

MODELO EXPLORATORIO PARA DEPOSITOS
AURIFEROS EM ZONAS DE CISALHAMENTO

MINEROPAR

Minerais do Paraná S.A.

53.411
482

MODELO EXPLORATÓRIO PARA DEPÓSITOS
AURÍFEROS EM ZONAS DE CISALHAMENTO

SÉRGIO MAURUS RIBAS

"Seminário Apresentado à Cadeira
Metalogênese Global (GA 004) do Curso
de Pós-Graduação a Nível de Mestrado,
Área de Concentração em Metalogênese,
Instituto de Geociências - UNICAMP -"
Profs: Job de Jesus Batista e
Bernardino R. Figueiredo

Apoio: CAPES
MINEROPAR

F
553.411
R 482

Registro n. f1271



Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A.
BIBLIOTÉCA
REG. 1271 DATA 11-07-88

MODELO EXPLORATÓRIO PARA DEPÓSITOS AURÍFEROS EM ZONAS DE CISALHAMENTO

1 - INTRODUÇÃO:

O controle estrutural acha-se presente em quase todos os tipos de depósitos, seja na geração, mobilização, alojamento ou preservação dos depósitos. Com isso, tem-se reconhecido controles estruturais na maioria dos depósitos de ouro do mundo, sendo as zonas de cisalhamento a principal feição estrutural controladora das mineralizações.

O modelo de depósitos de ouro em zonas de cisalhamento engloba os modelos clássicos de depósitos tipo veio ou filão ("lodes") caracteristicamente não-estratiformes e disseminações difusas de sulfetos auríferos ao longo de zonas xistosas ou milonitizadas. Muitos depósitos tipo veio são "stratabound" no sentido de apresentarem forte controle litológico dado pelo desenvolvimento da mineralização em rochas encaixantes específicas.

A mineralização de ouro apresenta-se de forma distinta de um jazimento a outro, ou seja, desde ouro muito fino ou no retículo cristalino de certos sulfetos até na forma de ouro livre em pequenas pepitas. Essa diversidade na morfologia dos depósitos e da mineralização pode ser explicada pela evolução dinâmica da zona de cisalhamento. A natureza da mineralização aurífera e a geometria dos corpos mineralizados depende do estágio de evolução da zona de cisalhamento e das rochas encaixantes afetadas.

O objetivo deste trabalho é estabelecer um modelo exploratório (genético/descritivo) para depósitos auríferos em zonas de cisalhamento, baseado na descrição dos principais depósitos mundiais, procurando relacionar suas características com os diversos estágios evolutivos da zona de cisalhamento.

2 - CARACTERIZAÇÃO E EVOLUÇÃO DAS ZONAS DE CISALHAMENTO:

Zonas de cisalhamento (ou "shear zones") são zonas de deformação dúctil entre dois blocos indeformados que se movimentaram um em relação ao outro. As "shear zones" podem tanto se relacionar a falhamentos transcorrentes como a falhamento de empurrao, podendo variar bastante em largura, desde alguns centímetros até vários quilômetros. Quando diversas zonas de cisalhamento ocorrem associadas formando uma faixa de largura considerável (às vezes com mais de uma centena de kms), tem-se um cinturão ou faixa de cisalhamento ("shear belt"). (RAMSAY e GRAAM, 1970 in FIORI, 1985)

As zonas de cisalhamento de caráter regional podem apresentar uma evolução que progride desde a deformação dúctil com formação de rochas xistosas e miloníticas em regime quase plástico (QP) em profundidade, até a formação de cataclasitos e brechas em regime extensional frágil (EF) em porções menos profundas conforme mostra a fig. a seguir.

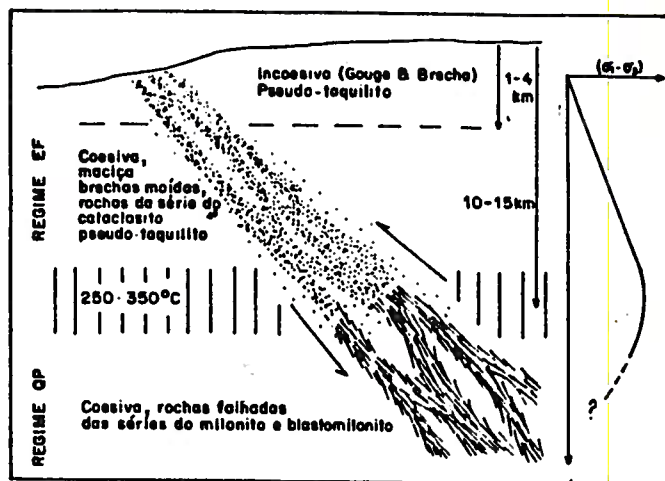


Figura 7.1:
Modelo conceitual de uma zona maior de falha. (SIBSON, 1977)

Fig. 01 - Evolução e tipos de rochas formadas de acordo com a profundidade da zona de cisalhamento. (in FIORI, 1985)

A evolução dinâmica da zona de cisalhamento conduz a tipos variados de mineralizações, podendo coexistir depósitos filoneanos de diferentes estágios evolutivos em diferentes setores de uma mesma estrutura. BONNEMAISON (1987) correlaciona a tipologia das zonas de cisalhamento auríferas com a cronologia relativa dos fenômenos mineralizantes e propõe um modelo genético de acordo com as características apresentadas pelas mineralizações auríferas nos diversos estágios evolutivos da zona de cisalhamento.

De acordo com o estágio evolutivo da zona de cisalhamento os depósitos auríferos podem ser classificados em: Precoce, Intermediário e Tardio.

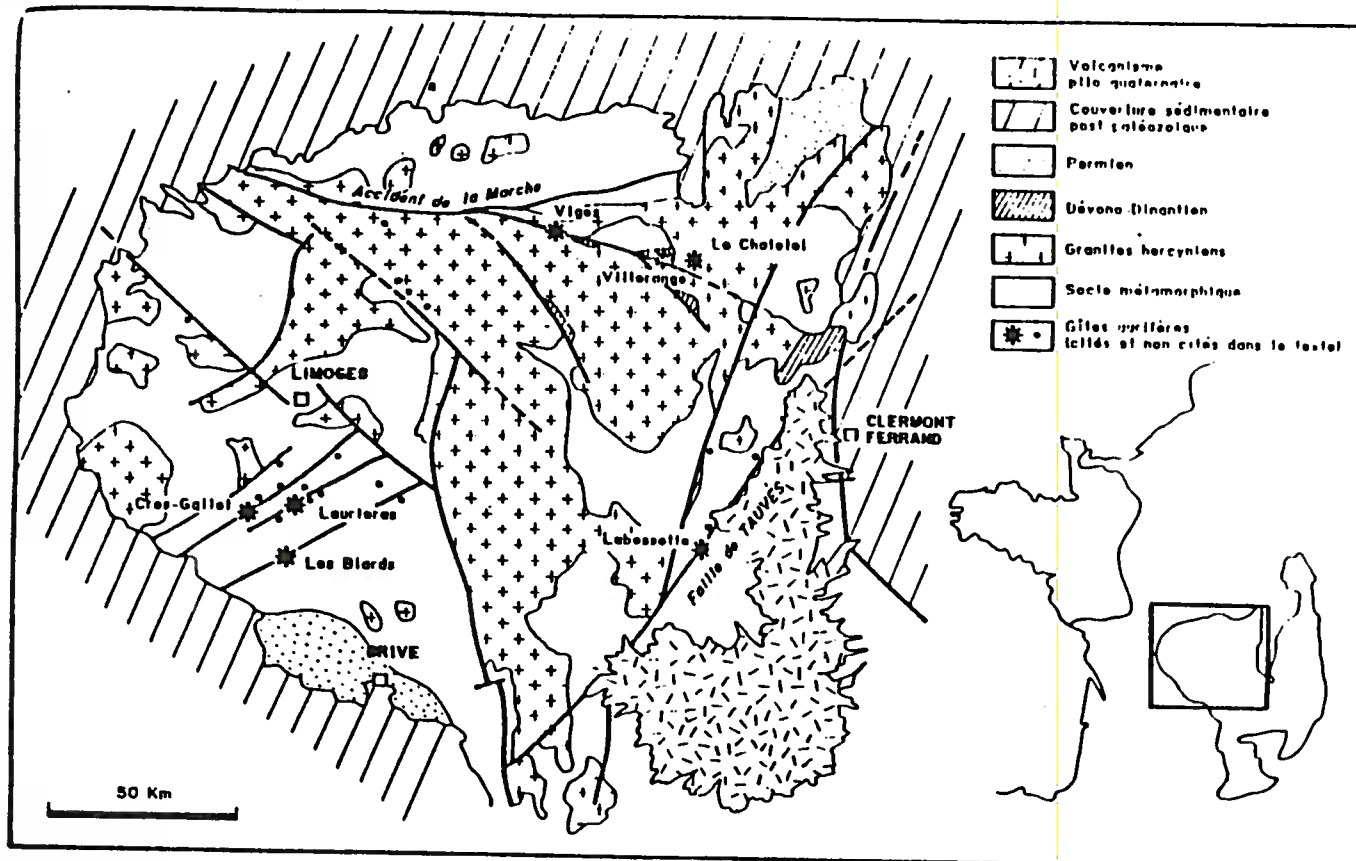
O estágio precoce corresponde ao desenvolvimento de zonas de deformação dúctil a semi-frágil que afeta as rochas em uma largura de centenas de metros e extensões de dezenas de quilômetros. Durante esse estágio, definido por milonitos e/ou intensa xistosidade, são desenvolvidas estruturas que servem como canalizadoras de fluídos hidrotermais de diversas origens que induzem intensa alteração. A mineralização aurífera começa a ser concentrada ao longo dessas zonas de cisalhamento como sulfetos auríferos em lentes silicosas. O ouro é incorporado no retículo dos sulfetos e não tem forma mineralógica. (BONNEMAISON, 1987)

No estágio intermediário os movimentos na zona de cisalhamento criam espaços que serão preenchidos por diferentes minerais na forma de veios. Quando esses veios são cisalhados criam trapes, que servem como reservatórios à mineralização aurífera, caracterizados por quartzo micro-sacaroidal e aparecimento do mineral ouro. Este ouro, derivado da desestabilização dos sulfetos do estágio precoce, migra e é fixado nesse fácies mineralógico pelos fluídos passantes ao longo da zona de cisalhamento, é normalmente muito fino e contém pouca prata. (BONNEMAISON, 1987)

O estágio tardio pode ocorrer dentro das estruturas dos estágios precoce e intermediário e é caracterizado pela abertura de espaços que provocam remobilizações em-sito dos minerais auríferos formados nos estágios anteriores. É acompanhado pela for-

mação de pepitas de ouro que podem ter vários milímetros de diâmetro com alto teor em prata. (BONNEMAISON, 1987)

Os diversos estágios apresentam características peculiares de grande importância em exploração, resumidas no quadro abaixo. A fig. a seguir mostra a localização dos depósitos auríferos citados como exemplo em relação às principais estruturas cisalhantes do norte do Maciço Central da França.



ESTÁGIO EVOLUTIVO	DEFORMAÇÃO	TIPO DE ROCHAS	TIPO DE FLUÍDOS	ALTERAÇÃO	TIPO DE MINERALIZ.	PARAGÊNESE	EXEMPLOS NA FRANÇA
P Não R maduro E C Maduro O C E	Dúctil a semi- frágil	xistos milonito Quartzo, micro-sa caroidal	Metamór- cos devo- latização em profun- didade ou da Pirrot, Hidroterm e form.Py associado ganho de a intru- sões	Cloritiz. e Silicif. Cristaliz. da Pirrot, ganho de Fe,Cu,Zn, Sb,As.Per da de Ti	Au invisí- vel no re- tículo da Pirrot. Liberação do Au fix nos cris- tais Aspy	Pirrotty,py Aspy,Sider Stib,Sb,Au- rostib,Aspy aurífera, Berthier, Marcas-Py, Brav,Blen- da,Calcpy, Qz.	Le Chatelet
INTERME- DIÁRIO	Frágil Abertura de espaço	Veios de Qz leito- so e micr- sacaróide Intrusões ígneas bá- sicas ou ácidas	Hidrot. Remobiliz- das mine- ralizações ricas em sílica, ganho de Sn,W,Bi, Mo,deposi- ção galena	Silicif. segrega- ção de Rx silica, ganho de Sn,W,Bi, Mo,deposi- ção galena	Au nativo c/ 15% de Ag,inclu- sões na Py	Aspy,Au na tivo,Py,Ble nda,Calcpy, (Gal,Stib, Rut.)	Cros Gallet Laurières
TARDIO	Regime te- ctônico distensi- vo,abertu- ra de fra- turas,fen- das stock works	Brechas, geodos, recrist. de Qz	Soluções de baixa temperatu- ra c/Cu-Ag	Depos. de galena.Re distrib.da mineraliz. préexist.	Pepitas C/ 20-60% de Ag(Eléctr) Dep.muito ricos de pequena expressão	Gal,Tetrae- drita,Au nativo,Elé- ctrum,Calc- py,Cu,Cuban Boul,Bienda Ag,Sulfossa- is de Pb/Sb	Bourneix

Quadro 01 - Características das mineralizações auríferas de acordo com o estágio evolutivo da zona de cisalhamento (adaptado de BONNEMAISON, 1987).

3 - MODELO GENÉTICO CONCEITUAL

Depósitos auríferos tipo veio ou filão são importantes e numerosos em todos os "Greenstone Belts" arqueanos, raros em sequências Proterozóicas inferiores similares, ausentes em rochas do Proterozóico médio e novamente importantes mas em menor número em sequências vulcano-sedimentares eugeossinclinais Fanerozóicas. (HUTCHINSON, 1982)

De acordo com PHILLIPS (1985) a maioria dos grandes depósitos auríferos arqueanos do oeste australiano devem sua origem a fluídos metamórficos derivados por devolatilização profunda em sequências greenstone que ascenderam ao longo de zonas de cisalhamento maiores até seus sítios deposicionais. Reações entre o ferro das rochas encaixantes e complexos auríferos sulfetados em solução levaram a formação de sulfetos de ferro e precipitação do ouro.

Na África do Sul ANHAEUSSER e outros (1986) consideram que o ouro nos depósitos de Greenstone Belts arqueanos dos crátons da Rodésia e Kaapvaal (incluindo Barberton) estavam inicialmente presentes em lavas máficas-ultramáficas e sedimentos associados e foram mobilizados e concentrados em zonas de dilatação e cisalhamentos durante eventos metamórficos concomitantes com intrusões graníticas. Os granitos intrusivos tiveram importante papel no fornecimento de energia e geração de condições estruturais necessárias para a migração e redeposição do ouro e outros elementos para formar depósitos "pseudo-hidrotermais".

GOODWIN (1982) estudando as mineralizações auríferas dos Greenstone Belts da Província Superior do Escudo Canadense atribui o desenvolvimento dos greenstones a um sistema de plumas do manto, do tipo "hot spot". Valores altos de Au ocorrem especialmente nas unidades vulcânicas félsicas-intermediárias nas porções estratigráficas superiores da pilha vulcânica. Esta distribuição metálica preferencial do Au, comumente associado às vulcânicas félsicas, reflete: a) Origem magmática juvenil; b) Lixiviação das rochas vulcânicas pela água do mar; c) Processos de secreção metamórfica e concentração em zonas de dilatação durante o metamorfismo e deformação.

Parece haver consenso entre os diversos autores com respeito à importância do papel desempenhado pelas zonas de cisalhamento na lixiviação do ouro em sua fonte, canalização dos fluídos mineralizantes e transporte até sítios deposicionais favoráveis.

Contrariamente a outros jazimentos filoneanos, como do tipo veios epitermais, as concentrações econômicas em zonas de cisalhamento dependem de uma duração bastante grande do sistema mineralizante atuante, traduzido em uma perenidade das estruturas profundas com sucessivas reativações.

As figuras a seguir apresentam esquematicamente os modelos metalogenéticos conceituais considerados anteriormente mostrando os mecanismos de formação de mineralizações singenéticas (ou de concentrações primárias) e epigenéticas por remobilizações ligadas a intrusões félsicas e graníticas no modelo vulcanogênico (fig.02) ou no modelo de remobilização por fluídos metamórficos (fig.03)

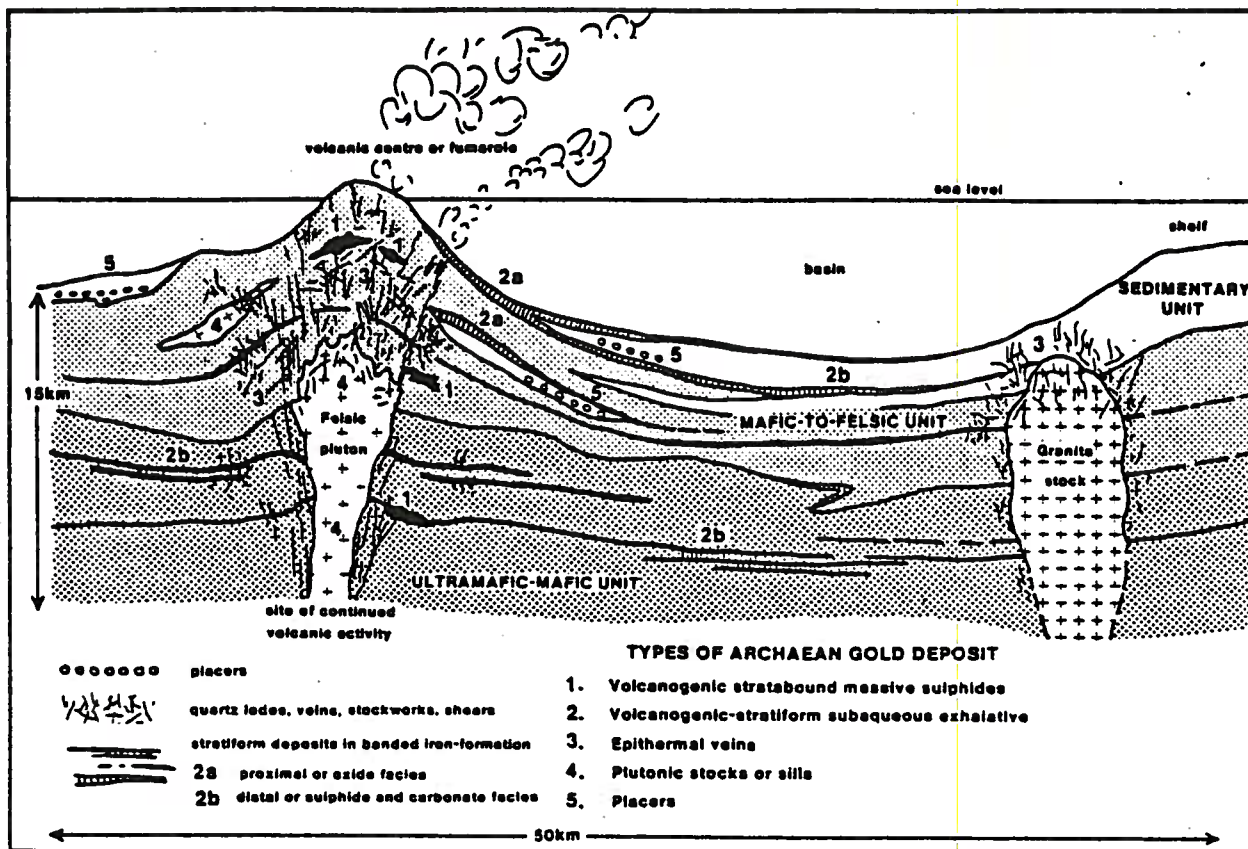


Fig.02 - Diagrama esquemático de um complexo vulcano-sedimentar arqueano mostrando possíveis relações da mineralização com as várias partes do modelo vulcanogênico (in ANHAEUSSER, 1986)

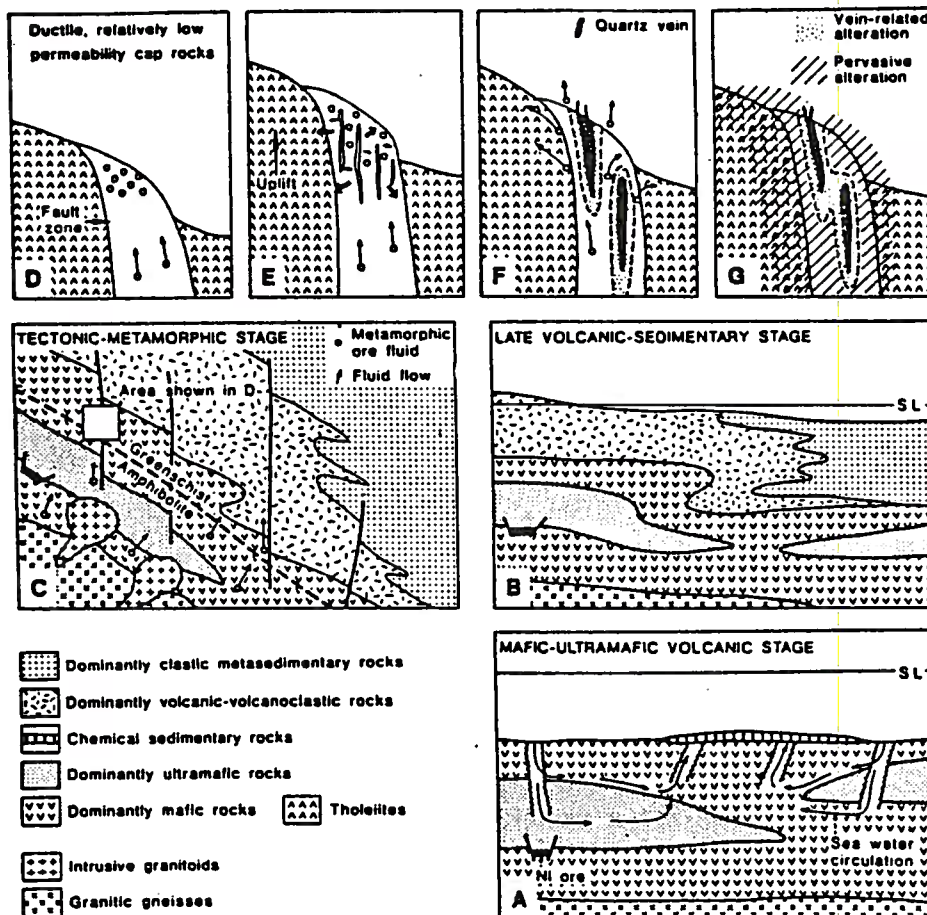


Fig.03 - Modelo de remobilização por fluidos metamórficos (in ANHAEUSSER, 1986)

As evidências da associação dos depósitos auríferos com as sequências vulcano-sedimentares sugerem que sua gênese está intimamente ligada à deposição dessas sequências, provavelmente relacionada à processos exalativos acompanhados de vulcanismo máfico-ultramáfico submarino, durante os estágios iniciais da deposição eugeossinclinal, formando estratos sedimentares químicos auríferos intercalados com as rochas vulcânicas e sedimentares (vide fig. 02). Apenas alguns desses depósitos são suficientemente ricos em ouro para serem minerados, mas eles são extremamente importantes como pré-concentrações que servem de rochas-fonte enriquecidas para a subsequente reconcentração metamórfica. (HUTCHINSON, 1982)

Durante os estágios iniciais de desenvolvimento da sequência greenstone, com predomínio do vulcanismo, as zonas de cisalhamento funcionam como canais de acesso à circulação da água do mar que introduz H_2O , CO_2 e S na sequência vulcânica promovendo extensa alteração carbonática das assembléias mineralógicas e lixiviação de certos metais nobres e básicos. (vide fig. 03-A)

Com a rápida subsidência da sequência greenstone, vulcanismo, sedimentação e deformação acompanhada de intrusões graníticas, as zonas de cisalhamento atuam como focalizadoras dos fluidos auríferos ricos em $H_2O - CO_2$ remobilizados. (vide fig. 03-B e C)

Os fluidos gerados por reações de devolatilização em profundidade são canalizados e ascendem pelas zonas de cisalhamento criando condições de desenvolvimento de fraturas hidráulicas em rochas competentes abaixo de camadas impermeáveis. (vide fig. 03 - D e E)

A deposição do ouro se dá por interação do fluido percolando nas fraturas com a rocha encaixante rica em ferro, promovendo assembléias mineralógicas de alteração. (vide fig. 03-F e G) (PHILLIPS, 1985)

A figura a seguir mostra o condicionamento tectônico, controle estrutural e fonte dos fluidos auríferos para mineralizações auríferas arqueanas no modelo de reconcentração metamórfica

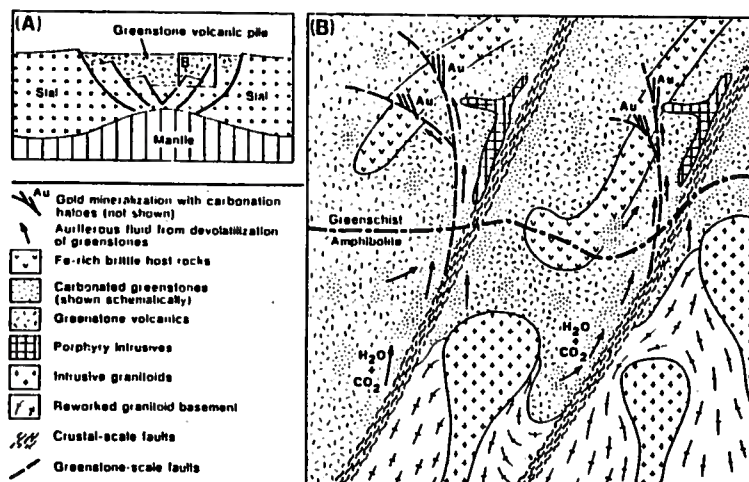


Fig 04 - Modelo de reconcentração metamórfica para mineralizações auríferas no Cinturão Norseman-Wiluna, oeste da Austrália (PHILLIPS, 1987)

4 - DESCRIÇÃO DE DEPÓSITOS:

4.1 - Austrália - Hunt Mine, Kambalda e Golden Mile, Kalgoorlie:

Hunt Mine é um exemplo de controle litológico do acesso de fluídos e precipitação do ouro. A mineralização aurífera é adjacente a veios de quartzo que são confinados a uma zona de cisalhamento marcada por biotita-xistos em metabasaltos encaixantes. Os sulfetos maciços de Fe-Ni-Cu e rochas ultramáficas a talco-magnesita que recobrem os metabasaltos são barreiras à mineralização de veios de quartzo auríferos. Os veios tem espessuras de 1 - 2 metros, arranjados "en echelon" ao longo das zonas xistosas do metabasalto. Texturas sub-granulares do quartzo, "kink bands" e zonas de incipiente recristalização indicam deformação após a formação dos veios. A brechação se intensifica nas porções superiores, restrita ao contato metabasalto/ultramáfica, enquanto que em profundidade os veios formam um conjunto complexo de finos veios. (PHILLIPS, 1985)

Várias zonas de alteração são reconhecidas ao redor dos veios de quartzo em Hunt Mine, desde uma estreita zona de Py-Biot-Ank-Clor-xistos envolvendo os veios com espessura de 1 - 2m até extensas zonas de Ank-Biot-xistos que gradam a Clor-Calc-metabasaltos não xistosos.

O contraste na morfologia dos veios e sua restrição a zona xistosa, bem como a ocorrência de maior alteração nesta zona sugerem que a mesma atuou como canal aos fluídos hidrotermais profundos até o ambiente da mina. Ao encontrar barreiras à circulação dos fluídos a pressão nos poros aumenta resultando em fraturamento hidráulico e brechação das rochas mais competentes. O controle maior do fraturamento pode estar relacionado ao estágio de soerguimento regional com redução da pressão confinante. A estreita correlação do ouro com a zona de alteração pirítica sugere que a alteração é o processo mais importante de precipitação do Au em solução. A alteração é dada pela reação de fluídos ricos em H_2O-CO_2 de baixa salinidade com o metabasalto durante a qual a formação da pirita a partir de silicatos ricos em Fe promovem o mecanismo de redução para deposição do ouro (PHILLIPS, 1985).

Golden Mile em Kalgoorlie representa um sistema hidrotermal arqueano gigante localizado em zonas de cisalhamento dúcteis encaixada principalmente em um sill toleítico diferenciado. A mineralização de ouro e pirita é representada por um sistema anastomosado de estreitas zonas altamente deformadas (zonas de cisalhamento dúctil) e fraturas distencionais associadas. Todas as estruturas de cisalhamento ocorrem no Dolerito Golden Mile, essencialmente devido suas propriedades mecânicas isotrópicas. O estilo de mineralização em Golden Mile é tido como sintectônico. Análises microtexturais demonstram que os minerais associados à deposição do ouro são fortemente modificados pela deformação dúctil na zona de cisalhamento. (BOULTER, 1987)

A alteração nas rochas regionais varia de 1cm a dezenas de metros de espessura ao redor das zonas mineralizadas e é constituída basicamente por estreita zona de Py-Ank-Musc englobada por uma zona carbonática (Ank+Sid) sem pirita gradando para rochas

regionais a Clor-Calc. As concentrações econômicas de ouro ocorrem apenas na zona pirítica. (PHILLIPS, 1985)

Assim como Hunt Mine, Golden Mile se ajusta ao modelo de reconcentração metamórfica por fluídos interargindo com rochas encaixantes ricas em ferro. Cálculos de balanço de massa realizados para as zonas de alteração em Golden Mile mostram que as grandes quantidades de CO_2 , K, S, H_2O e Au adicionadas a essas zonas dependem principalmente de um sistema eficaz de lixiviação, transporte e deposição sem necessariamente existirem rochas-fonte especialmente ricas em ouro ou grandes volumes de greenstone belts para se gerar depósitos auríferos desse porte (~1.200 t de Au produzido). (PHILLIPS, 1987)

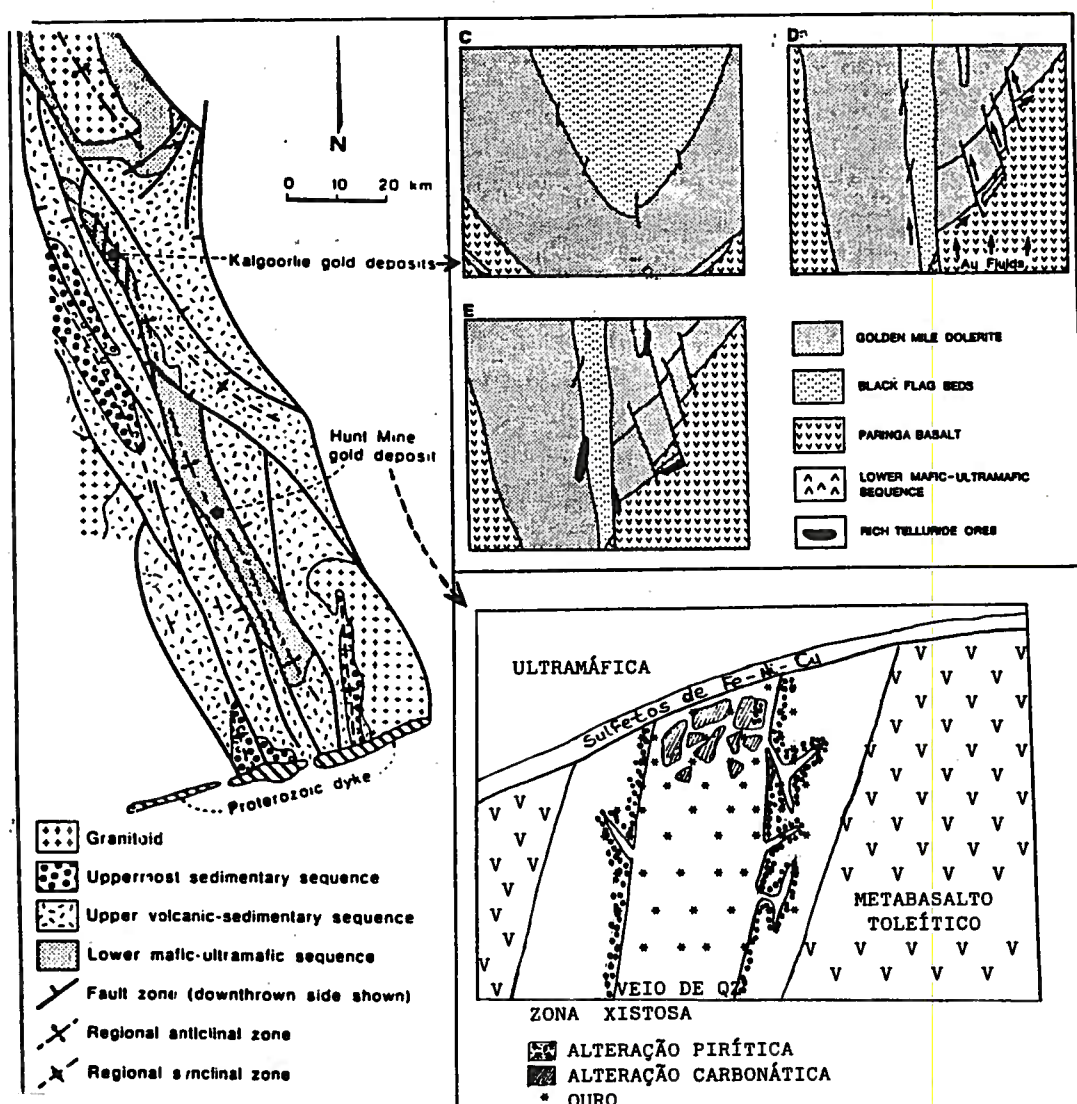


Fig.05 - Mapa geológico de parte do cinturão Norseman-Wiluna e localização de Kalgoorlie e Kambalda com perfis esquemáticos de Golden Mile mostrando a evolução da mineralização e Hunt Mine (adaptado de PHILLIPS, 1985 e 1986)

4.2 - Canadá: Minas Sigma e Lamaque, Área Val d'Or.

Os depósitos das Minas Sigma e Lamaque são do tipo veio associado com "stocks" intrusivos e são extremamente complexos extruturalmente. Os "stocks" intrusivos consistem de diorito diorito pórfiro, granodiorito e granodiorito pórfiro. Falhamentos e cisalhamentos nesses corpos e ao redor dos mesmos parecem ter sido o modo de formação de extensiva e complexa disposição dos veios de quartzo-turmalina. Veios auríferos ocorrem no interior dos "stocks" intrusivos estendendo-se às rochas regionais andesíticas e dacíticas ao redor (HINSE, 1986)

O ouro ocorre na forma nativa associado à pirita nos veios de quartzo-turmalina e nas rochas encaixantes piritizadas em contato com os veios. Carbonato e scheelita são outros elementos constituintes dos veios mas de menor importância. Na mina Lamaque alguns teluretos e traços de calcopirita, esfalerita e gale-na estão presentes em alguns sistemas de veios. (HINSE, 1986)

Os "stocks" auríferos são considerados como representando soterramento profundo e remobilização total de sedimentos e vulcânicas dos Grupos Kerr e Larder Lake. O líquido aurífero rico em voláteis assim derivado foi intrusivo na forma de "pipes" em rochas vulcânicas mais jovens. Os componentes voláteis concentraram essencialmente em zonas de cisalhamento e fraturas distensionais para formar os sistemas de veios verdadeiramente hidrotermais desses depósitos. As rochas intrusivas e os veios retêm muitas feições sedimentares vestigiais. (HINSE, 1986)

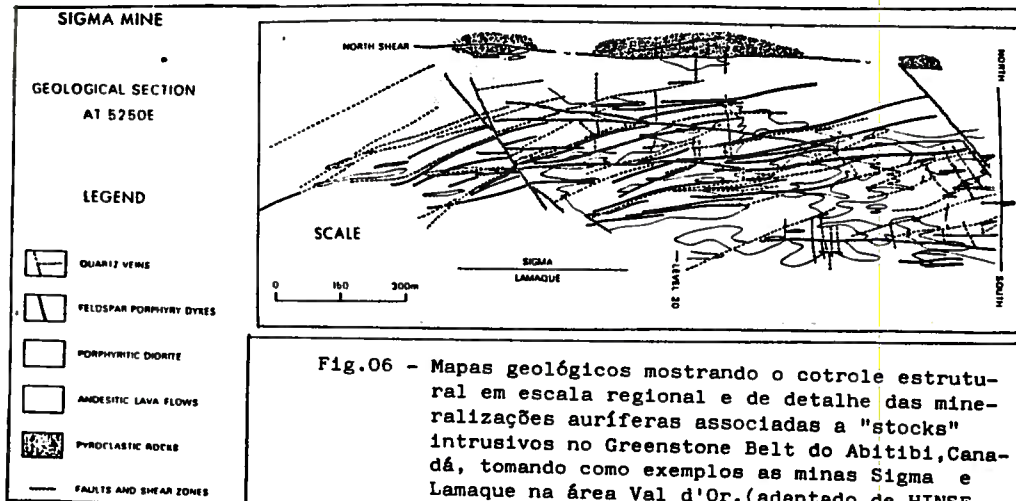
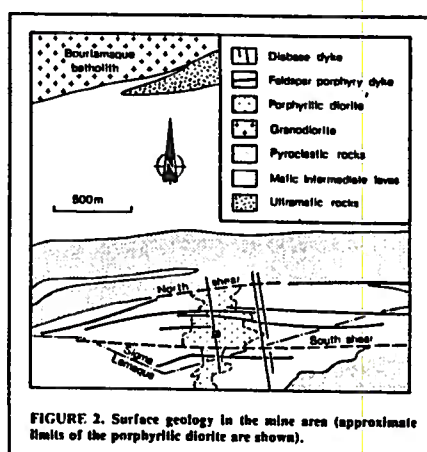
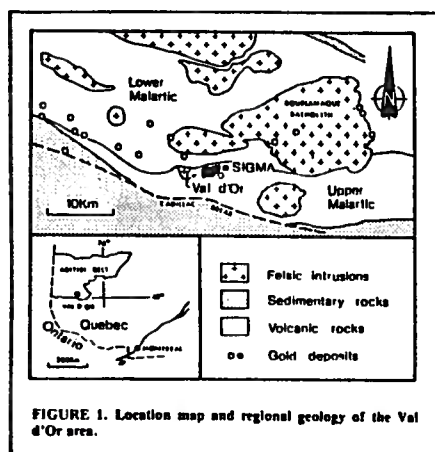
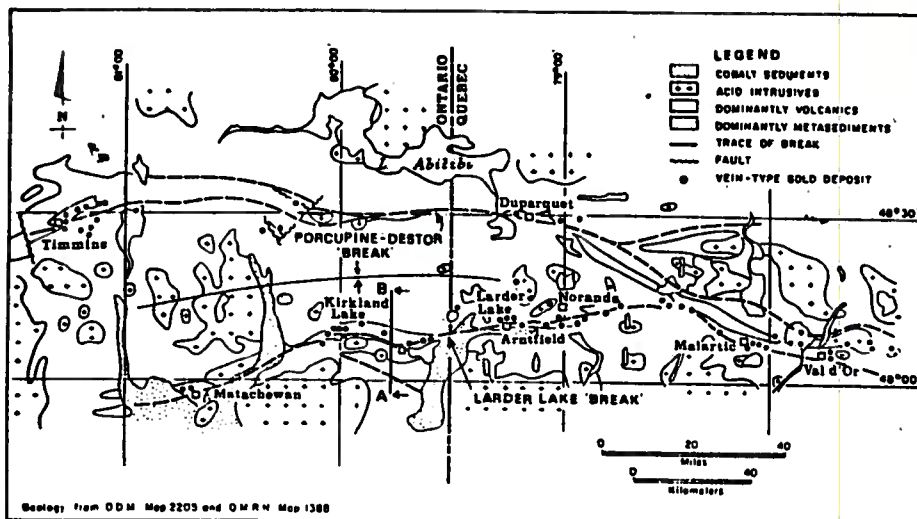
A fig. 06 apresenta os mapas geológicos mostrando o controle estrutural desde a escala regional até a escala de detalhe das mineralizações auríferas na área Val d'Or, Canadá.

4.3 - África do Sul - Distrito Aurífero de Barberton

Aproximadamente 70% de toda a produção de ouro do distrito de Barberton provém das minas Sheba, New Consort e Fairview na região de Jamestown-Sheba Hills e da mina Agnes a sudoeste de Barberton.

As litologias compreendem uma extensa sequência vulcânica (Onverwacht) recobertas por sucessões sedimentares (Fig Tree e Moodies) que conformam uma sequência greenstone com aproximadamente 130km de extensão localizada na porção leste do cráton do Kaapvaal.

A história tectônica da região mostra um desenvolvimento em dois estágios: O primeiro envolvendo uma deformação induzida por colapso gravitacional produzindo dobras isoclinais e falhas longitudinais de alto ângulo. A fusão parcial de porções inferiores da sequência greenstone produz plutons diapíricos trondjemíticos. O diapirismo granítico produz o segundo estágio de deformação e é responsável pela intensificação da complexidade estrutural do Greenstone Belt. Várias fases de deformação são reconhecidas, envolvendo dobramentos, falhamentos, fraturamentos e cisalhamento das rochas. (ANHAEUSSER, 1976)



Ocorrem dois tipos principais de mineralizações: filões de quartzo auríferos e corpos de sulfetos remobilizados. Mais da metade da produção de ouro em Barberton provém dos filões de quartzo auríferos que são diretamente ligados às estruturas causadas pela deformação regional e local. Muito da deformação pode ser atribuída à intrusão de diápiros graníticos.

De acordo com a morfologia e natureza geológica dos corpos mineralizados, os depósitos podem ser classificados em:

- Depósitos estratiformes em Formações Ferríferas Bandadas
- Sulfetos maciços "strata-bound"
- Filões de quartzo, veios, "stockworks" e "shear zones" silicosas
- Mineralizações "strata-bound" disseminada em rochas clásticas.

O ouro ocorre associado principalmente à pirita. Minerais como arsenopirita, stibnita, pirrotita, molibdenita, galena, esfalerita, calcopirita, bismuto, scheelita, minerais de níquel-cobalto e teluretos ocorrem em algumas áreas específicas dentro dos greenstone belts e provavelmente refletem tanto a litologia hospedeira quanto controles térmicos.

Os filões de quartzo aurífero geralmente representam preenchimento de fraturas produzindo depósitos de ouro do tipo veio como consequência da mobilização de soluções silicosas e/ou carbonatadas por processos metamórficos. Esses processos podem ocorrer como remobilização do ouro em escala regional ligada ao gradiente de temperatura fornecido pelas intrusões graníticas ou podem ser formados como veios de secreção lateral de rochas ricas em sílica, por processos locais. (ANHAEUSSER, 1986)

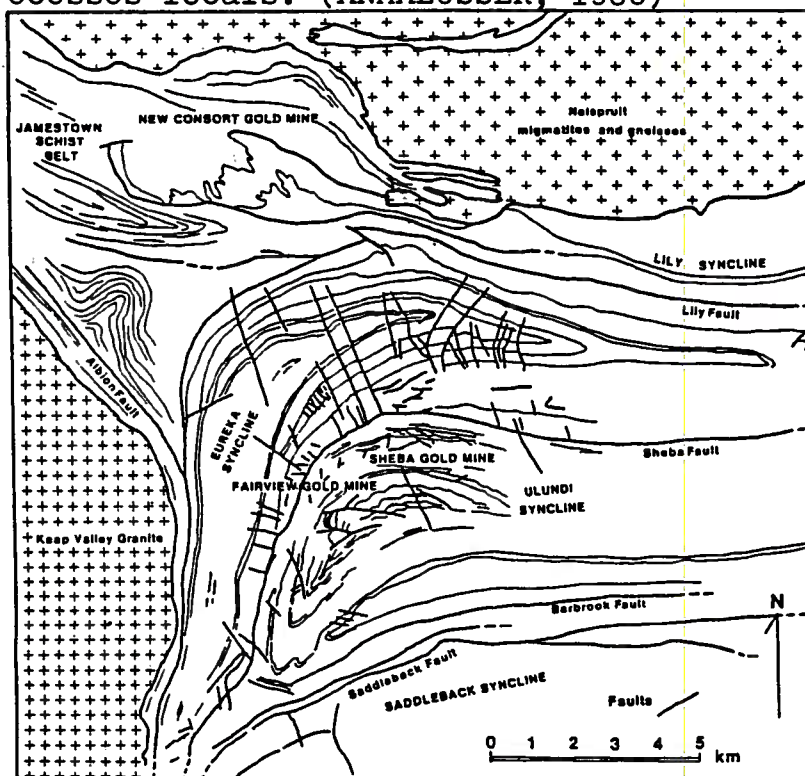


Fig.- 07 - Mapa estrutural simplificado da área Jamestown - Sheba Hills em Barberton Mountain Land mostrando as principais dobras, falhas e fraturas na região. Aproximadamente 75% de todo o ouro minerado em Barberton provém desta região que contém as tres maiores minas do distrito (Sheba, New Consort, Fairview). (ANHAEUSSER, 1986)

4.4 - Brasil - Mina Fazenda Brasileiro, Faixa Weber, Bahia e Minas São Bento e Passagem, Grupo Nova Lima, M.G.

As principais mineralizações dentro da chamada Faixa Weber no Greenstone Belt do Itapicuru são do tipo "stratabound" e estão contidas em dois níveis principais, paralelos e dobrados, constituídos essencialmente de xistos cloríticos e subordinadamente por brecha quartzo-feldspática e segregações quartzo-carbonáticas irregulares. A principal rocha hospedeira da mineralização é denominada de xisto magnético, constituído de clorita, quartzo, carbonatos e plagioclásio, com expressivas quantidades de magnetita e vários minerais acessórios tais como: epidoto, biotita, apatita, arsenopirita, pirita, ilmenita, pirrotita e ouro. Secundariamente o

ouro aparece disseminado em massas de quartzo-carbonato e em veios pegmatóides, em níveis de chert recristalizado e em zonas de silicificação ao longo de fraturas e falhas. A granulometria do ouro é variável, normalmente abaixo de 20µm, e ocorre como inclusões na arsenopirita, preenchendo fraturas nos cristais de arsenopirita e pirita, ou como pequenos grãos junto aos silicatos. Os corpos econômicos de minério estão sempre relacionados a zonas de brechação, milonitização e silicificação dentro da zona mineralizada. Além dos controles litológico e estrutural, as mineralizações estão estratigraficamente controladas, uma vez que o xisto magnético está restrito a dois níveis, localizados respectivamente, no topo e na base da sequência máfica, em contato com sedimentos carbonosos, pelíticos e químicos. (TEIXEIRA, 1983)

Na mina São Bento ocorrem quatro zonas mineralizadas de forma lenticular paralelas ao acamamento dentro de formação ferrífera. O ouro ocorre em horizontes sulfetados na fácies óxido e carbonato da formação ferrífera. O intervalo no qual a mina ocorre pode ser uma zona de descolamento em falha de cavalgamento ou zona de cisalhamento dentro de uma estrutura maior de dobramento. Sulfetos auríferos ocorrem apenas nas porções mais fortemente deformadas da formação ferrífera. A zona mineralizada é estruturalmente recoberta por xisto grafitoso. O ouro ocorre na forma nativa e como inclusões e em fraturas da pirrotita, arsenopirita e pirita. A presença de abundante formação ferrífera fácies óxido, o controle estrutural na distribuição do ouro e sulfetos, a correlação entre o ouro e arsênio e a presença de scheelita nos veios de quartzo sugerem uma origem epigenética para as mineralizações nas quais o Au, S e As foram introduzidos durante o metamorfismo e deformação associada. (MOSELEY, 1986 in THORMAN, 1986)

Nas minas de Passagem foram reconhecidas várias gerações de veios de quartzo auríferos, principalmente veios de quartzo-carbonato-turmalina anteriores, boudinados e dobrados, cortados por veios de quartzo posteriores. As rochas mineralizadas são restritas a uma estreita faixa (1-5m) com grande extensão lateral, marcada por uma zona intensamente deformada entre quartzitos xistosos da Fm. Moeda e a unidade de Itabiritos. Esta zona de deformação é interpretada como um cavalgamento de expressão regional que atuou como canal de acesso aos fluídos mineralizantes. (FLEISCHER, 1986 in THORMAN, 1986)

É apresentado em anexo um quadro comparativo das principais características dos depósitos descritos.

5 - GUIAS GEOLÓGICOS NA PROSPECÇÃO:

Como conclusão ao trabalho desenvolvido são apresentados os guias geológicos na prospecção de depósitos auríferos em zonas de cisalhamento:

- Em escala continental devem ser selecionadas regiões de ocorrência de sequências vulcano-sedimentares do tipo Greenstone Belts do Arqueano e Proterozóico inferior e sequências eugeossinclinais do Fanerozóico.

- Nas regiões selecionadas deve-se prospectar áreas que apresentam feições que refletem condições ideais para a

formação de depósitos auríferos, ou seja:

- Áreas com complexa história tectônica;
- Faixas xistosas e/ou miloníticas que possam ter atuado como canais aos fluídos mineralizantes;
- Camadas de rochas permeáveis e fraturas abertas em regime tectônico distensional formando espaços ao desenvolvimento de corpos mineralizados;
- Rochas ricas em ferro tais como: Chert, formações ferríferas, Metabasaltos, Fe-dolomitos, níveis magnetíticos e Itabiritos que propiciam a deposição do Au em solução;
- Rochas dúcteis e relativamente impermeáveis (e.g. filitos grafitosos e rochas ultramáficas) barreiras à circulação dos fluídos.

Nessas áreas, a observação no campo de algumas características, pode indicar a presença de mineralizações auríferas, quais sejam:

- Zonas de intensa silicificação em faixas xistosas e/ou milonitizadas (zonas de cisalhamento) e fraturas adjacentes;
- Formação de brechas, fraturas e venulações do tipo "stockwork" invadidas por veios de quartzo leitoso ou microscoparoidal;
- Ocorrência de pervasiva alteração carbonática das assembléias mineralógicas e presença de sulfetos disseminados.

A nível de detalhe, anomalias geoquímicas de : As, W, Sb, Hg, Bi, B, Mo, Pb, Cu, Zn, podem indicar enriquecimentos em Au no depósito.

6 - BIBLIOGRAFIA:

- ANHAEUSSER, C.R., 1976 - The Nature and Distribution of Archaean Gold Mineralization in Southern Africa. Minerals Sci.Engng., Vol.8, Nº1, p 46 - 84.
- ANHAEUSSER, C.R., 1986 - Archaean Gold Mineralization in the Barberton Mountain Land. Geol.Soc.S.Afr., Johannesburg, Mineral Deposits of Southern Africa, Vols I e II, p 113 - 154.
- BONNEMAISON, M. & MARCOUX, E., 1987 - Les Zones de Cisaillement Aurifères du Socle Hercynien Français. Chron.Rech.Min., nº 488, p 29 - 42.
- BOULTER, C.A.; FOTIOS, M.G. & PHILLIPS, G.N., 1987 - The Golden Mile, Kalgoorlie: A Giant Gold Deposit Localized in Ductile Shear Zones by Structurally Induced Infiltration of an Auriferous Metamorphic Fluid. Econ. Geol., Vol 81, p 1661 - 1678.
- FIORI, A.P.(coordenador), 1984 - Lineamentos Tectônicos e Possíveis Mineralizações no Pré-Cambriano Paranaense. Rel. Conv. UFPR-MINEROPAR, 2V, 261 p e anexos. (inédito)

- FLEISHER, R. & VIAL, D.S., 1986 - The Passagem de Mariana Gold Mine - A Consanguineous Stratabound Tourmaline-Bearing Lower Proterozoic Gold Deposit or an Archean Volcanogenic Shear Zone Related Lode 2. In: THORMAN, C.H. (coordenador), 1986 - IUGS/UNESCO/IBRAM Brazilian Workshop on Gold Related to Greenstone Belts and Base Metals Associated with Volcanogenic Rocks. Lecture Notes, 7p.
- GOODWIN, A.M., 1982 - Archaean Greenstone Belts and Gold Mineralization, Superior Province, Canada. In: FOSTER, R.P.ed. Gold'82, The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold - Proceedings of the Symposium Gold'82, University of Zimbabwe, p.71 - 97.
- HINSE, G.J.; HOGG, G.M. & ROBERTSON, D.S., 1986 - On the Origin of Archean Vein-type Gold Deposits With Reference to the Larder Lake "Break" of Ontario and Quebec, Mineral Deposits, Vol.21, p 216 - 227.
- HUTCHINSON, R.W. & BURLINGTON, J.L., 1982 - Some Broad Characteristics of Greenstone Belt Gold Lodes, In: FOSTER, R.P.,ed.,Gold'82 The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold - Proceedings of the Symposium Gold'82, University of Zimbabwe, p 339 - 371.
- PHILLIPS, G.N.,1985 - Archaean Gold Deposits of Australia, Ciclo de Palestras sobre "Metalogenia do Ouro" IGC-UFMG. Texto Reproduzido da "Information Circular nº 175", Econ.Geol.Research Unit, 42 p.
- PHILLIPS, G.N., 1986 - Geology and Alteration in the Golden Mile, Kalgoorlie, Econ.Geol., Vol 81, p 779 - 808.
- PHILLIPS, G.N.; GROVES, D.I. & BROWN, I.J., 1987 - Source Requirements for the Golden Mile, Kalgoorlie: Significance to the Metamorphic Replacement Model for Archaean Gold Deposits, Can.J. Earth Sci.,Vol 24, p 1643 - 1651.
- ROBERT, F. & BROWN, A.C., 1983 - Structural Control of Gold Mineralization at the Sigma Mine, Val d'Or, Quebec, CIM Bulletin, Vol 76, nº 850, p 72 - 80.
- TEIXEIRA, J.B.G., 1983 - Geologia das Jazidas de Ouro da Faixa Weber Estado da Bahia. Anais do Simpósio sobre Mineralizações Auríferas no Estado da Bahia, p 8 - 15.
- THORMAN, C.H. (coordenador), 1986 - IUGS/UNESCO/IBRAM Brazilian Workshop on Gold Related to Greenstone Belts and Base Metals Associated With Volcanogenic Rocks, Lecture Notes.

ANEXO: Principais Características dos Depósitos Descritos

DEPÓSITO	BRASIL		AUSTRÁLIA	CANADÁ	ÁFRICA DO SUL
	Faixa Weber - Bahia Mina Fazenda Brasileiro	Grupo Nova Lima - M.G. Minas (1)São Bento (2)Passagem	1)Golden Mile,Kalgoorlie 2)Hunt Mine, Kambalda	Minas Lamaque e Sigma Área Val d'Or	Distrito Aurífero de Barberton Minas:Sheba,New Consort,Fair- view e Agnes (70% da produção)
IDADE	Encaix.-2,0 G.a.(isócr.de ref.-2.080+90 M.a.Rb/Sr)	1) 2,8 G.a. 2)-2,0 G.a.	Encaix.- 2,8 G.a. Miner.- 2,7-2,6 G.a.	Vulcânicas - 2,7 G.a.(mín.) Miner.-2,5 G.a.(relat.) Diques diab.-2.154+68 M.a.	Encaix.-3,5 - 3,2 G.a. Miner.-3.150 M.a. Pegmat.-3.150 M.a.
TIPO DE MINERALIZ	-Veios "stratabound"lentic.. descontínuos e deform.em zona de cisalhamento no xis- to magnético	-Veios de Qz epigenéticos em encaix.fortemente deformada p/ cavalgamentos e cisalhamentos em megadobras	-Veios com ou sem quartzo em zona de cisalhamento -"stratabound"	-Veios subverticais e obli- quos em zona de cisal.asso- ciados a intrusivas	-Filões de qz aurífero epigené- ticos e fraturas com sulfetos em rxs.cisalhadas e brechadas
ROCHA ENCAIXANTE	Greenstone Belt do Rio Ita- picuru: Qz-Carb-Clor-xisto (xisto magnético),Brecha qz-feldsp.,Pelitos grafito- sos,Chert,Rxs máf.,Gabros	Grupo Nova Lima: Dolomitos,Ita- biritos,Filito grafit.,Anfibol Seric.-quartz,Biot-Clor-xistos Turmalinitos.	Doleritos e Metabasalto xis- toso (biotita-xisto),menos em diques pórfiros,Em Kambal- da ocorre barreira de sulfet- os de Fe-Ni-Cu e/ou rxs.ul- máficas	Rxs.Vulcânicas andesíticas diorito porfirítico,diques qz-feldspáticos pórfiros e rxs. piroclásticas (lápila tufos)	Sheba e Fairview- Chert banda- do,arenito-grauvaca,rxs.vulc. xistosas. New Consort- Chert entre ultra- máficas e sedimentos. Agnes- Quartzito,Arenito,Jaspi- lito
ROCHAS ASSOCIADAS	Domos graníticos a grano- dioríticos;Pegmat;Corpos de qz-diorito a diorito sub- vulcânicos.Diques e sills gabroicos.	Rxs metabulcânicas.Diques e sills metabásicos sem relação c/ a mineraliz. na mina São Bento.	Metabasaltos Komatiíticos a Tolêíticos almofadados,Sill dolerítico diferenciado c/ text.óptica,tufos félsicos xistos grafitosos,arenitos. Diques pórfiros e corpos gra- nitóides maiores	Grupo Malartic- Intr.-Derrames máf.-ultram. e intrusões ga- bro a ultram.Sup.-Derrames máf.a félsicos,rxs.piroclás- ticas,intr. máf.a félsicas	Tonalitos e Trondjemitos ricos em Na,gnaisses e migmatitos, granitos e sienitos. Pegmatito na mina New Consort
CONDICION. TECTÔNICO DEPOSICION	Metavulc.máficas de soalho oceânico e félsicas de mar- gem continental. Flysch	Bacia sedimentar marinha c/con- tribuição vulcânica e sedimen- tos químicos	Rift ativo em ambiente mari- nho de águas profundas	Geossinclinal,Rift de margem continental	Crosta oceânica- Komatiitos e Basaltos e Arco-de-Ilha- Vulc. calco-alcalinas
GRAU META-MÓRFICO	xisto-verde (1)act+plag+ep +clor+qz+carb. (2)clor+carb +alb+qz+ep em Z.C.	xisto-verde	1)xisto-verde alto (actin- -alb) 2)anfibolito baixo (hornb- -andes)	xisto-verde (ab-ep-qz-cl-clz- -biot ou mica branca)	xisto-verde baixo a médio (trem-actin-a grum)
MINERALOG. Sulfetos Teluretos	Au nat.,Aspy,Py,-Pirrot,Cpy, Esfal,Gal. -n.d.-	Au nat c/Ag,Pirrot,Py,Aspy,me- nor Berth,Bi,Tetr,Cosal,Maldon Cpy,Gal,Stib,Marcas,Moly,Wolfr Teluretos de Bismuto	Au nat.,Cpy,Pentl,Sulf.metals base,Py,rara Aspy e Pirrot Au,Ag,Pb,Hg e Ni e teluretos mistos	Au nat,Py,Pirrot,Cpy,Gal, rara Moly e Esfal. Au,Ag(Petzita),Bi,Cavaler. Frohbergita	+Py,+Aspy,+Pirrot,Au nat.Elécto Ag,(Bi),(Sb),Esfal,Tetraed,Gal rara Cpy,Calcoc,Pentland,Marcas, Moly. -n.d.-
TEOR/TON	6,94g/t - 6.400M.ton Au contido-44,7ton.	1)11,2g/t - 7.700M.ton. 2)em reavaliação	1)5g/t - 1.000t 2)4g/t - < 1t	30-50g/t (Au:Ag-6:1 a 13:1)	-n.d.-
Oxidos Ganga	Magn,Ilm,Hem,Goeth,Leucoc Qz,Olig,Clor,Carbon,Plag, Turm.	Magn,Rut,Ilm,Scheel,Ank,Fe-dol Qz,Carb,Turm,Graf,Actin,Trem, Seric,Alb.	Ank,Magn,Ilm,Sider. Qz,Alb,Calc,Turm,Ank,Talc,Cl	+Scheel,Rut,Ilm,-Ank. Turm e Qz (+10%),Apat,Biot, Calc,Clor.	Magn,Hemat,Ilm,Scheel,Ank. Qz,Carb,Lin,Magn,Hem,Ank,Sider Grafita.
Elementos traço	Au,As,Cu,Pb,Zn,Fe,Ti,B.	Au,Ag,As,S,W,Sb,Hg,B,Bi,Pb.	Au,Ag,Cu,Pb,Zn,Hg,Ni,Te,As, Sr,S,B,Cr,Ba,Nb.	Au,Ag,W,Bi,Te,B,-Pb,Zn,Cu,Mo	Be,Bi,Co,Mn,Hg,Mo,Pd,Pt,Ag,Sn, V,Sb,Cu,Fe,Pb,Ni,Ti,Zn.
ZONAS DE ALTERAÇÃO	Cloritiz.e carbonatiz. localm. silicif.e sulfetiz.	Sulfetização	Pirítica e Carbonática Veios- py-ank-cal-alb-qz-musc Encaix- cl-ank-biot/cl-cal	Hidrotermal:carbonatização, turmaliniz.e sulfetização epid-cl-biot-mica/cal-alb-qz	Silicif.,Carbonat.,Sulfetiz. menor alter. potássica
ESTRUTURA DOS CORPOS MINERALIZ	Mineraliz.de baixo teor(0,1 a 0,25ppm Au)dissem.no xis- to magnético e charutos(6,0 a 8,0ppm)em zonas de cisalh brechação e silicificação	1)Corpos lenticulares (0-10m de espes.)em zonas de sulfetos em F.F.B.fácies Óxido e carbon 2)Veios Qz-Carb-Turm dobrados e boudinados cortados por veios tardios na lava do Itabirito.	1)finos veios (1-3cm) anasto- mosados até +1m em porções brechadas 2)arranjo "en echelon",1-2m de espes.	Veios subverticais a horiz. (1cm-1m,média 15cm)de forma: irregular,brechóide e lenticu- lar,"Boudins",Sigmóides e "en echelon"	Sulfetos maciços e bandados,do- brados,brechados,localm.cisa- lhados. Também sulfs dissemin. lhados.
CONTROLE DA MINERAL	-xisto magnético -Estratig.-no topo e na ba- se da sequência máfica -Zonas de brechação,miloni- tização e silicificação	-Relacionada a FFB e horizonte grafitoso -Estrutural- Porções fortemen- te deformadas -Associação c/Aspy,Py,Pirrot.	-Zonas de cisalhamento -Rxs ricas em Fe(dolerito e metabasalto -Fraturas abertas -Alteração pirítica -Barreiras físico-químicas	-Planos de ruptura e fraturas abertas em rxs de maior com- petência em zonas de cisalh. -Deposição por mudanças físico- químicas do fluido hidrot	-Estrutural -Litológicos- Chert,Fm.Fer., contatos de granitos em terre- nos metamórf.xisto-verde bai- xo a médio -Químico- associação c/sulfeto
GÊNESE	O Au é lixiviado das encai- xantes por soluções salinas aquecidas,canalizado em Z. Cis.e rxs permeáv.e depos. p/interação c/rx.encaixante	São Bento e Passagem são exs. de mineraliz.epigenética estru- turalm.controlada onde atuou remobiliz.do Au primário duran- te o metamorfismo e deformação	Remobiliz.de fluidos metamórf por devolatiz.em profundidade de Greenstone Belt,canaliz.em zonas de cisalhamento e depos por interação c/rxs ricas em Fe.	Depósitos relacionados a intr máf.a féls.,soluções canaliz. em Z.C.deposição em fraturas abertas por interação c/encai- xante em Fe.	Tres hipóteses:De origem exa- lativa submarina; Hidrotermal relacionado às intr.granítica ou gerado por eventos de re- concentração metamórfica.

