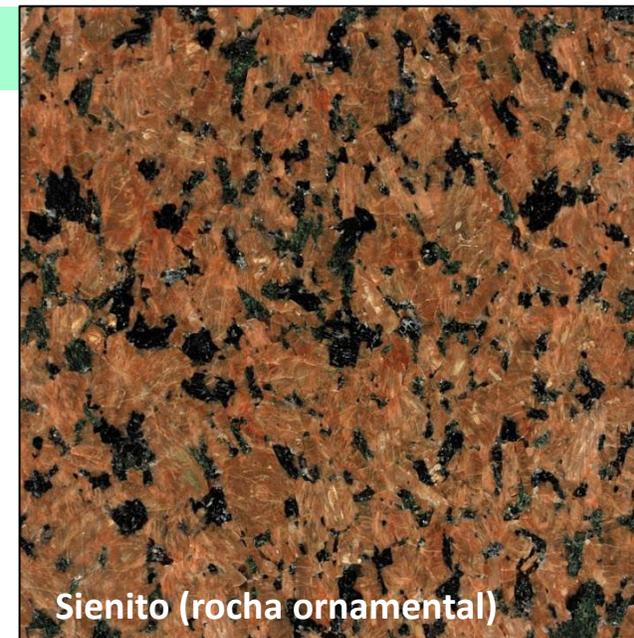
# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Depósitos de Nb – Ta → Importância magmas alcalinos

## DEPÓSITOS DE MILHÕES DE TONELADAS:

- ❖ FOSFATOS [*apatita* –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})$  ]
- ❖ Óxidos de Ferro (*magnetita* –  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
- ❖ Cu (*sulfetos*)
- ❖ Fluorita ( $\text{CaF}_2$ )

MAGMAS ALCALINOS  
Sienitos e carbonatitos



Sienito (rocha ornamental)

## DEPÓSITOS CENTENAS DE TONELADAS:

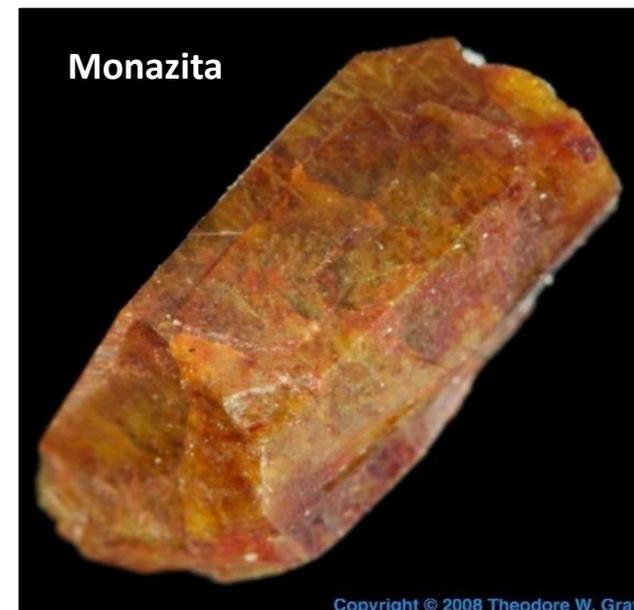
- ❖ Nb [*pirocloro* –  $(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Nb},\text{Ti},\text{Ta})_2\text{O}_6(\text{OH},\text{F},\text{O})$  ]
- ❖ ETR (*La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu*)
- ❖ Zircônio (*badeleíta* –  $\text{ZrO}_2$ )

❖ ROCHAS ORNAMENTAIS

Além de depósitos de...

❖ FELDSPATO (vidro e cerâmica)

❖ GEMAS (feldspatóides)



Monazita

# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Depósitos de Nb – Ta → Minerais de Minério

**Pirocloro**  $(\text{Na}_3, \text{Ca})_2(\text{Nb}, \text{Ti})(\text{O}, \text{F})_7$  + **apatita**  $[\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})(\text{PO}_4)_3]$  +  
**anatásio** + **columbita-tantalita**  $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$  ± **zircão** ±  
**magnetita**, **monazita**  $[(\text{Ce}, \text{Nd})\text{PO}_4]$



◀ **Chondrodite**  
 $(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{SiO}_4)_2(\text{F}, \text{OH}, \text{O})_2$  with  
**Magnetite** (Palabora Mine,  
South Africa)

**Magnetite in Calcite with Fluorapatite**  
from Palabora Mine, Phalaborwa  
Complex, Limpopo Province (formerly  
Transvaal), South Africa. ▶



**Apatite and phlogopite**  
from the Palabora carbonatite in  
South Africa ▶



# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Depósitos de Nb – Ta → Magmas alcalinos → Processos Genéticos

Evolução complexa, pois diversos processos atuam de maneira recorrente, às vezes simultânea:

❖ Cristalização Fracionada

❖ Desgaseificação e Metassomatismo

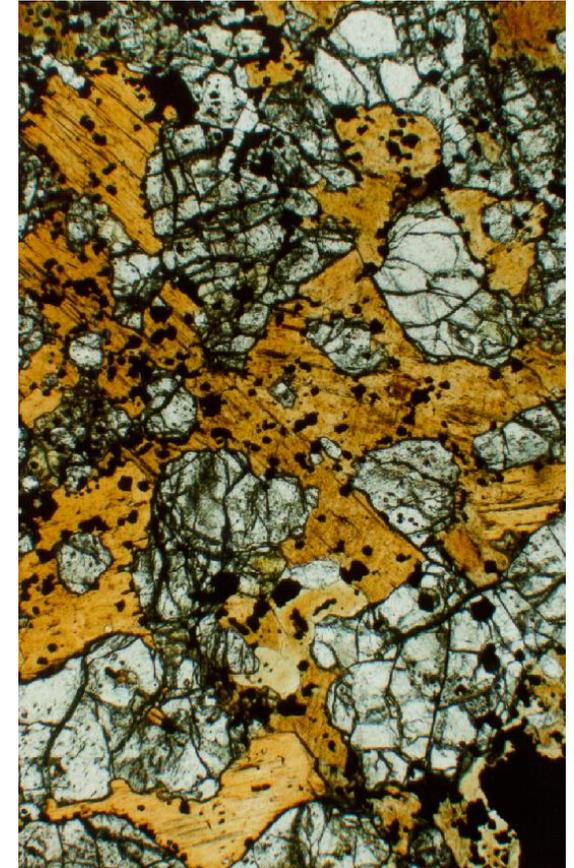
❖ *Imiscibilidade de Líquidos*

❖ *Assimilação Crustal*

## CRISTALIZAÇÃO FRACIONADA

→ Formação de cumulados:

- Magma **ultramáfico** alcalino – cumulados ricos em **olivina (Ni?)**, clinopiroxênio, **apatita (P)**, **perovskita (anatásio, Ti)**, **flogopita (vermiculita)**
- Magma **sienítico** – cumulados de **apatita (P)**, feldspato, +/- silicatos ricos em **Zr (e.g. eudialita)**
- Magma **carbonatítico** – cumulados de olivina, **apatita (P)**, magnetita, +/- **pirocloro (Nb)**, carbonato
- Magma **foscorítico** – cumulados de olivina, **apatita (P)**, **magnetita (Fe)**, **pirocloro (Nb)**



FONTE: Brod (1999)

# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Depósitos de Nb – Ta → Magmas alcalinos → Processos Genéticos

Evolução complexa, pois diversos processos atuam de maneira recorrente, às vezes simultânea:

- ❖ Cristalização Fracionada
- ❖ Desgaseificação e Metassomatismo
- ❖ *Imiscibilidade de Líquidos*
- ❖ *Assimilação Crustal*

## METASSOMATISMO

→ Formação de fenitos:

- ❖ Enriquecimento de magmas alcalinos em fases voláteis não aquosas, tais como  $\text{CO}_2$  e halogênios (*F, Cl, Br, I, At*), permite a concentração de elementos no fundido residual no decorrer da cristalização.
- ❖ METASSOMATISMO ALCALINO  
*Fluidos ricos em Na e/ou K liberados em decorrência do resfriamento de carbonatitos.*



Fenito com forte alteração rica em feldspato potássico.

Depósitos de Nb – Ta → Magmas alcalinos  
 → Distribuição Espacial

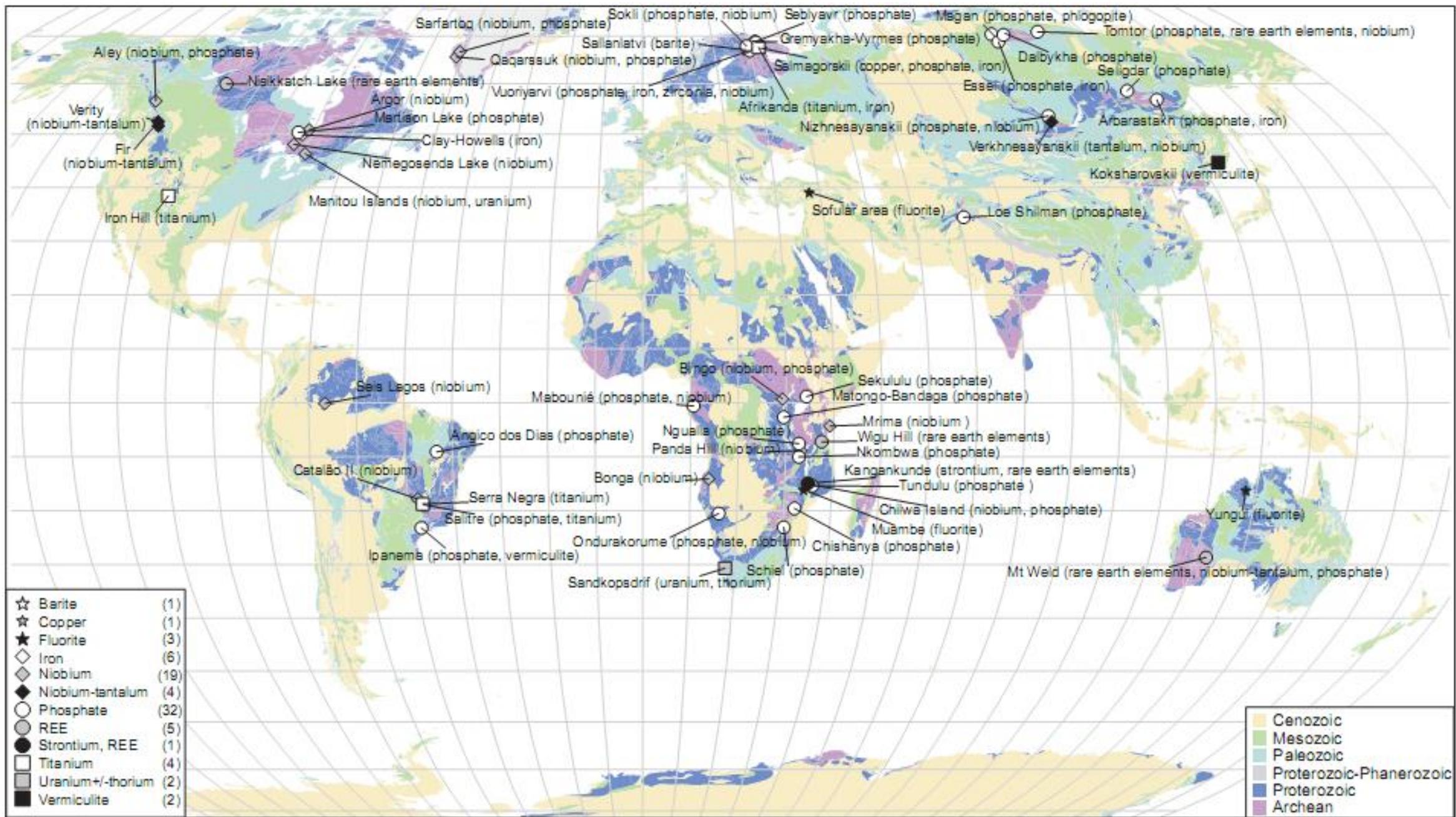


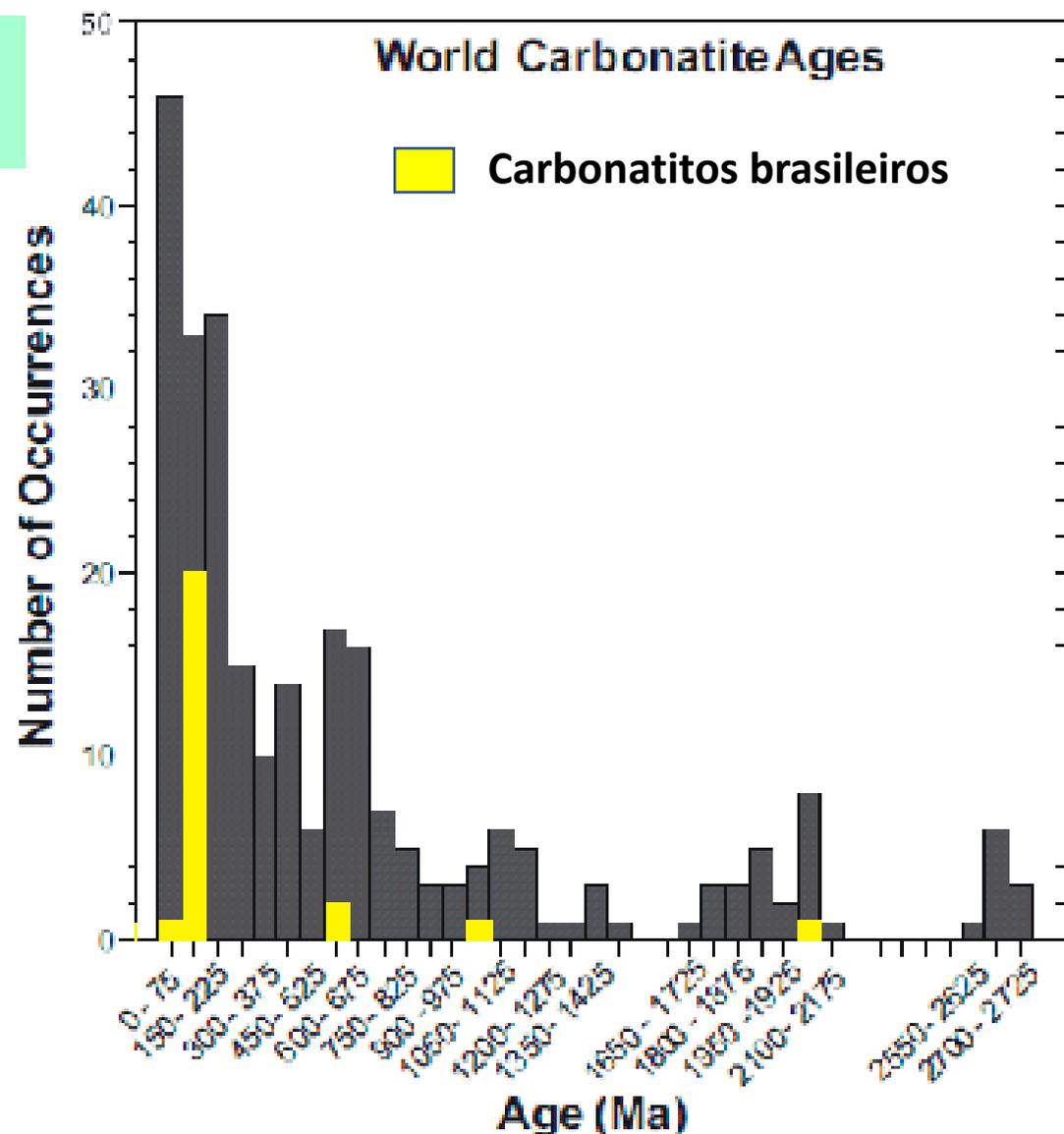
Figure 22. Carbonatite localities of economic interest that are deposits, subdivided by commodity type.

# MAGMATISMO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Depósitos de Nb – Ta → Magmas alcalinos  
→ Distribuição Temporal

**Table 2.** The number of carbonatite occurrences by continent.

	Number of Known Occurrences	Percentage of Total Known Occurrences
Africa	171	35%
America North	112	22%
America South	29	5%
Antarctica	1	
Asia	160	30%
Australasia	11	2%
Europe	35	6%
Oceanic Islands	8	1%
<b>Total</b>	<b>527</b>	

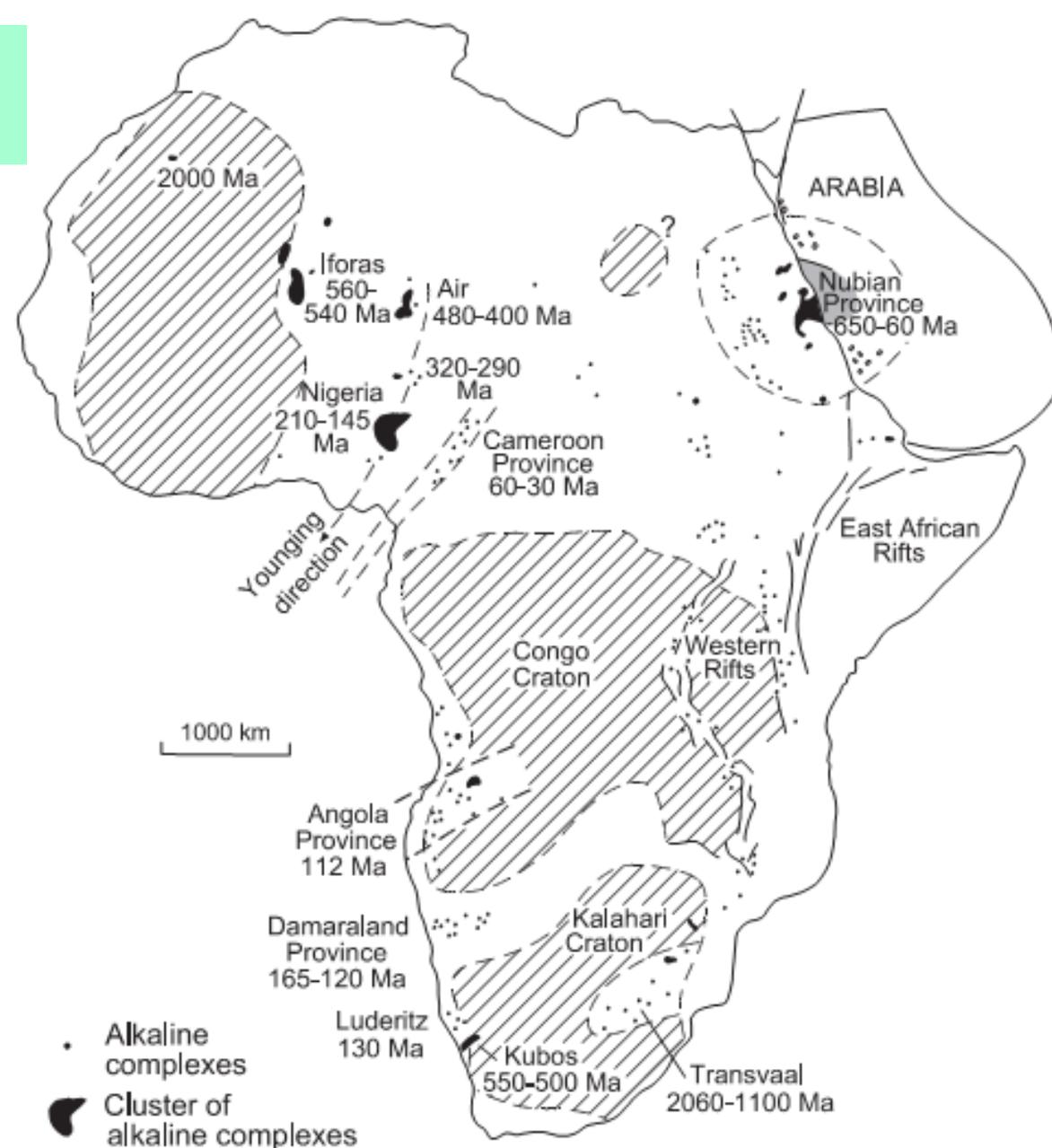


**Figure 12.** Carbonatite age histogram (using 75 million year bins).

**Depósitos de Nb – Ta → Magmas alcalinos  
→ Modelo Genético**

**NO CASO  
AFRICANO....**

**Complexos carbonatíticos estão associados a regiões cratônicas afetadas por falhas profundas (crustais).**



**Fig. 4.31** Distribution of alkaline complexes in Africa, showing spatial relationship to crustal fractures and cratonic areas. After Black et al. (1985)



PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES EM ÓXIDOS → PRECIPITAÇÃO QUÍMICA  
Formações Ferríferas Bandadas (depósitos de Ferro)



# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Formações Ferríferas Bandadas (*Banded Iron Formation – BIFs*) → Importância

**OS MAIORES DEPÓSITOS DE FERRO DO PLANETA SÃO DE ORIGEM SEDIMENTAR**

→ *Formações Ferríferas Bandadas, que ocorrem em todos os continentes e que são quase que exclusivamente do Pré-cambriano.*

→ *Teores médios nos BIFs: > 60% Fe (atualmente muitos depósitos têm entre 56-59% Fe).*



**A maior parte do minério ferrífero atualmente explorado provém de óxidos de Fe:**

**Hematita:**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (70% Fe)

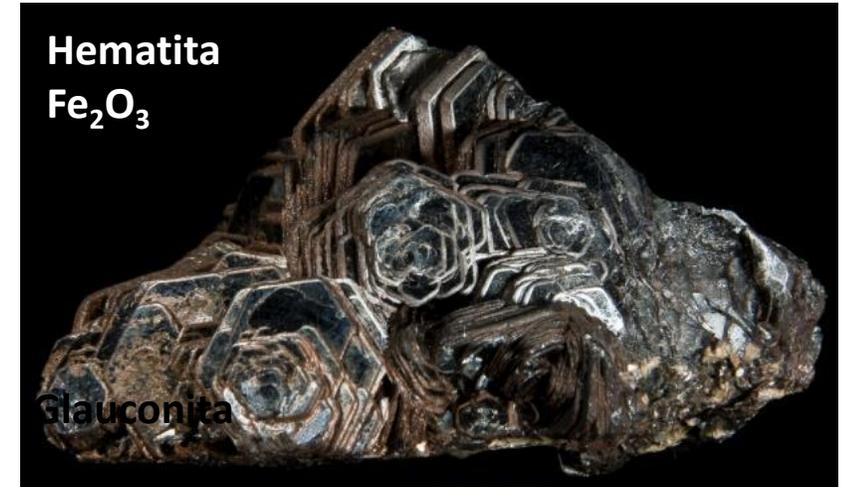
**Goethita:**  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , (63% Fe)

**Limonita:** uma mistura entre óxidos hidratados de ferro (até 60% Fe)

**Magnetita:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (72% Fe).

# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Formações Ferríferas bandadas (depósitos de Fe) → Minerais de Minério



Hematita  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Glauconita



Magnetita  
 $\text{Fe}_3\text{O}_4$   
( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ )

**ASSOCIADOS AO MINÉRIO, PODEM OCORRER (MAS NÃO CORRESPONDEM A MINERAIS DE MINÉRIO):**

- |                     |   |            |
|---------------------|---|------------|
| Goethita            | → | hidróxido  |
| Ankerita e siderita | → | carbonatos |
| Pirita, calcopirita | → | sulfetos   |

# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

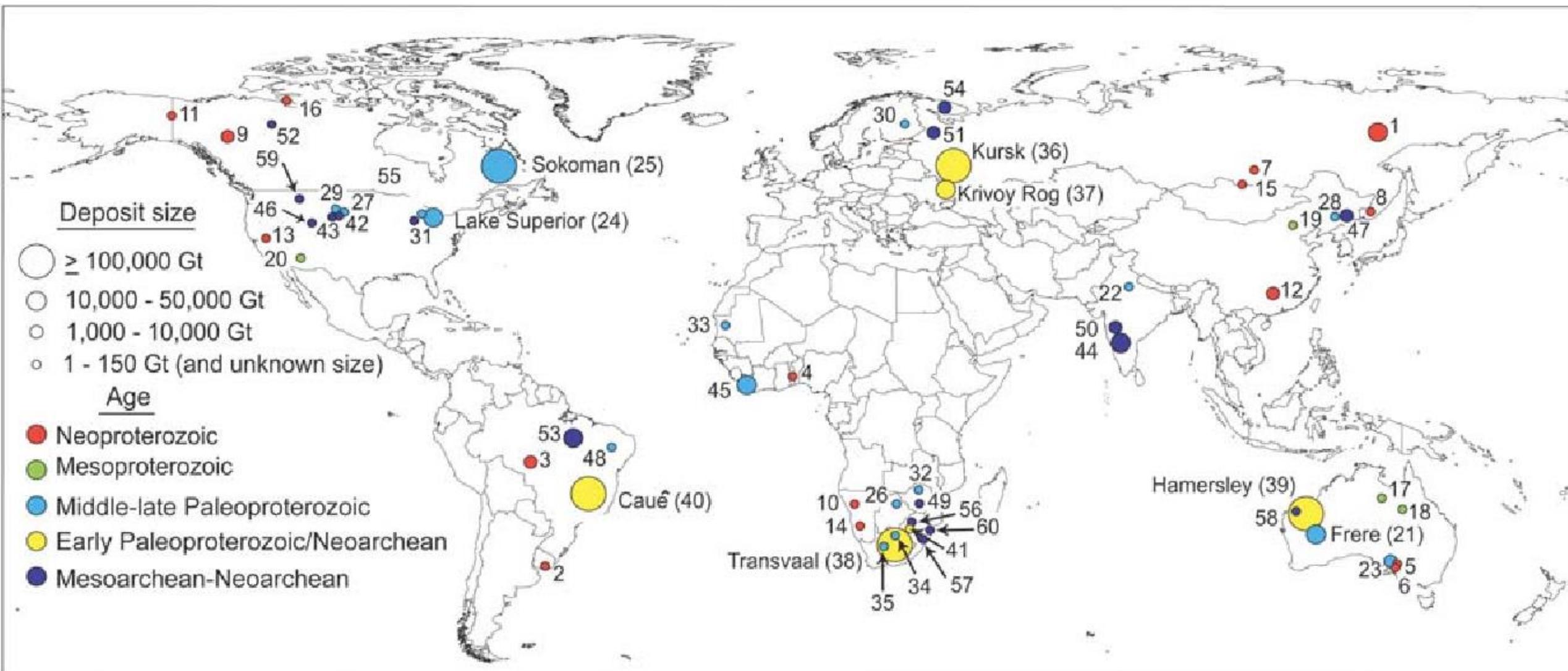
## Formações Ferríferas bandadas (depósitos de Fe)

- Rochas sedimentares ricas em ferro (20-40% Fe) e silicosas (40-50% SiO<sub>2</sub>), caracteristicamente laminadas, com alternância entre camadas ricas em Fe e Si (*chert*). Pode haver lamina de carbonatos também.
- Mais importantes fontes de Fe do planeta com reservas que superam qualquer outra classe de depósitos.



# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

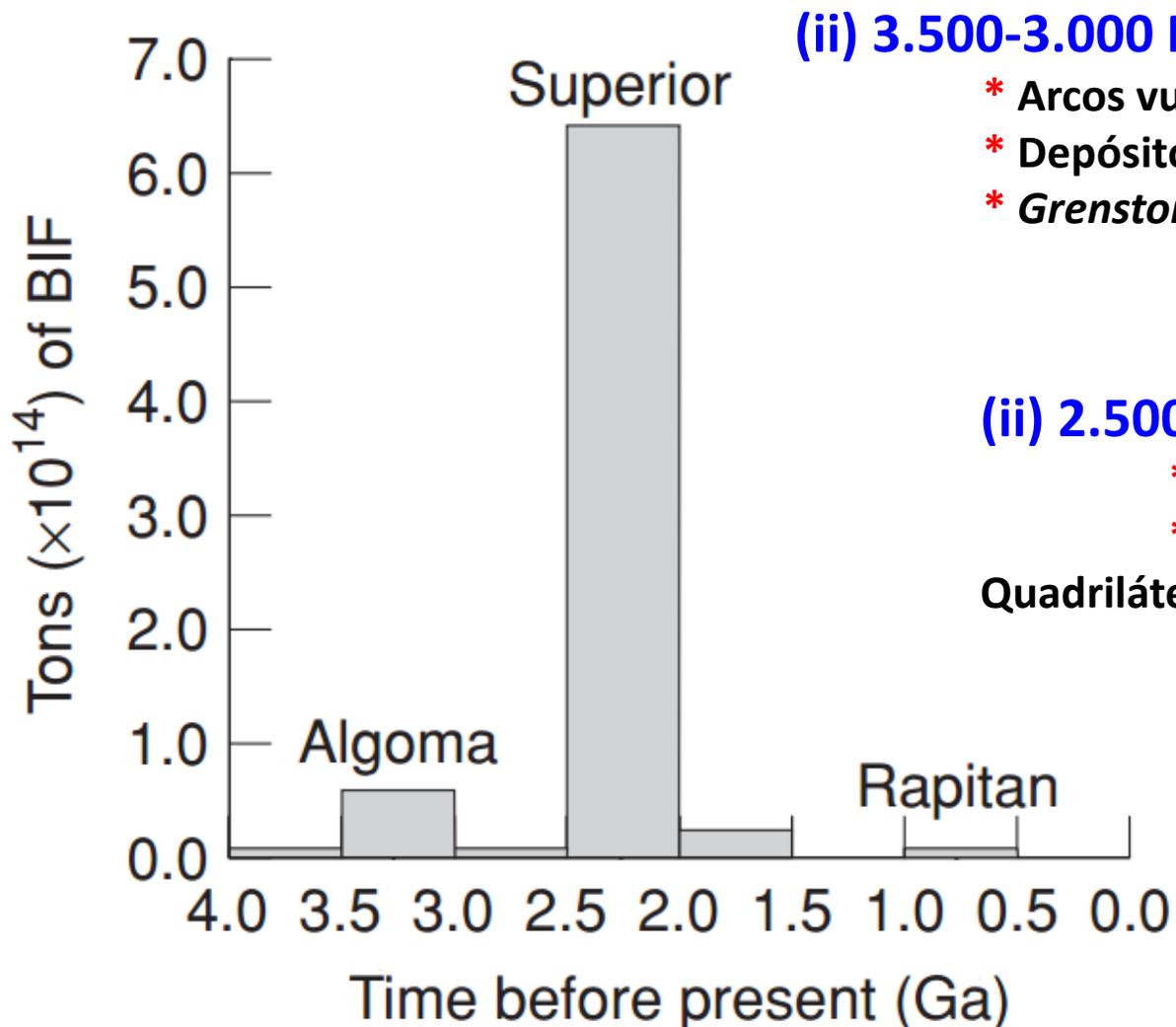
Formações Ferríferas bandadas (depósitos de Fe) → Distribuição Espacial



# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Formações Ferríferas bandadas (depósitos de Fe) → Distribuição Temporal

## DEPÓSITOS DE TRÊS PERÍODOS DO ARQUEANO E PROTEROZOICO:



### (ii) 3.500-3.000 Ma: Tipo ALGOMA

- \* Arcos vulcânicos (terrenos *greenstone belts*)
- \* Depósitos de pequeno porte.
- \* *Grenstone Belt* da província Abitibi (Canadá)

### (ii) 2.500-2.000 Ma: Tipo LAGO SUPERIOR

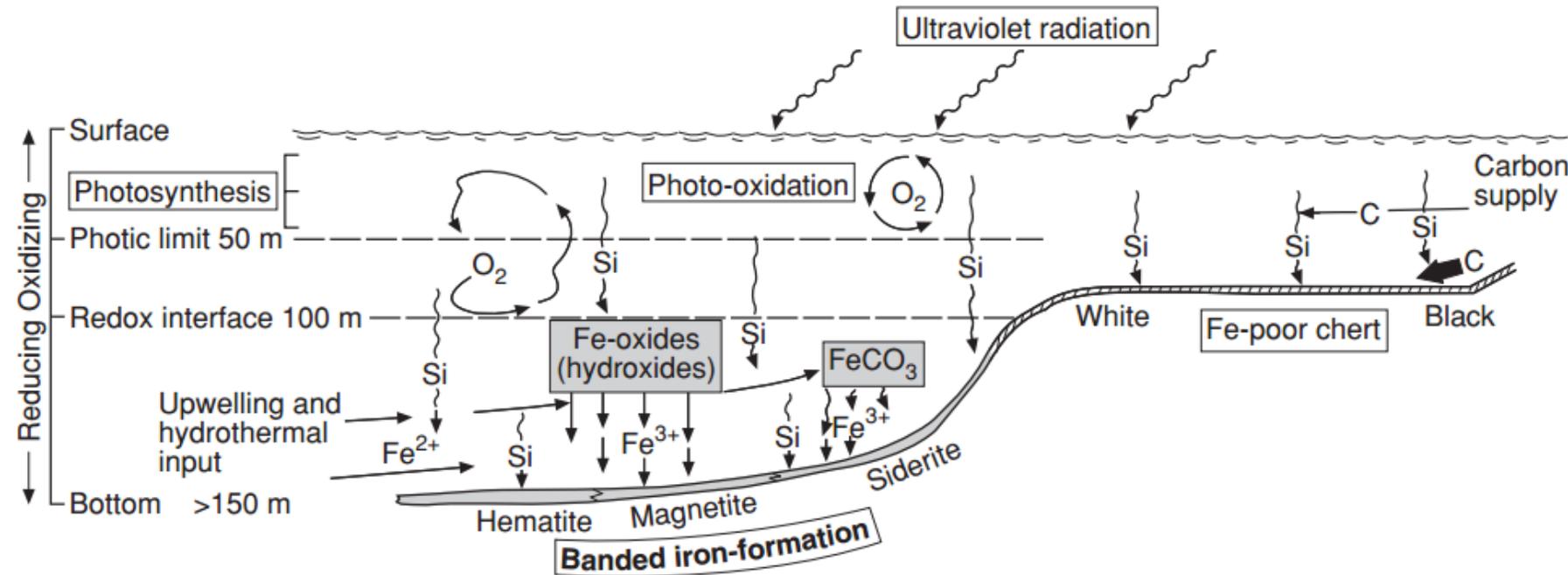
- \* Plataformas continentais estáveis do Proterozoico.
- \* Austrália (Hamersley Basin), África do Sul (Bacia Transvaal), Quadrilátero Ferrífero (BR), e o Lago Superior (EUA, área tipo).

### (iii) 1.000-500 Ma: Tipo RAPITANO

- \* Sedimentos glaciais do Neoproterozoico.
- \* Área tipo está nas Montanhas Mackenzie (NE do Canadá).

# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

## Formações Ferríferas bandadas (depósitos de Fe) → Gênese das Formações Tipo Lago Superior



**Figure 5.18** Model invoking upwelling and oxidation of ferrous iron from an oceanic source to explain the depositional environment for BIFs. Oxidation of ferrous iron and precipitation of ferric iron compounds occurs at a diffuse redox interface formed by the production of oxygen in the upper water levels, either by photosynthesizing organisms or by ultraviolet radiation induced photo-oxidation, or both. The lateral zonation of BIF facies (i.e. siderite–magnetite–hematite) shown here differs from the simple scheme envisaged by James (1954). Diagram modified after Klein and Beukes (1993).

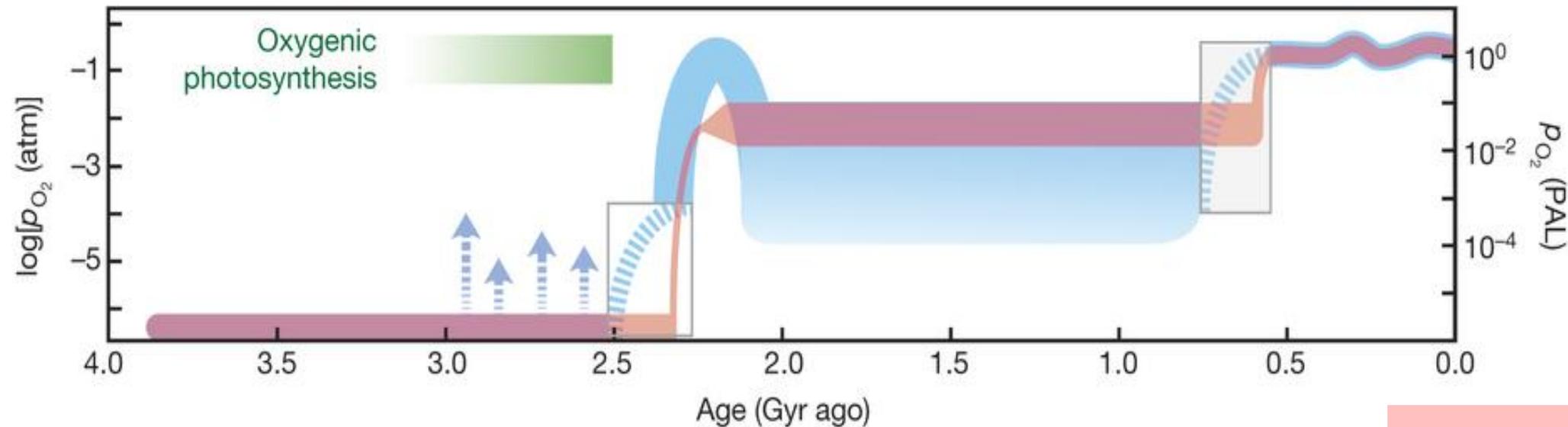
- ❖ Redução da concentração de sílica dos oceanos (atividade biológica)
- ❖ Ressurgência de  $\text{Fe}^{2+}$  (de águas frias e redutoras)
- ❖ Oxidação das camadas superiores por foto-oxidação (organismos fotossintetizantes)
- ❖ Oxidação do  $\text{Fe}^{2+}$  para ferro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ )

=> **Precipitação de hidróxido de Fe:  $\text{Fe}(\text{OH})_3$**

- ❖ **Ambientes saturados em carbonato: precipitação de  $\text{FeCO}_3$**

# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

Formações Ferríferas bandadas (depósitos de Fe) → Anomalia Lomagundi



Atmosfera e oceanos tornaram-se mais oxidantes

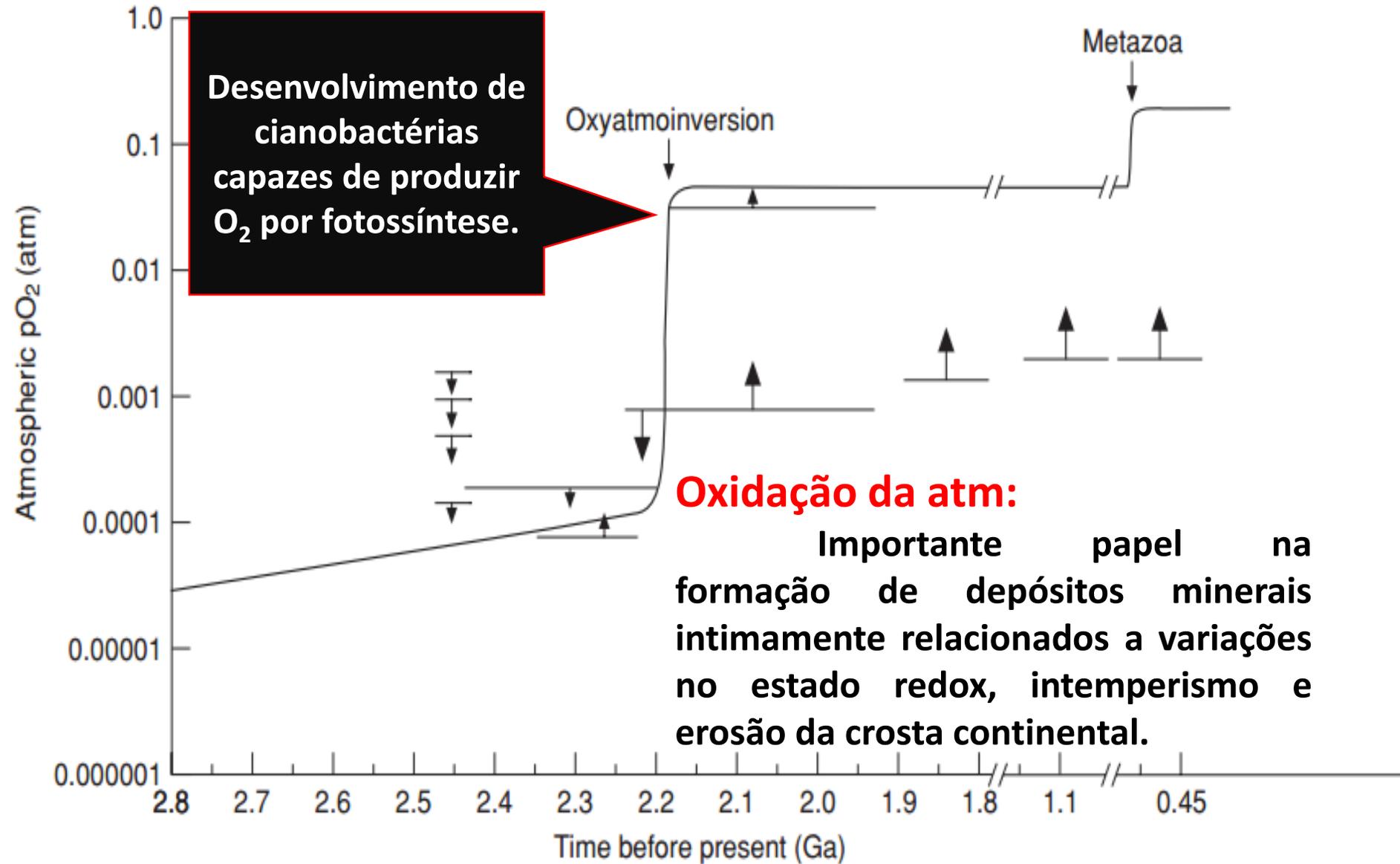
Fe passa a ocorrer largamente como ferro férrico (Fe<sup>3+</sup>) insolúvel

**GOT**  
GREAT OXIDATION EVENT

**BIFs tipo Rapitano**

- \* Sedimentos glaciogênicos neoproterozóicos
- \* Períodos glaciais (“*Snow-ball Earth*” period)
- \* Oceanos recobertos por uma capa de gelo: isolamento da atmosfera  
=> águas oceânicas retornam às condições redutoras

# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS



Formações bandadas de Fe)      Ferríferas (depósitos de Fe)

→ Oxidação da atmosfera

**Figure 6.3** Estimates of the episodic rise of pO<sub>2</sub> over the past 3 Gyr, constrained by data derived from the mobility of Fe in paleosols (fossilized soil horizons). Bars and arrows show actual estimates of the ages and pO<sub>2</sub> for a number of paleosol horizons worldwide, whereas the solid curve is the best estimate of the atmospheric pO<sub>2</sub> trajectory with time (after Rye and Holland, 1998).

Fonte: Robb (2005)

# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS

## Formações Ferríferas bandadas (depósitos de Fe) → Reservas Mundiais

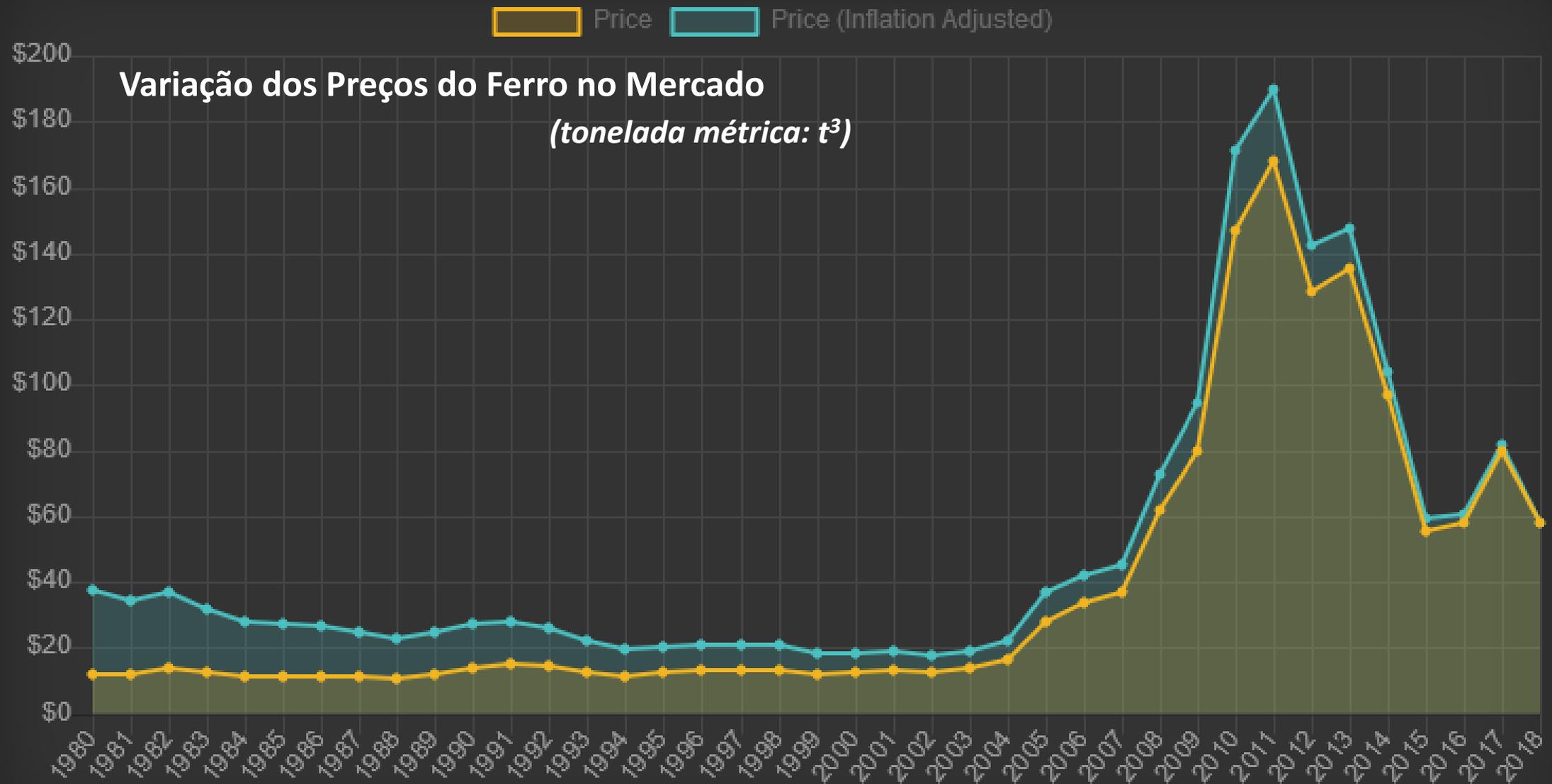
	Mine production				Reserves <sup>6, 7</sup>	
	Usable ore		Iron content		Crude ore	Iron content
	2018	2019 <sup>e</sup>	2018	2019 <sup>e</sup>		
United States	49,500	48,000	31,300	31,000	3,000	1,000
Australia	900,000	930,000	557,000	580,000	<sup>8</sup> 48,000	<sup>8</sup> 23,000
Brazil	460,000	480,000	250,000	260,000	29,000	15,000
Canada	52,400	54,000	31,500	33,000	6,000	2,300
Chile	14,000	14,000	8,940	9,000	NA	NA
China	335,000	350,000	209,000	220,000	20,000	6,900
India	205,000	210,000	126,000	130,000	5,500	3,400
Iran	36,400	38,000	23,900	25,000	2,700	1,500
Kazakhstan	41,900	43,000	11,700	12,000	2,500	900
Mexico	22,300	23,000	14,000	14,000	NA	NA
Peru	14,200	15,000	9,530	10,000	NA	NA
Russia	96,100	99,000	56,700	59,000	25,000	14,000
South Africa	74,300	77,000	47,200	49,000	1,100	690
Sweden	35,800	37,000	22,200	23,000	1,300	600
Ukraine	60,300	62,000	37,700	39,000	<sup>9</sup> 6,500	<sup>9</sup> 2,300
Other countries	62,500	62,000	35,800	35,000	18,000	9,500
World total (rounded)	2,460,000	2,500,000	1,470,000	1,500,000	170,000	81,000

FONTE: Mineral commodity summaries 2020

U.S. Geological Survey

<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>

# SEDIMENTAÇÃO NA GÊNESE DE MINERALIZAÇÕES NA FORMA DE ÓXIDOS



FONTE: <http://www.metalary.com/iron-price/>

