

GEOTECTÔNICA

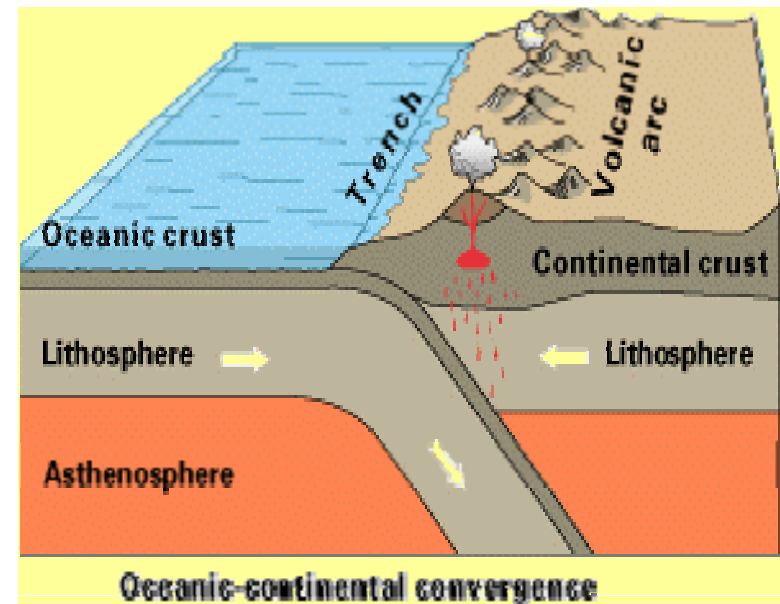
TECTÔNICA GLOBAL

Prof. Eduardo Salamuni

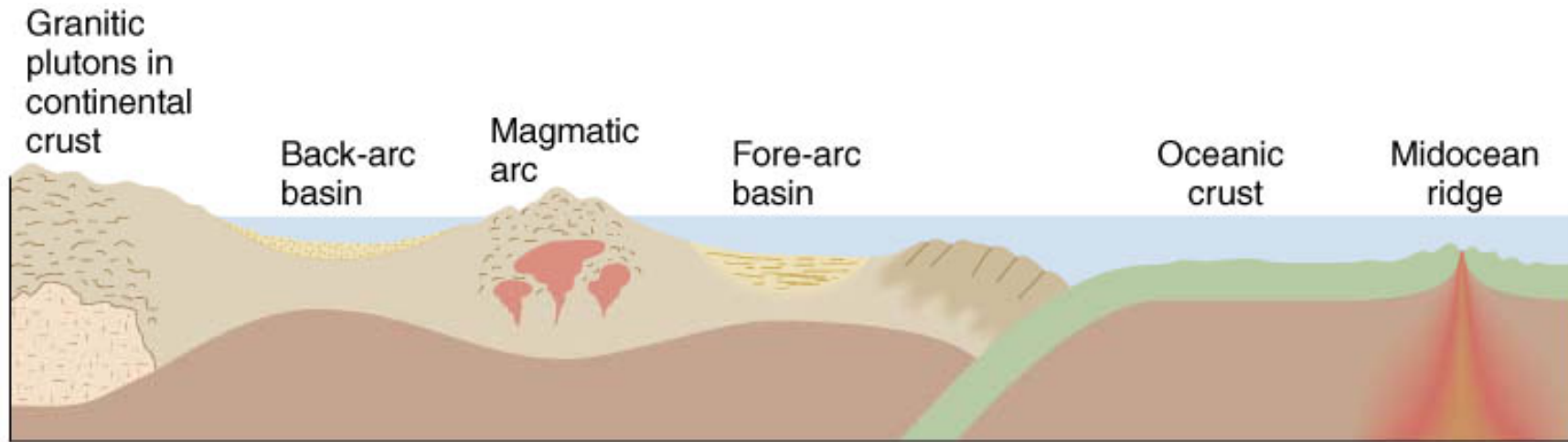
**AULA 11b: MINERALIZAÇÃO
E A TECTÔNICA GLOBAL –
BORDAS CONVERGENTES**

MINERALIZAÇÃO EM MARGENS CONVERGENTES

- Hospedam mais de 80 % dos depósitos.
- Os depósitos do tipo *pórfiro* e *epitermais*, associados a arcos magmáticos, são importantes fontes primárias de **cobre**, **ouro**, **prata**, **estanho**, **chumbo**, **mercúrio** e **molibdênio**.
- Os *skarns* associados a intrusões graníticas em margens continentais espessadas, fornecem **estanho**, **volfrâmio**, **bismuto** e **cobre**.
- Os *serpentinitos* (rochas ultramáficas metamorfas), obductados em margens convergentes, são fontes primárias de **chromo**.



SÍTIOS GEOTECTÔNICOS E MINERALIZAÇÃO



Metals	Tin Tungsten Bismuth Copper	Copper Zinc Gold Chromium	Copper Gold Silver Tin Lead Mercury Molybdenum	Lead Zinc Copper	Chromium	Manganese Cobalt Nickel	Copper Zinc
	Vein: contact metamorphic	Volcanogenic massive sulfide, stratabound, evaporites	Porphyry copper; veins	Stratabound in sediments	Magmatic chromite	Manganese nodules	Volcanogenic massive sulfide
Deposits							

COLISÕES CONTINENTAIS

- Primeiros estágios: hidrocarbonetos de colisão (mar raso); petróleo e gás em zonas de sutura. Exemplo: Golfo Pérsico
- Estágios intermediários: depósitos minerais metalíferos ocorrem tanto em arcos de ilha como em arcos continentais.
- Há metais como **Zn, Cu, Mo** e **Pb, Au** e **Ag**, e secundariamente **Sn, W, Sb** e **Hg**.
- A mineralização é diferenciada nos 3 estágios do crescimento do arco ou correlatos às três suítes magmáticas:

- I. Estágio Toleítico: registros de depósitos de **sulfeto maciço**.
- II. Estágio Cálcio-Alcalino Principal: há três variedades de depósitos de sulfetos estratiformes com altos conteúdos de **Pb, Zn, Ag** e **Ba** associados a andesitos ou basaltos, vulcânicas piroclásticas e sedimentos de águas profundas.
- III. Estágio Cálcio-Alcalino Tardio:

Desenvolve-se mineralização estratiforme de sulfetos associados a riolitos-dacitos ou até em piroclásticas andesíticas.

São depósitos exalativos formados pela mistura de água marinha e soluções hidrotermais a partir de fontes quentes.

Os principais depósitos são enriquecidos em **Zn, Pb, Cu** e **Ag**.

Os depósitos podem estar em:

(a) placer

(b) veios disseminados, associados a vulcanismo ou plutons graníticos formando-se por meio de fluidos derivados dos estágios finais da diferenciação dos arcos.

(c) forma de **pórfiros**, ligados a granitos alterados (ex. depósitos de **Cu** dos Andes).

(d) forma de **sulfetos maciços** (tipo Kuroko) ou ainda como depósitos do tipo *red beds*.

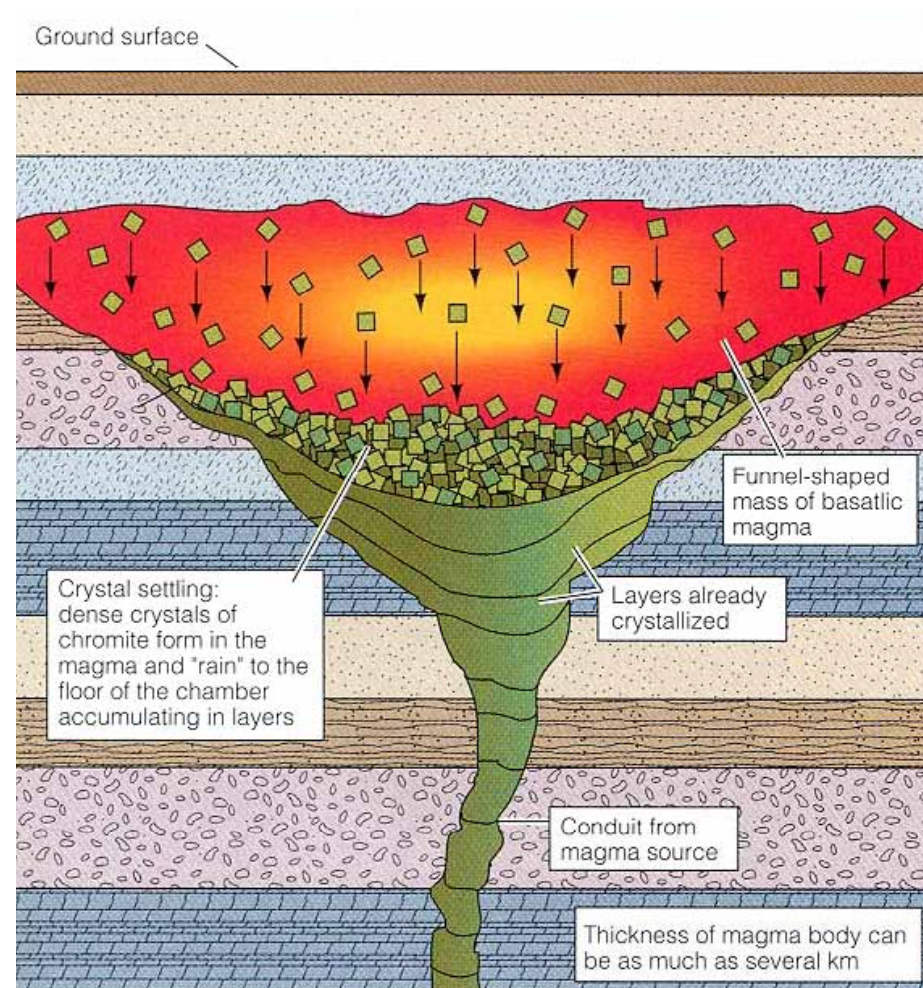
- Também há depósitos de cobre pórfiro – em cálcio-alcalinas na porção principal do arco, além de depósitos *skarníticos*. Intrusões desenvolvidas nestas regiões podem gerar depósitos de veios de **Es**, **Au**, e **Hg**.

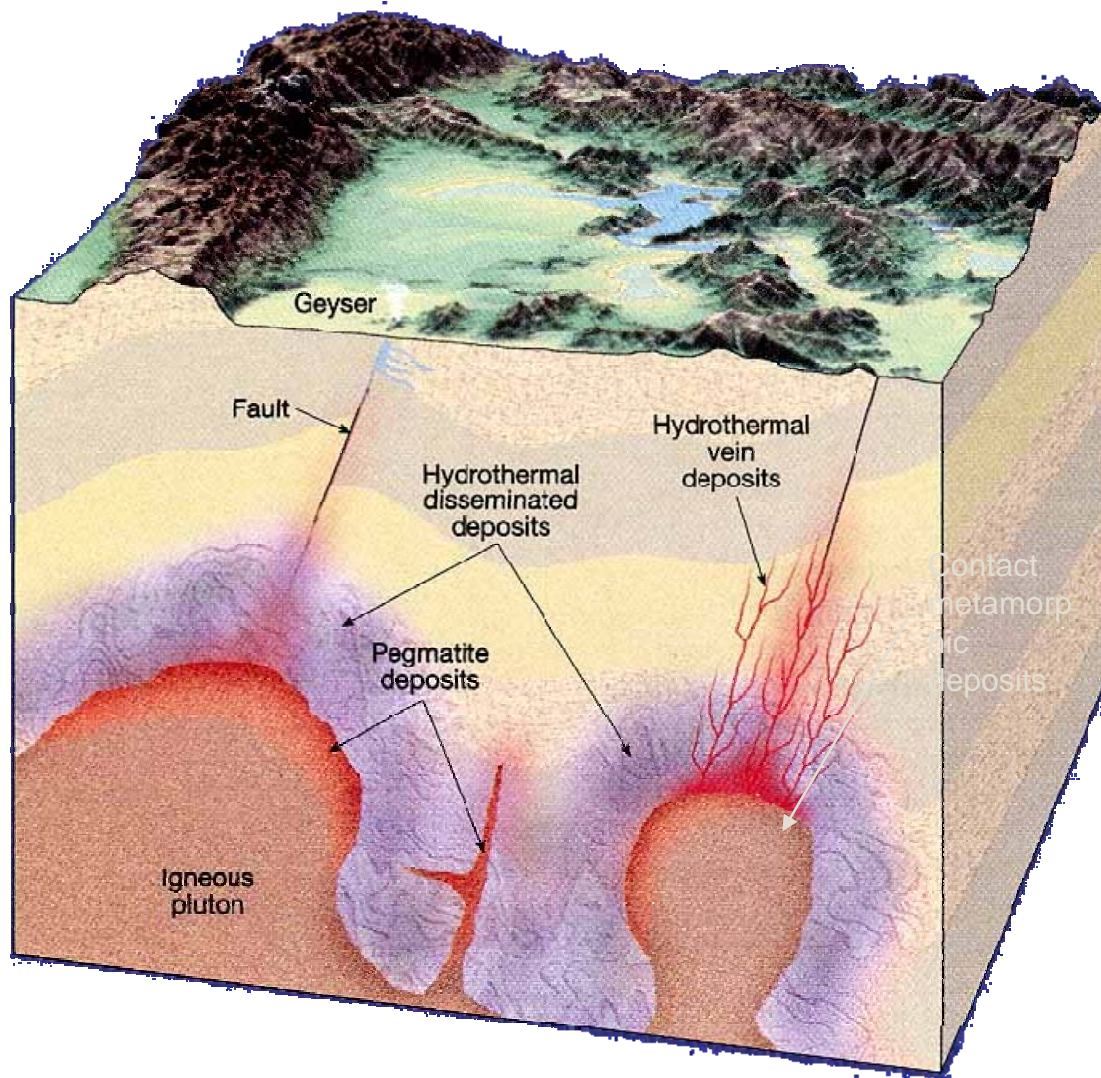
Depósitos em Ofiólitos

- Assembléia de rochas máficas e ultramáficas com poucas rochas ácidas (ricas em sódio) e uma associação característica de rochas sedimentares pelágicas.
- O metamorfismo é de alta pressão e baixa temperatura desde o fácies da zeólita (anquimetamorfismo) até a fácies do anfibolito.
- Ocorrem minerais com elementos radiogênicos incompatíveis entre si, tais como **K, Rb, Es, U** e **Th**, e **Terras Raras** leves.

MECANISMOS DE CONCENTRAÇÃO ÍGNEA

Assentamento gravitacional de cristais.
Exemplo: cromita
(magnetita / ilmenita)





Cúpula mineralizada em um pluton granítico



Cristais de turmalina de um pegmatito (8 cm)



Ouro nativo de um depósito hidrotermal (5 mm)

- Concentração em líquidos residuais

(a) a maioria dos minerais ígneos não incorporam quantidades significativas de água, nem outros elementos voláteis

(b) por cristalização fraccionada, os voláteis enriquecem os magmas residuais (mais diferenciados) que se concentram no topo da câmara magmática

(c) frequentemente, a pressão dos voláteis nos magmas tardios ascende ao ponto de gerar fraturamento das rochas subjacentes por onde escampam como fluidos hidrotermais.

Exemplos:

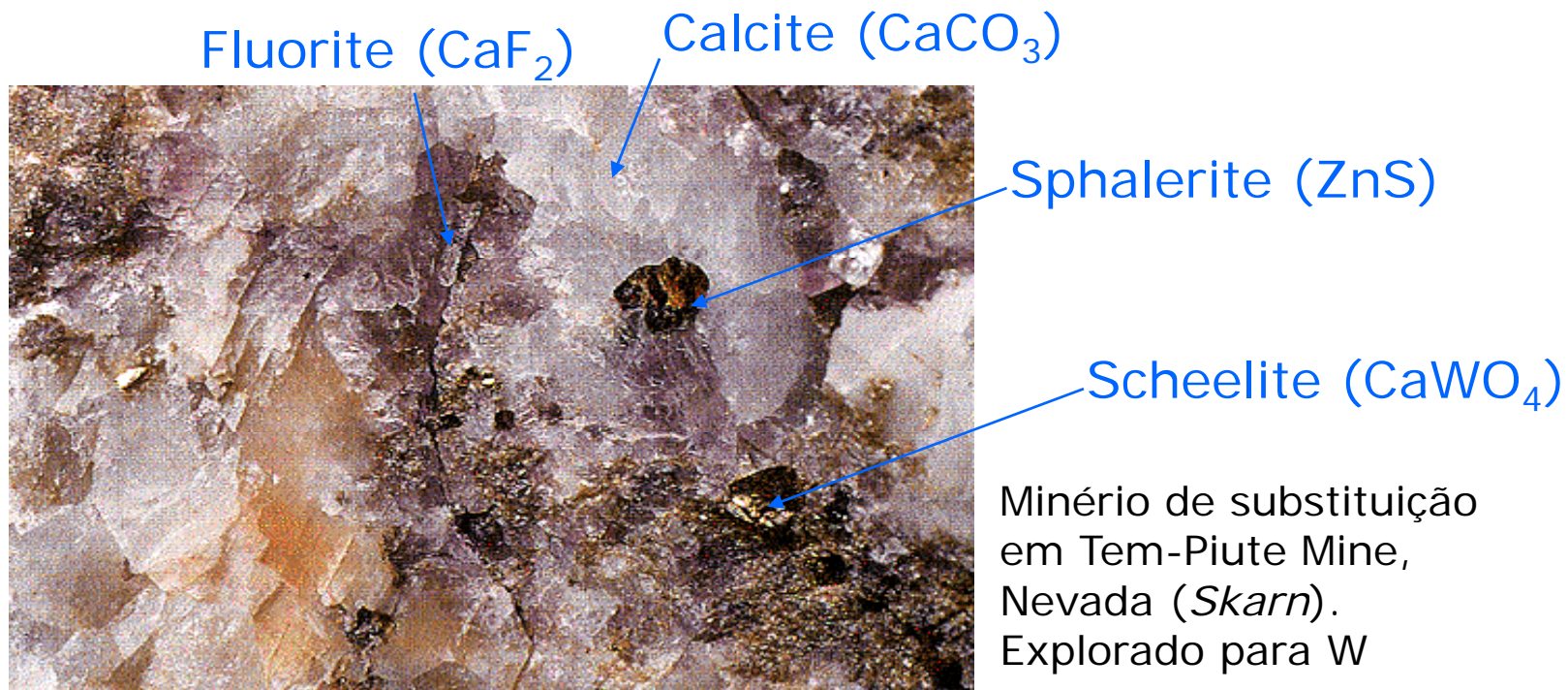
- Pegmatitos: Magmas muito diferenciados e hidratados, com concentrações anômalas de elementos voláteis: gemas, Li (baterias), Be, REE (semi-condutores)
- **Cu, Au, Ag, Hg, Pb, Zn**, magmático-hidrotermais ou hidrotermais
 - (a) Pórfiros **Cu** (Mo e outros) em margens activas.
 - (b) **Sn-W** em domínio continentais colisionais
 - (c) Sulfetos maciços ricos em Cu em riftes médio-oceânicos, zonas de *back-arc* ou mares epicontinentais.

No caso de arcos de ilha há uma tipologia diferenciada como segue abaixo:

- **Tipo Chipre:** associado a basaltos toleíticos ricos em **cobre** e sequências de ofiolito rica em ouro (Maciço de Troodos, Chipre).
- **Tipo Besshi:** associado com rochas vulcânicas e turbiditos continental, **cobre** e **zinco** com **ouro** e **prata** (Sanbagwa, Japão).
- **Tipo Kuroko:** associado com rochas vulcânicas félsicas particularmente cúpulas de riolito com **cobre**, **zinco**, **chumbo**, **ouro** e **prata** (Kuroko, Japão).

MECANISMOS DE CONCENTRAÇÃO METAMÓRFICA

- Metamorfismo de contato ocorre na borda das intrusões magmáticas e as rochas encaixantes
- Metamorfismo regional (orogênico): minérios de substituição (*Skarns*; Fe, Cu, W, Sn, Pb, Zn...)



Concentrações locais de talco, grafite, asbestos, granadas e corindo (abrasivos)

Granadas centimétricas geradas por metamorfismo regional



Monte Gore,
New York.
Exploradas para
abrasivos

DEPÓSITOS EM ARCOS MAGMÁTICOS

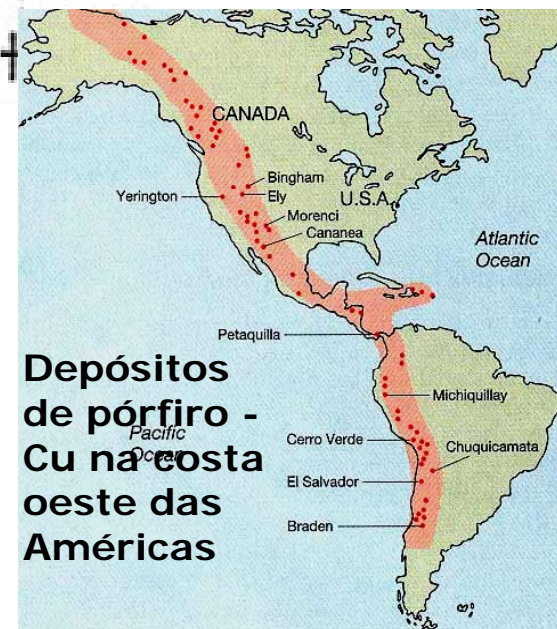
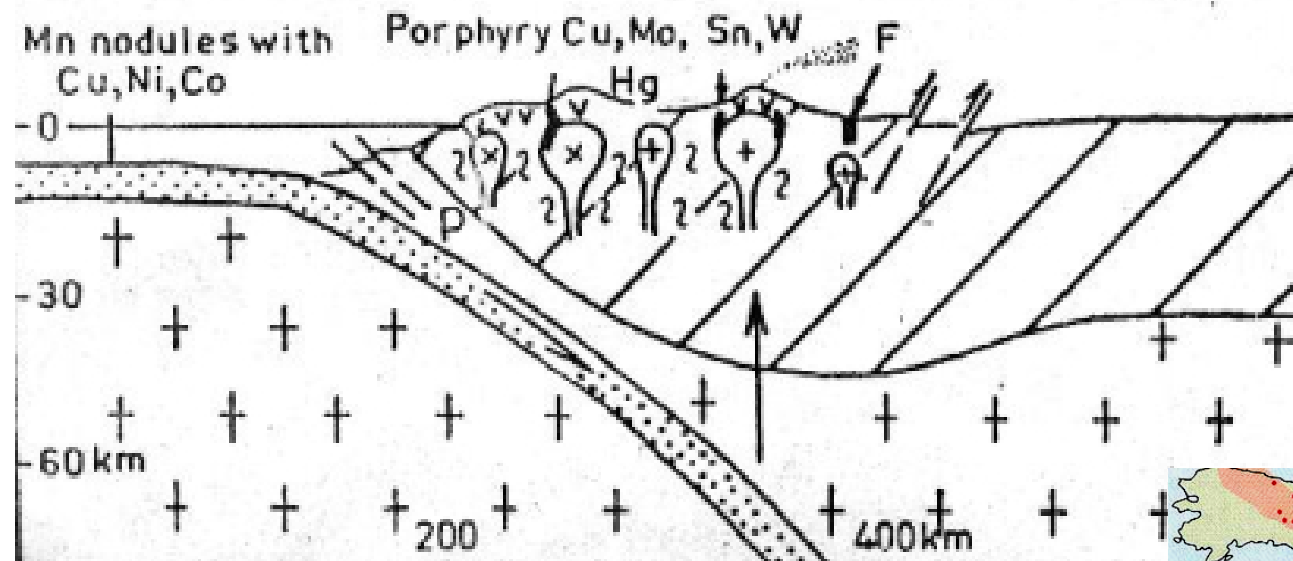
Em arcos magmáticos há geração de **depósitos metálicos** em função de níveis diferenciados de **pressão e temperatura**.

- São **complexos** devido à superimposição de diferentes sistemas geotectônicos no arco. Por ex., zonas de sutura sobre zonas de convergência.
- A sucessão de depósitos minerais é correlacionada à **variação dos litotipos e estruturas** locais. Mudam de composição com o incremento da distância a partir da trincheira.
- A maioria das mineralizações ocorre **em limites de consumo de placas**.

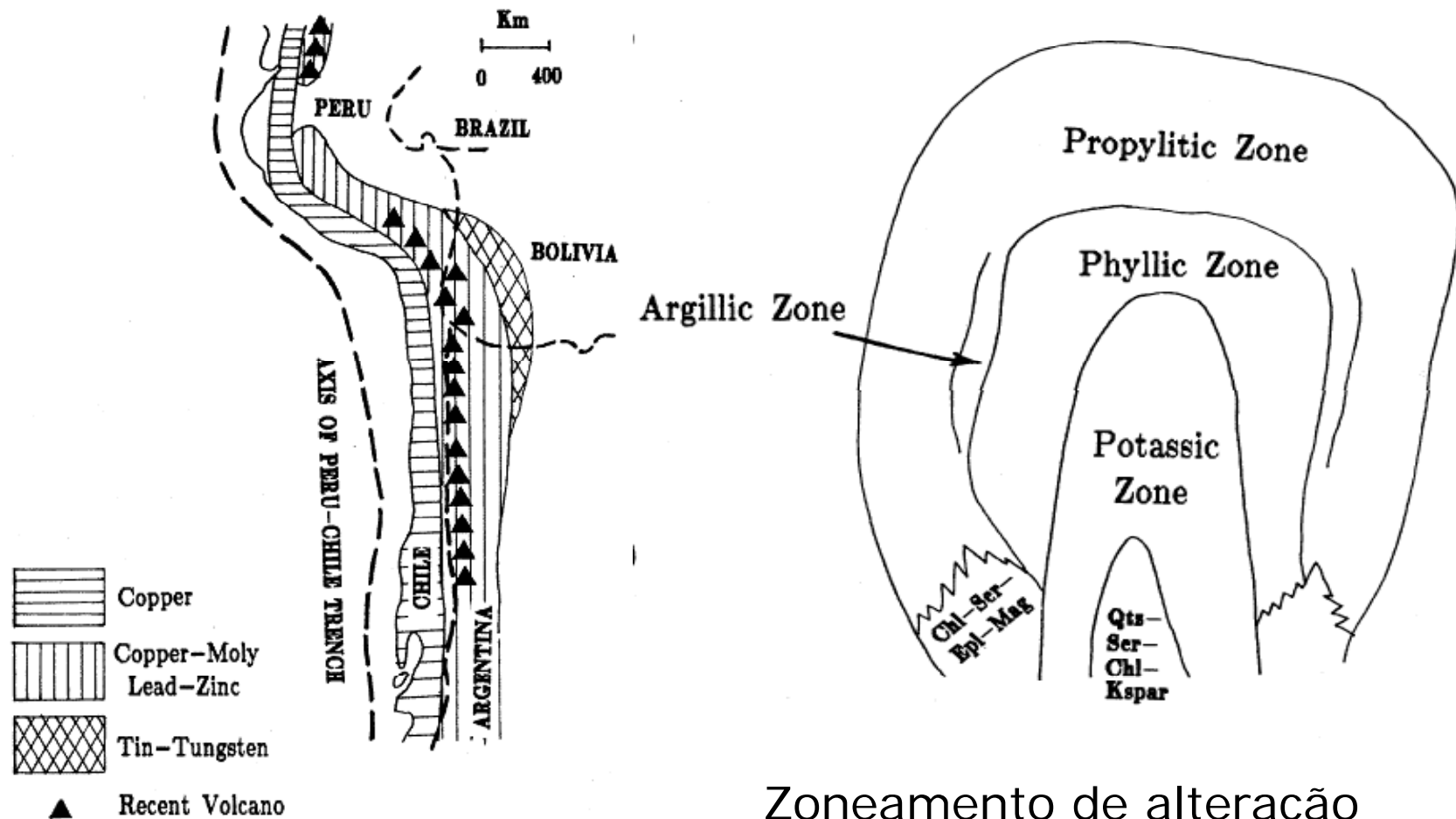
W

E

COMPRESSIONAL ARC-SYSTEM (Andean type)



Depósitos de pórfiro - Cu na costa oeste das Américas



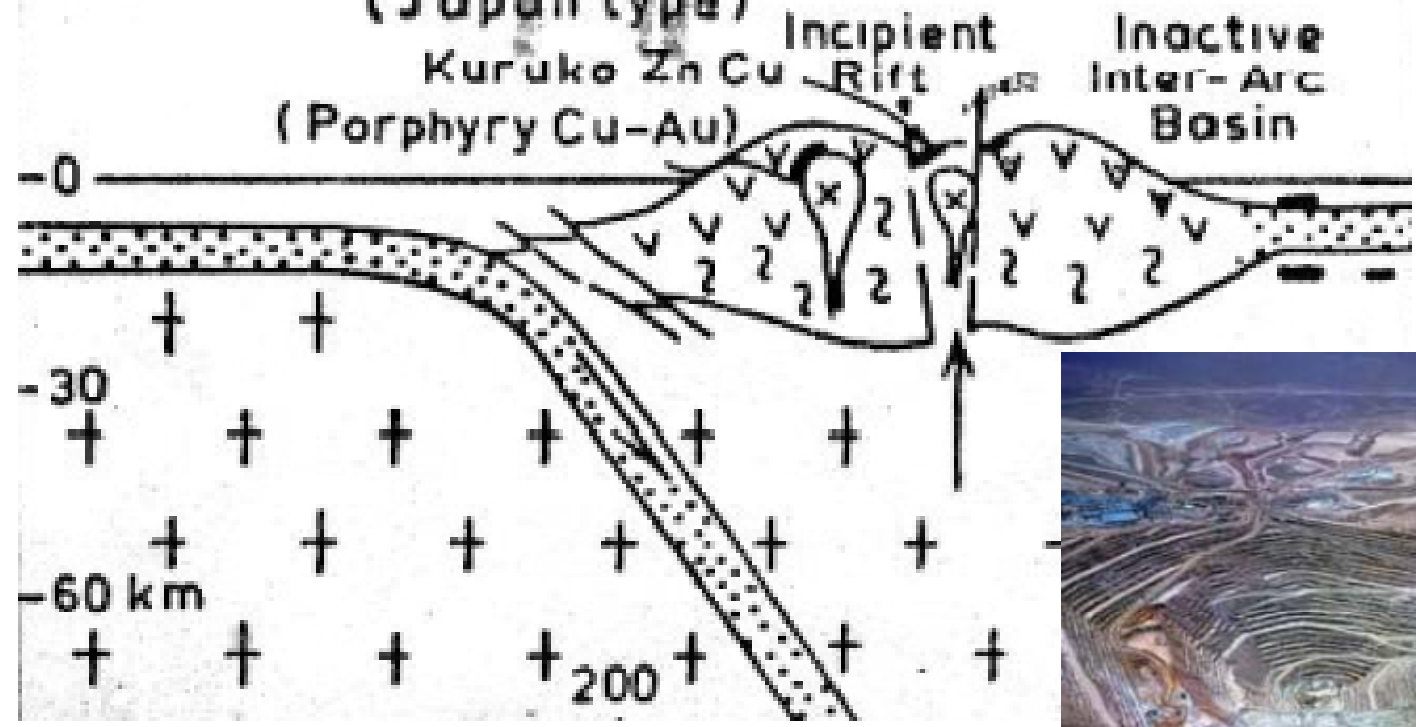
Zonas metalogênicas relacionadas à zona de subducção da América do Sul

Zoneamento de alteração hidrotermal Modelo Lowell-Guilbert de depósito de cobre-pórfiro

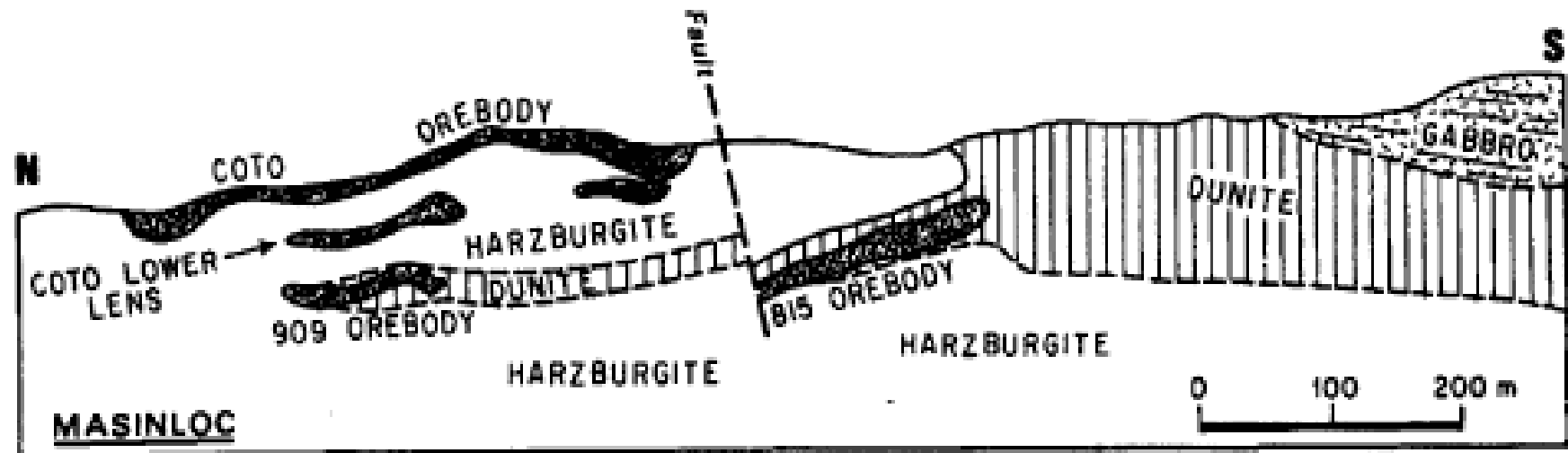
E

W

EXTENSIONAL ARC SYSTEM (Japan type)



La Escondida – Chile (Cu, Ag e Au)



Seção mostrando depósitos de cromita podiforme irregulares, mas fundamentalmente lenticulares que ocorrem dentro de peridotitos alpinos ou complexos ofiolíticos.

DEPÓSITOS CRATÔNICOS

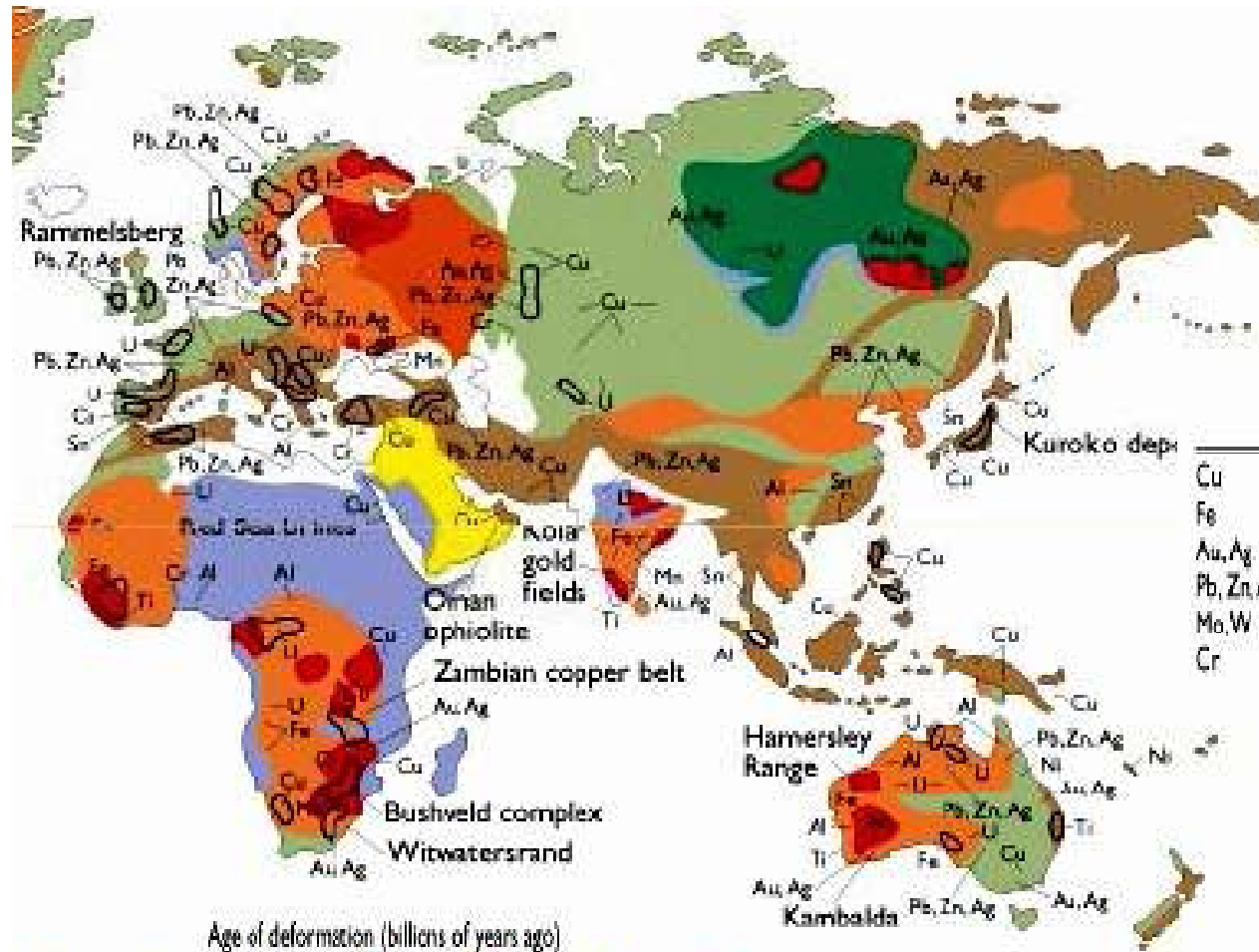
(ou formados no interior de Placas)

- Bacias interiores, riftes intracontinentais e aulacógenos:
- Bacias intracratônicas
- Afastadas da margens de placas divergentes e convergentes
- Sedimentação em extensas áreas:
 - em águas rasas (plataformas continentais, lagos e mares restritos);
 - em águas profundas (bacias oceânicas).
- Atividade ígnea restrita

Ex.: depósitos residuais; depósitos de pláceres; depósitos de metais base; *ironstones*; depósitos hidrotermais.

- Há **diamantes** em *pipes* kimberlíticos;
- Em depósitos de *placers* ocorrem bauxita, lateritas níquelíferas e evaporitos, além de **Au**, **E** e **U**.
- Formações ferríferas são encontradas em bacias cratônicas rasas, ricas em magnetita (ou hematita) associadas a quartzo. Há sedimentos ricos em Mn, com sucessões cratônicas associadas a carbonatos.
- Nos *Greenstones Belts* arqueanos ocorrem as maiores reservas de **Au** (em veios de quartzo e disseminados em sulfetos tardios associados a depósitos hidrotermais de chert ou carbonatos); **Ni**, **Cu** (depósitos de sulfeto associados a komatiito) **Zn** associados a rochas vulcânicas félsicas subaquáticas.
- Ainda há formações ferríferas bandadas menores.

Depósitos metálicos de classe mundial na crosta continental



Elements			
Cu	Copper	Ni	Nickel
Fe	Iron	Mn	Manganese
Au, Ag	Gold and silver	Al	Aluminum
Pb, Zn, Ag	Lead, zinc, and silver	Ti	Titanium
Mo, W	Molybdenum and tungsten	Sn	Tin
Cr	Chromium	U	Uranium



