FLUIDOS ASSOCIADOS À MINERALIZAÇÃO DA MINA DE OURO SCHRAMM, COMPLEXO GRANULÍTICO LUIS ALVES (SC)

JOÃO CARLOS BIONDI¹ & ROBERTO PEREZ XAVIER²

ABSTRACT *FLUIDS ASSOCIATED WITH THE SCHRAMM MINE GOLD MINERALIZATION, LUIZ ALVES GRANULITIC COMPLEX, SANTA CATARINA, BRAZIL* The gold mineralization at the Schramm mine, in Santa Catarina State, southern Brazil, is associated with quartz and carbonate veins within a ductile-brittle, NNE-striking, subvertical shear zone, of Neoproterozoic age. The shear zone crosscuts Archean basic granulites and gneisses of the Luiz Alves complex, next to the contact with the volcano-sedimentary sequence of the Itajaí Group. Within the vein vicinities gneisses have been altered to quartz and muscovite and granulites to chlorite and albite; carbonate alteration is pervasive in all host rocks. Both carbonate (siderite, ankerite and dolomite) and quartz veins in the mineralized zone contain As, Ni, Co, Cu, Zn, Pb and Fe sulfides, but the high grade zones (above 500 ppm Au) are mostly within the former.

On the basis of their modes of occurrence and microthermometric behavior, four types of fluid inclusions were identified in carbonates (C1, C2, C3, and C4) and three in quartz (Q1, Q2, and Q3). Primary H_2O-CO_2 inclusions with salinity values in the range of 0,2 to 14 wt% NaCl eq. and total homogenization temperatures between 280°C and 310°C are represented by the inclusion types C1, C2 and Q1. The inclusion types Q2 and C3 are primary aqueous, with salinities between 4 and 11 wt% NaCl eq. and total homogenization temperatures within the interval of 205°C and 270°C. The inclusion types Q3 and C4 are of secondary origin and contain an aqueous solution with salinities varying from 3 to 13 wt% NaCl eq. and total homogenization between 140°C e 190°C. These inclusions were trapped during the quartz and carbonate recrystallization, as a result of the reactivation of the shear zone and formation of the Itajaí Basin. The primary inclusion types C1, C2, C3 and Q1 and Q2 in carbonate and quartz, respectively, are considered as representatives of the gold-mineralizing fluid, which are considered originally a low sulfur, CH_4 - and N_2 - free H_2O-CO_2 solution, rich in CO_2 , Fe, Mg, Ca, Na, K, Cl, Au, Ag, Ni, As and SiO_2 , with Zn and Co in subordinate amounts.

Massive carbonate veins were the first to precipitate from this fluid during the temperature rise of the hydrothermal system, together with the gold and sulfides, due to the reaction of this fluid with iron rocks intercepted by the shear zone. This reaction may have led to the destabilization of the metal-bearing sulfur complexes, reduction of the gold and precipitation of the sulfides. Sulfide-rich, gold-poor quartz veins crystallized afterwards, in the waning stages of temperature drop due to the mixing of the H_2O-CO_2 fluid with meteoric waters.

Keywords: : Schramm Mine (SC), orogenic deposits, gold, nickel, arsenic, H_2O-CO_2 fluid.

RESUMO Na mina de ouro Schramm são lavrados veios de carbonato e de quartzo contidos em uma zona de cisalhamento NNE, próximo ao contato da bacia vulcano-sedimentar do Itajaí, Município de Gaspar (SC). O minério é de alto teor, com mais de 500 ppm de Au, e tem sulfetos de As, Ni, Co, Cu, Zn, Pb e Fe contidos em corpos mineralizados alongados que têm veios de carbonato (siderita, ankerita e dolomita) e quartzo. O ouro está todo dentro dos veios de carbonatos maciços. Foram identificadas quatro tipos de inclusões fluidas nos carbonatos (C) e três no quartzo (Q). As inclusões tipos C1, C2 e Q1 são primárias e aquo-carbônicas, com salinidades entre 0,2% e 14% equivalentes em peso de NaCl e temperaturas de homogenização entre 280°C e 310°C. As Q2 e, provavelmente, as C3 são inclusões primárias, aquosas, com salinidades entre 4% e 11% equivalentes em peso de NaCl e temperaturas de homogenização entre 205°C e 270°C. Elas contêm os fluidos formados pela mistura entre o fluido primitivo e águas meteóricas. As inclusões Q3 e as C4 são secundárias e aquosas, com salinidades entre 3% e 13% equivalentes em peso de NaCl e temperaturas de homogenização entre 140°C e 190°C. Foram formadas durante a recristalização do quartzo e dos carbonatos dos veios causadas por reativação da zona de cisalhamento e do sistema hidrotermal ocorrida durante a formação e evolução da Bacia do Itajaí.

O fluido mineralizador primário foi uma solução aquo-carbônica com muito CO_2 , Fe, Mg e Ca e SiO_2 . Tinha, também, Cl, Na, K, muito pouco enxofre, os metais Au, Ag, Ni, As e, em menores proporções, Zn e Co. Era desprovido de nitrogênio e metano. A partir desse fluido, os veios com carbonatos maciços formaram-se primeiro, durante a fase de ascensão da temperatura do sistema hidrotermal. O quartzo começou a cristalizar posteriormente, quando a temperatura do sistema começou a diminuir devido a abertura da zona de cisalhamento à água meteórica e a sua mistura com o fluido primário. O ouro e os sulfetos precipitaram ao mesmo tempo que os carbonatos quando, durante o período de aumento da temperatura do sistema, o fluido primário reagiu com o ferro de formações ferríferas interceptadas pela zona de cisalhamento. Nessa reação os complexos sulfurosos que sustentavam os metais em solução foram desestabilizados, deixando o ouro livre e permitindo a cristalização dos sulfetos.

Palavras-chave: Mina Schramm (SC), depósito orogênico, ouro, níquel, arsênio, fluido aquo-carbônico.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS A mina de ouro Schramm está situada a 12 Km a NNE de cidade de Gaspar (SC) (Fig. 1), na margem esquerda do ribeirão do Arraial. Em 1986 a MINEPAR - Mineração Gaspar S.A., detentora dos direitos de mineração da área, localizou 44 veios de quartzo na região, dentre os quais aqueles hoje lavrados na mina Schramm. A lavra da Mina

Schramm foi iniciada no final de 1999, sendo a única mina de ouro em atividade na região. Biondi *et al.* (2001) estudaram a geologia e a petrologia da Mina Schramm. O objetivo, agora, é determinar a natureza e a evolução dos fluidos responsáveis pela mineralização aurífera dessa mina e as condições de pressão e temperatura de precipitação do minério.

1 - UFPR – Departamento de Geologia, C.P. 19.001, 81.531-990 – Curitiba (PR), jcbiondi@geologia.ufpr.br

2 - UNICAMP – Instituto de Geociências, C.P. 6152, 13.083-970 – Campinas (SP), xavier@ige.unicamp.br

GEOLOGIA DA ÁREA **Geologia regional** Dos 44 veios com quartzo conhecidos na região, 42 estão em meio a rochas do Grupo Itajaí e apenas dois, o Schramm e o Subida (Fig. 2), com quartzo e carbonato, estão em meio a rochas do embasamento. Os veios mineralizados com ouro do Schramm ocorrem em meio a rochas do Complexo granulítico de Santa Catarina, na região de Luiz Alves, em uma zona de cisalhamento verticalizada, orientada segundo N5-10°E, localizada muito próximo ao contato com as rochas do Grupo Itajaí (Figs. 1 e 2). Embora as rochas regionais predominantes sejam granulitos noríticos e anderbíticos e anfibolitos, são comuns as ocorrências lentes de migmatitos estromáticos, gnaisses félsicos e/ou feldspáticos (rosados), quartzitos e formações ferríferas bandadas (metajaspilitos), com comprimentos desde 1 até várias centenas de metros. Segundo Basei (1985), todas as rochas do complexo granulítico teriam idade mínima de 2,8 Ga.

As zonas miloníticas têm foliação verticalizada e direções entre N30°W e N25°E. Em vários locais essas zonas foram reativadas em condições rúpteis, proporcionando o aparecimento de cataclasitos. Segundo Babinski *et al.* (1997), a SE da Bacia do Itajaí a fase acrescional do cinturão Don Feliciano é marcada por uma foliação de baixo ângulo (tectônica tangencial) formada entre 610±5 e 616±2 Ma (U-Pb em zircão), enquanto que a fase colisional, principal fase transcorrente (tectônica direcional) que afetou a região, teria ocorrido há 594±5 Ma (U-Pb em zircão). É provável que essa última seja a idade da zona de cisalhamento que contém o depósito da Mina Schramm, como também a idade do início da abertura da Bacia Itajaí e das primeiras manifestações magmáticas (diques) que se alojaram nas zonas

de cisalhamento de alto ângulo.

O Grupo Itajaí é formado por um conjunto de rochas meta-sedimentares detríticas, encimadas e atravessadas por riolitos e granitos. Está contido em uma bacia alongada (Fig. 1) que é limitada, na maior parte do seu perímetro, por falhas e zonas de cisalhamento que a separam do Complexo granulítico. Suas rochas têm idades entre 580±40 e 540±10 Ma e foram submetidos a anquimetamorfismo há 534±4 Ma (Basei 1985). É provável, portanto, que a fase compressiva que dobrou rochas do Grupo Itajaí tenha reativado as transcorrências neoproterozóicas, inclusive a da Mina Schramm. Segundo Basei (1985), o magmatismo relacionado à formação do Grupo Itajaí cessou há 541±26 Ma.

Geologia da área da mina Schramm O ouro da Mina Schramm ocorre em veios de siderita-ankerita e de quartzo orientados N75°-90°W, 80°-85°NE conjugados a uma zona de cisalhamento vertical, orientada N-S (Fig. 2). As galerias atravessam granulitos básicos e ultrabásicos, muito foliados e alterados, que contêm lentes de gnaisses félsicos, quartzosos, micáceos e ricos em feldspato potássico, e de gnaisses magnéticos (formações ferríferas), com bandas negras de magnetita e hematita alternadas com bandas claras quartzo-feldspáticas. Todas essas rochas estão alteradas, sobretudo carbonatadas (siderita, anke-

Figura 1 - Localização geográfica e geológica da mina de ouro Schramm. A mina situa-se no município de Gaspar (SC), em meio a granulitos arqueanos do Complexo Granulítico de Santa Catarina, na região de Luiz Alves, próxima ao contato com rochas do Grupo Itajaí, do Brasileiro.

Figura 2 - Mapa geológico da área da mina de ouro Schramm, onde são lavrados veios de carbonato e quartzo, orientados N75°-90°W, 80°-85°NE, situados em uma zona de cisalhamento N-S, muito próximo ao contato de rochas do Grupo Itajaí. Notar o sistema de falhas ENE que cruza as rochas do Grupo Itajaí. Encaixados ou paralelos a essas falhas há diques riodacíticos e veios de quartzo com teores baixos de ouro. Na Mina Schramm os veios de carbonato e quartzo com ouro cortam diques traquíticos.

rita e dolomita), em graus variados. Os gnaisses estão, também, silicificados e muscovitizados e os granulitos estão cloritizados e albitizados. A intensidade da alteração cresce em direção aos veios, tornando irreconhecíveis as texturas originais das rochas a distâncias menores que 1,0-1,5 m dos contatos. Detalhes sobre as transformações causadas pelo sistema mineralizador do Schramm foram discutidos por Biondi *et al.* (2001).

O depósito consiste de veios maciços de siderita e ankerita, com largura centimétrica a decimétrica, creme pardos, isolados, margeando ou mesclados a veios também maciços de quartzo leitoso com micro-aglomerados de carbonato e clorita. É comum que os contatos entre as partes carbonatada e a quartzosa dos veios sejam ressaltados por uma franja de ripidolita-brunsvigita negra e verde-escura (Biondi *et al.* 2001). As relações de contato indicam, sempre, que os veios de carbonato antecederam os de quartzo, e que o início da cristalização do quartzo ocorreu quando os carbonatos ainda estavam cristalizando.

O ouro concentrou-se em locais onde se formaram corpos mineralizados alongados, nos quais se misturam vênulas e veios de quartzo e carbonato (Fig. 3). Esses corpos mineralizados são verticais, têm diâmetros médios entre 1 e 4 m e comprimentos de 10 a 30 m. Ocorrem em locais onde as encaixantes são granulitos ultrabásicos ou gnaisses magnéticos (formações ferríferas). Nesses locais o ouro ocorre praticamente todo nos veios de carbonato, com teores entre 500 g/ton e cerca de 2.300 g/ton. Fora dos corpos mineralizados não há ouro, nem em veios de carbonato. Nos veios de quartzo os teores raramente alcançam 1 g/ton. A ausência de foliação ou deformação nos veios de carbonato, de quartzo e nas rochas encaixantes, indica que, após a

sua formação, a área da mina Schramm não mais foi submetida a modificações tectônicas importantes.

Composição mineralógica dos veios de carbonato e de quartzo

Os veios de carbonato são maciços, compostos por siderita, ankerita e dolomita, e ocorrem isolados, paralelos e em contato, ou envolvendo os veios de quartzo. Os veios de quartzo sempre têm micro-aglomerados de siderita-ankerita e de clorita (brunsvigita-diabantita), o que indica contemporaneidade na cristalização desses minerais, quando dentro do quartzo. Em meio e dentro do quartzo, a clorita forma cristais tubulares ou "vermiculares" que coalescem, formando micro-aglomerados (Biondi *et al.* 2001). Quando veios de quartzo e de carbonato estão juntos, os contatos são ressaltados por uma franja de clorita.

O único sulfeto disperso nos veios e nos corpos mineralizados alongados, compostos por quartzo e de carbonato, é pirita euédrica, cristalizada tardiamente. Nos corpos mineralizados alongados, com teores altos de ouro, a quantidade total de sulfetos é menor que 0,5 %, e está praticamente toda contida nos veios de siderita-ankerita-dolomita que compõem os corpos mineralizados alongados. A paragénese sulfetada é complexa e composta essencialmente por sulfetos de As, Ni e Fe, secundados pelos de Co, Zn e Cu. Análises óticas e com microsonda feitas por Biondi *et al.* (2001) mostram a presença de ouro livre, siegenita-violarita (grupo da lineaita – sulfetos de Co, Ni e Fe), millerita, gersdorfit, galena, calcopirita, arsenopirita (muito rara), esfalerita, pirita níquel-cobaltífera, pirita, um sulfoarsenieto de Ni-Fe-Co desconhecido e covelita. O ouro

Figura 3 - Mapa geológico da mina de ouro Schramm. O ouro está em veios de siderita-ankerita-dolomitos (altos teores) e de quartzo (teores muito baixos) encaixados por granulitos básicos e ultrabásicos e por gnaisses. Os gnaisses formam lentes métricas dentro dos granulitos. Toda a região mineralizada está alterada para uma assembléia com carbonato, clorita e muscovita.

ocorre livre, intergranular e/ou contido nos carbonatos, e como inclusões em todos os sulfetos. Foi a primeira fase metálica a cristalizar, seguido da galena (traços), da calcopirita (muito pouco), da arsenopirita (traços) e da esfalerita. Os sulfetos mais comuns são a gersdorffita, a millerita e a siegenita-violarita. A gersdorffita geralmente envolve a millerita que ocorre isolada ou como exsolução dentro de uma variedade de siegenita rica em Fe, transicional para a violarita. Gersdorffita, siegenita e millerita têm inclusões de esfalerita, calcopirita, galena e arsenopirita.

A magnetita dos gnaisses magnéticos que encaixam as regiões com minério de alto teor, é quimicamente pura, desprovida de quantidades significativas de qualquer elemento traço. A covelita, identificada em apenas duas amostras, é derivada da alteração da calcopirita, ocorrida no final do ciclo principal de alteração hipogênica. As amostras com covelita foram coletadas em locais onde as encaixantes dos veios carbonatados estão oxidadas e caulinizadas.

Características químicas do minério As informações a seguir constam do trabalho de Biondi *et al.* (2001). São importantes para a compreensão da gênese e evolução do fluido mineralizador da Mina Schramm.

O ouro está concentrado em carbonatos (500 e 2300 g/ton) dentro de corpos mineralizados alongados. Fora desses corpos mineralizados os teores são menores que 1 ppm, mesmo em veios carbonatados e em veios de quartzo. O ouro tem 27,5% de Ag. Junto ao ouro concentram-se, também em altos teores, a prata (150 a 300 g/ton), o arsênio (0,15 a 0,60%) e o níquel (0,01 a 1,4%). Em menores proporções o minério tem Zn (250 a 1600 g/ton), Pb (100 a 850 g/ton) e Co (40 a 750 g/ton). Os teores de Sb, Te, Se, W, Mo e Bi são muito baixos, próximos ou menores que 10 g/ton.

Mesmo nos corpos mineralizados alongados, os veios de quartzo apresentam teores máximos de ouro de pouco menos de 1 g/ton e de As, Zn, Pb, Ni, Cu, Co, Mo, Te, e Bi entre 1 e 50 g/ton. Fora dos locais mineralizados (= parte carbonatada dentro dos corpos mineralizados quartzo carbonatados, alongados) os teores de Au são menores que 50 ppb e os teores dos elementos acima mencionados variam entre 10 e 900 g/ton. Raramente as rochas encaixantes alteradas têm ouro, e a presença de Au nessas rochas em teores acima de 50 ppb não é acompanhada por um aumento significativo nos teores dos outros elementos, cujos teores variam entre 1 e 200 g/ton.

INCLUSÕES FLUIDAS Equipamentos, Materiais e Métodos A composição e as propriedades físico-químicas dos fluidos que participaram do evento mineralizador da mina de Schramm foram determinadas por meio da microtermometria e microespectroscopia Raman em inclusões fluidas contidas em cristais de carbonato e quartzo de veios, observadas em seções polidas em ambas as faces, com espessura em torno de 100-200 mm. Esse estudo foi desenvolvido em seis amostras de veios de quartzo e de carbonato.

Inicialmente as medidas microtermométricas foram feitas no Laboratório de Inclusões Fluidas do IG/UNICAMP. Utilizou-se uma platina de aquecimento/resfriamento LINKAM THMSG600 adaptada a um microscópio petrográfico convencional e conectada a uma unidade controladora de temperatura LINKAM TMS92, que permite uma variação de -196°C a 600°C. Inclusões sintéticas confeccionadas pela SYN FLINC foram usadas para avaliar a precisão e exatidão das temperaturas de

mudanças de fase medidas durante a microtermometria. A precisão da temperatura medida é de $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ao longo do intervalo alcançado pela platina, ao passo que a exatidão encontra-se em $\pm 0,2^\circ\text{C}$, $\pm 1,0^\circ\text{C}$ e $5^\circ\text{--}10^\circ\text{C}$ para os intervalos de -100°C a -20°C , -20°C a 30°C e $> 100^\circ\text{C}$, respectivamente. Em uma segunda etapa, o trabalho foi continuado no LAMIR – Laboratório de Análises de Minerais e Rochas, na Universidade Federal do Paraná, onde foi feita a maior parte das medidas. No LAMIR foi utilizado um conjunto CHAIXMECA, com platina de aquecimento/resfriamento e unidade controladora de temperatura acopladas a um microscópio petrográfico LEITZ com ocular e objetiva para 50, 100 e 500 aumentos. Este conjunto foi calibrado com substâncias padrões. Os resultados foram os seguintes: Temperatura de fusão do clorobenzeno ($-45,6^\circ\text{C}$) encontrada com exatidão e precisão de $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Temperatura de fusão do Merck 9640 ($+40^\circ\text{C}$) encontrada com exatidão de $\pm 0,2^\circ\text{C}$ e precisão de $\pm 1,8^\circ\text{C}$. Temperatura de fusão do Merck 9800 ($+200^\circ\text{C}$) encontrada com exatidão de $\pm 0,3^\circ\text{C}$ e precisão de $4\text{--}8^\circ\text{C}$. Temperatura de fusão do nitrato de sódio ($+306,8^\circ\text{C}$) encontrada com exatidão de $\pm 0,3^\circ\text{C}$ e precisão de $6\text{--}11^\circ\text{C}$.

As análises por microespectroscopia Raman foram obtidas com um equipamento JOBIN YVON T64000, acoplado a um detector CCD resfriado com N_2 líquido. O feixe de laser de argônio, excitado com uma linha de 514,5 nm, foi irradiado nas inclusões a uma potência de saída na fonte de 500-600 mW. O tempo de integração adotado durante a análise de cada espécie volátil foi de 5 ciclos de 60 segundos cada. As análises de microespectroscopia Raman foram efetuadas no Laboratório de Inclusões Fluidas do IG/UNICAMP.

Descrição e classificação O estudo petrográfico permitiu identificar quatro tipos diferentes de inclusões fluidas nos carbonatos (identificados pela inicial C) e três tipos no quartzo (identificados pela inicial Q) (Tabela 1 e Fig. 4), que foram classificadas em primárias, pseudo-secundárias e secundárias de acordo com os critérios de Roedder (1984). As inclusões têm dimensões entre 5 e 15μ . As inclusões primárias são muito frequentes no quartzo e raras nos carbonatos, porém são pouco frequentes as inclusões com dimensões suficientes para que sejam feitas medidas microtermométricas seguras. As secundárias são muito pequenas ($<5\mu$) e muito mais numerosas nos carbonatos.

As inclusões C1 (Tabela 1, primeira coluna), dos carbonatos, são trifásicas a temperatura ambiente, contêm H_2O líquido, CO_2 líquido e CO_2 gás e têm formas prismáticas (Fig. 4A), alongadas (Fig. 4B) ou irregulares. São inclusões claras com bolhas escuras e ocorrem isoladas ou em grupos com no máximo 3 ou 4 inclusões, denotando sua natureza primária. As inclusões C2 (Fig. 4B) são bifásicas (H_2O líquido, CO_2 líquido) ou trifásicas (H_2O líquido, CO_2 líquido e CO_2 gás) a temperatura ambiente. São escuras, têm formas prismáticas curtas e arestas arredondadas. Ocorrem isoladas ou junto às inclusões C1 alongadas, características que indicam serem inclusões primárias. As inclusões C3 são monofásicas ou bifásicas a temperatura ambiente, têm formas ovaladas e são negras. Situam-se em planos (Fig. 4C) que se estendem até o limite dos cristais e foram consideradas pseudo-secundárias. As inclusões tipo C4 são muito pequenas ($<5\mu$) e têm a forma de gotas (Tabela 1 e Fig. 4D). São aquosas, bifásicas, de cores claras, e formam planos que ultrapassam os limites dos cristais de carbonato, o que indica serem de origem secundária.

Tabela 1 - Tipologia das inclusões fluidas dos carbonatos e dos quartzos dos veios mineralizados da mina de ouro Schramm e suas principais características microtermométricas e composicionais. $TfCO_2$ = Temperatura de fusão do CO_2 ; Te = Temperatura do eutético; $ThCO_2$ = Temperatura de homogeneização do CO_2 ; D_c = Densidade da fase carbônica; Tf_{gel} = Temperatura de fusão do gelo; Tf_{clat} = Temperatura de fusão de clatratos; Th_t = Temperatura de homogeneização total.

Tipo	CARBONATO				QUARTZO		
	C1 Primárias Trifásicas	C2 Primárias Bifásicas/ Trifásicas	C3 Pseudo- secundárias Monofásicas	C4 Secundárias Bifásicas	Q1 Primárias Trifásicas	Q2 Primárias Bifásicas	Q3 Secundárias Bifásicas
	A B				A B		
Morfologia							
Composição do fluido	$H_2O_L + CO_{2L} + CO_{2V}$	$H_2O_L + CO_{2L} + CO_{2V}$	H_2O_V	$H_2O_L + H_2O_V$	$H_2O_L + CO_{2L} + CO_{2V}$	$H_2O_L + H_2O_V + NaCl \pm KCl$	$H_2O_L + H_2O_V \pm KCl \pm MgCl_2 \pm FeCl_2$
$TfCO_2$ (°C)	-56,4 a -56,9	-56,6 a -56,8			55,5 a 58,7		
Te (°C)			?	?		-20,9 a -25,6	-22,1 a -41,7
$ThCO_2$ (°C)	26,4 a 29,9	24,6 a 28,8			24,8 a 31,0		
D_c (g/cm ³)	0,58 a 0,68	0,63 a 0,73					
Tf_{gel} (°C)			?	?		-2,5 a -8,0	-0,9 a -12,5
Tf_{clat} (°C)	3,9 a 4,6	5,9 a 8,0	8,9 a 9,8		1,1 a 2,7	5,9 a 7,2	
Salinidade (% em peso equivalente de NaCl)	10 a 11%	4,5 a 8,0%	0,2 a 2,2%	?	?	13 a 14%	6 a 8% (5 a 8%)
Th_t (°C)	305 a 309°C	284 a 292°C (295)	281 a 286°C	?	?	290 a 309°C	205 a 270°C

Figura 4 - Fotomicrografias dos diferentes tipos de inclusões fluidas em carbonatos (inicial C) e em quartzo (inicial Q) dos veios mineralizados com ouro da Mina Schramm (SC). As características físico-químicas dos fluidos dessas inclusões estão resumidas no Tabela 1.

As inclusões Q1, do quartzo, são aquo-carbônicas e geralmente apresentam três fases a temperatura ambiente (H_2O líquido, CO_2 líquido e CO_2 gás). Têm cores claras com bolhas escuras e formas ovaladas ou prismáticas com arestas arredondadas (Tabela 1 e Fig. 4E). São muito pouco freqüentes, geralmente muito pequenas e ocorrem isoladas ou em grupos pequenos dispersos aleatoriamente no quartzo, sendo, portanto, de origem primária. As inclusões do tipo Q2 têm formas, dimensões e modo de ocorrência semelhantes às Q1, mas são aquosas bifásicas (H_2O líquido e H_2O vapor) e têm cores claras (Tabela 1 e Fig. 4F). Foram, também, consideradas primárias. As Q3, também aquosas e bifásicas, são inclusões com formas muito irregulares (Fig. 4G). São abundantes e sempre situadas em limites de cristais ou microfraturas, o que lhes confere características de inclusões secundárias.

Microtermometria e Espectroscopia Raman *MICROESPECTROSCOPIA RAMAN* Foram selecionadas cinco inclusões tipo C1, duas C2, três C3 e cinco Q1 para serem analisadas com a microsonda Raman. Todas tinham dimensões médias 310μ , com exceção das inclusões C2 ($<10\mu$). As inclusões trifásicas tipo Q1 (Fig. 5A, B e C) e C1 (Fig. 5D, E e F) são aquo-carbônicas, desprovidas de N_2 , H_2S e CH_4 . As inclusões tipo C3, monofásicas ou bifásicas e negras (Tabela 1 e Fig. 4C), são aquosas, provavelmente preenchidas por vapor d'água, sem N_2 , H_2S , CH_4 ou CO_2 . Os resultados das análises das inclusões tipo C2 não foram conclusivos devido às dimensões muito pequenas dessas inclusões. Cada um dos outros grupos de inclusão mostrou composição muito constante, o que faz crer que os resultados sejam representativos.

INCLUSÕES EM CARBONATOS As temperaturas de fusão do CO_2 ($TfCO_2$) medidas nas inclusões C1 e C2 agrupam-se em torno de $-56,6^\circ C$ (Tabela 1 e Fig. 6A), indicando ser a fase carbônica dessas inclusões constituídas de CO_2 puro (sem N_2 , H_2S e CH_4), como indicado pela microespectroscopia Raman (Figs. 5A, B e C). A homogeneização da fase carbônica ($ThCO_2$) das inclusões C1 ocorre sempre para o estado líquido, a temperaturas entre $26,4^\circ C$ e $29,9^\circ C$, correspondentes a densidades do CO_2 entre $0,58$ e $0,68$ g/cm^3 (Tabela 1, Fig. 6C). Todos os cálculos de densidade foram feitos com o auxílio dos gráficos e procedimentos indicados por Shepherd *et al.* 1985 (pg. 115). As inclusões C2 homogeneizam para o estado líquido a temperaturas entre $24,6^\circ C$ e $28,8^\circ C$, Fig. 6C, correspondentes a densidades para o CO_2 entre $0,63$ e $0,73$ g/cm^3 . Notar que C1 e C2 não têm temperaturas homogeneização entre $27^\circ C$ e $28^\circ C$.

As temperatura de fusão dos clatratos ($Tfclat$) das inclusões C1 variam de $3,9$ a $8,0^\circ C$ (Tabela 1, Fig. 6B) e mostram duas modas, uma a $4,0-4,5^\circ C$ e outra a $7,0-7,5^\circ$, o que levou a separar essas inclusões em tipos C1A e C1B (Tabela 1). Não foram percebidas quaisquer diferenças nos modos de ocorrência dessas inclusões que permitissem separar as inclusões correspondentes a essas duas modas. Esses grupos correspondem a fluidos com salinidades equivalentes da porcentagem em peso de NaCl entre 10 e 11% (C1A) e 5 e 8% (C1B), respectivamente. Clatratos das inclusões C2 fundem a temperaturas entre $8,9$ e $9,8^\circ C$, correspondentes a fluidos com salinidades equivalentes da porcentagem em peso de NaCl entre $0,2$ e $2,2$ (Conversões de $Tfclat$ para salinidade feitas segundo procedimentos definidos por Collins 1979). Não foram encontradas evidências (diferentes

graus de preenchimento) de que os fluidos de C1 e de C2 tenham entrado em ebulição.

As temperaturas de homogeneização total das inclusões

Figura 5 - Espectros obtidos na microespectrometria Raman de inclusões fluidas tipo C1 (em carbonatos) e Q1 (em quartzo) (Fig. 4 e Tabela 1) do minério da mina Schramm. Os espectrogramas, tanto das inclusões C1 (Figs 5 A-C) como das Q1 (Figs 5D-F) mostram que essas inclusões são constituídas por CO_2 puro (sendo desprovidas de N_2 , H_2S e CH_4).

C1A, mais salinas, variam entre 305 e 308°C (Tht, Tabela 1 e Fig. 6D). As homogeneizações foram sempre para o estado aquoso. Essas inclusões são raras e poucas medidas foram obtidas. As C1B, são inclusões menos salinas e mais frequentes que as C1A, e têm temperaturas de homogeneização total, também para fase aquosa, entre 285 e 295°C. As inclusões C2, muito menos salinas (equivalentes da porcentagem em peso de NaCl entre 0,2 a 2,2%) homogeneizam-se totalmente para fase aquosa a temperaturas entre 281 e 284°C (Tabela 1 e Figura 6D).

Não foi possível obter informações microtermométricas conclusivas sobre as inclusões C3. Análises de microespectroscopia Raman revelam que essas inclusões são aquosas, provavelmente preenchidas somente por vapor com densidade muito baixa. O mesmo aconteceu com as inclusões C4, secundárias, bifásicas e aquosas, devido a suas dimensões muito pequenas (geralmente menores que 2m. – Fig. 4D).

INCLUSÕES EM QUARTZO As inclusões mensuráveis (suficientemente grandes) tipo Q1, em quartzo, são pouco frequentes, aquocarbônicas e geralmente trifásicas (H₂O líquido, CO₂ líquido e CO₂ gás). A temperatura de fusão do CO₂ dessas inclusões varia entre -55,5 e -58,7°C, indicando que a fase carbônica é praticamente pura, o que foi confirmado pela microespectroscopia Raman (Figuras 5D, E e F, 7 A e Tabela 1). A exemplo do que foi observado nas inclusões C1 dos carbonatos, também no quartzo as temperaturas de fusão dos clatratos das inclusões Q1 agrupam-se em torno de duas modas, o que levou a separá-las em Q1A e Q1B (Tabela 1). A primeira moda é a das inclusões Q1A, muito raras, com clatratos que fundem a temperaturas entre 1,1 e 2,7°C, correspondentes a fluidos com salinidades equivalentes da porcentagem em peso de NaCl entre 13 e 14% (Fig. 7 B, Tabela 1). A segunda moda é das inclusões Q1B, mais frequentes, que têm salinidades equivalentes da porcentagem em peso de NaCl entre 6,0 e 8,0%, correspondente a clatratos que fundem a temperaturas entre 5,9 e 7,2°C. Também nesse caso, como para as C1, não foram observadas quaisquer diferenças quanto ao modo de ocorrência entre as inclusões dos dois grupos. As temperaturas de homogeneização do CO₂ das inclusões Q1 variam entre 24,8 e 31,0°C (Fig. 7D e Tabela 1). A homogeneização é para o estado líquido e as temperaturas correspondem a densidades da fase carbônica entre 0,48 e 0,71 g/cm³. As inclusões Q1 homogeneizam totalmente para o estado aquoso, a temperaturas entre 290 e 309°C (Fig. 7F e Tabela 1).

A temperatura dos eutéticos das inclusões primárias, bifásicas, aquosas, tipo Q2 (Tabela 1, Fig. 7C) variam entre -20,9 e -25,6°C, o que sugere que o fluido aquoso, além de NaCl talvez tenha, também, KCl. A fusão do gelo desses fluidos ocorre a temperaturas entre -2,5 e -8,0°C, correspondentes a salinidades equivalentes da porcentagem em peso de NaCl entre 4,0 e 11,0% (Fig. 7E, Tabela 1). Essas inclusões homogeneizam para o estado líquido a temperaturas entre 201 e 270°C (Fig. 7F e Tabela 1). Não foram encontradas evidências (diferentes graus de preenchimento) de que os fluidos de Q1 e de Q2 tenham entrado em ebulição.

As inclusões Q3, bifásicas, secundárias e aquosas, com formas irregulares (Tabela 1), têm eutéticos com temperaturas que variam dentro de ampla faixa, de -41,7°C a -22,1°C, com modas a -34°C/-32°C e, talvez, -28°C/-26°C (Fig. 7C), sugerindo a presença de MgCl₂, NaCl, KCl e FeCl₂ em quantidades variadas, dissolvidos na sua fase aquosa. Não foram percebidas diferen-

ças nas inclusões Q3 que justifiquem essas variações nas composições dos fluidos. Notar que as temperaturas de fusão do gelo dessas inclusões variam em uma faixa muito ampla, entre -0,9°C e -12,5°C (Fig. 7E), correspondentes a fluidos com salinidades equivalentes em peso de NaCl entre 3% e 13%. As temperaturas de homogeneização total, sempre para o estado líquido, foram as mais baixas medidas entre todas as inclusões, variando entre 140°C e 189°C (Fig. 7F e Tabela 1).

Discussão Os seguintes eventos devem ser considerados como potencialmente capazes de influir na dinâmica e/ou na composição dos fluidos que percolaram a zona de cisalhamento que contém o depósito da Mina Schramm:

- Gênese dos granulitos há 2,8 Ga, rochas regionais estas dentro das quais a zona de cisalhamento mineralizada foi gerada e cujas composições definem o ambiente petrológico onde o depósito foi formado.
- A fase acrescional do cinturão Don Feliciano, ocorrida entre 610±5 e 616±2 Ma. A fase colisional, principal fase transcorrente (tectônica direcional de alto ângulo) que afetou a região, teria ocorrido há 594±5 Ma. É provável que essa seja a idade da zona de cisalhamento que contém o depósito da Mina Schramm, do início da abertura da Bacia do Itajaí e das primeiras manifestações magmáticas (diques traquíticos) associadas à abertura desta Bacia. Os fluidos que percolaram essa zona de cisalhamento geraram os veios mineralizados.
- As rochas do Grupo Itajaí têm idades entre 580±40 e 540±10 Ma e sofreram um anquimetamorfismo há 534±4 Ma. É provável, portanto, que a fase compressiva que dobrou as rochas do Grupo Itajaí tenha reativado as transcorrências neoproterozóicas, entre as quais aquela da Mina Schramm. O magmatismo relacionado ao Grupo Itajaí cessou há 541±26 Ma, com a emissão de riolitos e granitos. Os veios de quartzo mineralizados com ouro estão contidos em falhas conjugadas com direções WNW e ENE, junto e/ou cortando diques traquíticos (Fig. 3). Todos esses eventos podem ter reativado o sistema de percolação de fluidos nas zonas de cisalhamento, gerando novas inclusões e modificando inclusões antigas contidas nos carbonatos e nos quartzos.

Biondi *et al.* (2001) mostraram que, nos veios mineralizados da Mina Schramm: (a) os carbonatos começaram a cristalizar primeiro e, em seguida, cristalizaram ao mesmo tempo que o quartzo, havendo, na fase final de preenchimento dos veios, cristalização somente de quartzo e; (b) o quartzo e os carbonatos que compõem o minério da Mina Schramm cristalizaram em diversas etapas, conforme evidenciado pela zonação dos veios e dos minerais e pelos halos de crescimento dos minerais, não tendo sido possível separar as inclusões fluidas em grupos, conforme o momento (halo de crescimento do mineral) que foram geradas, devido à impossibilidade de correlacionar halos de crescimento de minerais diferentes, sejam eles da mesma espécie ou de espécies diferentes (siderita, ankerita, dolomita e quartzo). No entanto, a classificação das inclusões pelos seus modos de ocorrência e dados microtermométricos, seguramente levou ao agrupamento de inclusões formadas em épocas diferentes.

As inclusões primárias tipos C1A e B e C2, dos carbonatos, e as primárias Q1A e B, do quartzo, são todas aquo-carbônicas

Figura 6 - Histogramas que mostram as variações das temperaturas de mudanças de fase dos fluidos que preenchem as inclusões contidas nos carbonatos do veio mineralizado da Mina de ouro Schramm. (A) Temperatura de fusão do CO₂. (B) Temperaturas de fusão dos clatratos das inclusões tipos C1A e B e C2. Notar que há três grupos de inclusões caracterizados por salinidades que correspondem a 10-11% (C1A), 5-8% (C1B) e 0,2-2,2% (C2) em peso equivalente de NaCl. (C) Temperaturas de homogeneização do CO₂ das inclusões C1 e C2. (D) Temperaturas de homogeneização total das inclusões C1A e B e C2.

Figura 7 - Histogramas que mostram as temperaturas de mudanças de fase dos fluidos que preenchem as inclusões contidas em cristais de quartzo dos corpos mineralizados de alto teor da Mina de ouro Schramm. (A) Temperatura de fusão do CO₂. (B) Temperaturas de fusão dos clatratos das inclusões tipos Q1. Notar que há dois grupos de inclusões caracterizados por salinidades equivalentes da porcentagem em peso de NaCl de 13-14% (Q1A) e 6-8% (Q1B). (C) Temperaturas dos eutéticos das inclusões Q2 e Q3. (D) Temperaturas de homogeneização do CO₂ das inclusões Q1. (E) Temperaturas de fusão do gelo nas inclusões Q2 e Q3. Essas temperaturas indicam que os fluidos das inclusões Q2 e Q3 têm salinidades equivalentes da porcentagem em peso de NaCl entre 4 e 11% e 3 e 13%, respectivamente. (F) Temperaturas de homogeneização total das inclusões Q1, Q2 e Q3.

e têm essencialmente o mesmo intervalo de variação Tht (Tabela 1), mas suas composições químicas e salinidades variam bastante (Tabela 1 e Fig. 8). Como será mostrado a seguir, carbonatos e quartzo, apesar de, em parte, terem cristalizado em momentos e locais diferentes, devem ter precipitado a partir de um mesmo fluido.

O fluido mineralizador foi uma solução aquo-carbônica com muito CO_2 , Fe, Mg e Ca (que precipitaram como siderita, ankerita e dolomita), com muito SiO_2 (que precipitou como quartzo), com Cl, Na, K, muito pouco enxofre e com os metais Au, Ag, Ni, As e, em menores proporções, Zn e Co (que precipitaram como sulfetos). A salinidade desse fluido primário variou bastante, de 0,2% a 14% equivalente em peso de NaCl (Tabela 1, Fig. 8). Segundo McCuaig & Kerrich (1998), fluidos com estas características podem ter sido gerados em uma única fonte, profunda, a partir de um único fluido primitivo, derivado da desidratação de crosta oceânica subduzida. Migrou e evoluiu durante sua ascensão, interagindo com rochas variadas e transformando-se no fluido mineralizador do depósito da mina Schramm. A Mina Schramm situa-se na microplaca Luis Alves, limitada pela microplaca Curitiba, ao norte, e pelo Cinturão Don Feliciano, ao sul. Esses limites são considerados possíveis zonas de subducção por Basei (1985), Siga Jr (1985), Machiavelli (1991) e Harara (1995) (todos *in* Citroni 1998), nas quais o fluido mineralizador do Schramm poderia ter sido gerado.

Como sugerem os dados da figura 8, ao percolar a zona de cisalhamento, em meio aos granulitos que hospedam os corpos mineralizados da mina Schramm, o fluido primário começou a precipitar ankerita, siderita e dolomita e a alterar as rochas quando estava com temperatura de, no mínimo, 280°C e salinidade entre 0,2% e 2,2% equivalente em peso de NaCl (= inclusões C2, ponto A, na Fig. 8). Pulsos subsequentes vieram com temperaturas maiores e salinidades também maiores, e continuaram a precipitar carbonatos até atingir no mínimo 310°C e cerca de 11% equivalente em peso de NaCl (= inclusões C1A, ponto C na figura 8). Como: (a) não há evidências de que esse fluido tenha entrado em ebulição (*boiling*), liberando CO_2 , (b) a solubilidade dos carbonatos em fluidos aquosos é inversamente proporcional a temperatura e, (c) os granulitos (rochas básicas) geram um ambiente alcalino, que desestabiliza soluções aquo-carbônicas e faz precipitar carbonatos, provavelmente a precipitação dos carbonatos foi consequência do aumento da temperatura desse fluido e do pH do ambiente (Rimstidt 1997).

Ao mesmo tempo que os carbonatos, o ouro e os sulfetos precipitaram preferencialmente em locais onde a zona de cisalhamento intercepta formações ferríferas (Fig. 3). Isto sugere que esses metais estavam em solução sustentados por complexos sulfurosos. Segundo Phillips (1984), Neall & Phillips (1987) e McCuaig & Kerrich, (1998), entre outros, o enxofre dos complexos sulfurosos é deslocado pelo ferro das rochas encaixantes, o que faz precipitar o ouro livre dentro dos carbonatos e junto aos sulfetos de ferro e dos outros metais (As, Ni, Co, Cu, Zn, etc) contidos em solução.

Devido ao sistema hidrotermal estar com temperatura em ascensão, não houve precipitação de quartzo (cuja solubilidade é diretamente proporcional a temperatura, até a temperatura crítica da solução - Rimstidt 1997) no início do hidrotermalismo, mas houve alteração das rochas encaixantes, sobretudo nos locais não afetados pela carbonatação (Biondi *et al.* 2001). Quando foram atingidas temperatura de no mínimo 310°C e salinidades entre 13 e 14% equivalentes em peso de NaCl (= inclusões Q1A,

Figura 8 - Diagrama Tht (temperatura de homogeneização total) versus salinidade (em equivalentes da porcentagem em peso de NaCl) dos fluidos das inclusões de carbonatos (inicial C) e de quartzo (inicial Q) dos veios mineralizados da mina de ouro Schramm (vide Tabela 1 e Figs. 6 e 7 para maiores detalhes).

ponto D na figura 8), deve ter ocorrido o rompimento (*fracturing*) da zona de cisalhamento. O fraturamento do sistema abriu novas fraturas, abriu espaço nas fraturas anteriormente preenchidas por carbonatos e causou uma queda brusca na pressão, que passou de litostática para hidrostática. Isto teve como consequência a diminuição brusca da solubilidade da sílica e a precipitação rápida de quartzo nos novos espaços abertos e junto aos veios carbonatados (Rimstidt 1997). O sistema foi invadido por água vinda da superfície que se misturou ao fluido primário. Inicialmente, devido ao sistema estar com sua temperatura aumentando, a mistura fez baixar a salinidade a cerca de 6%-8% equivalentes em peso de NaCl, sem mudança significativa na temperatura (= inclusões Q1B, ponto B na figura 8). Rapidamente a água meteórica passou a dominar o sistema (= inclusões aquosas Q2, ponto E na Fig. 8, e, talvez, também as inclusões C3), rebaixando a temperatura do fluido (B para E, Fig. 8) e possibilitando a cristalização da maior parte dos veios de quartzo maciço.

A variação da salinidade das inclusões Q2 (4% a 11% equivalentes em peso de NaCl, Tabela 1 e Fig. 8) provavelmente se deve as diferentes taxas de mistura ocorridas entre o fluido primário e a água meteórica. As inclusões Q3 e C4, aquosas e secundárias, estão em minerais recrystalizados devido a reativações do sistema hidrotermal. Como não há evidências de estrangulamento (*necking-down*) nem de vazamento (*leakage*) nessas inclusões, isto poderia ser explicado se considerarmos que os fluidos das inclusões Q3 e, provavelmente, das C4 (Fig. 8), sejam consequências: (a) da reativação das zonas de cisalhamento ocorrida durante a fase compressiva da Bacia do Itajaí, ocorrida há 580 ± 40 Ma, (b) do magmatismo ocorrido entre 594 ± 5 e 541 ± 26 Ma e, (c) do anquimetamorfismo ocorrido na região há 534 ± 4 Ma. Todos esses fenômenos podem ter causado recrystalizações locais, totais e/ou parciais, do quartzo e do carbonato dos veios e dos corpos mineralizados alongados da Mina Schramm, gerando inclusões secundárias (Q3 e C4) com propriedades muito variadas.

CONCLUSÕES 1. As inclusões tipos C1 e C2, dos carbona-

tos, são muito parecidas com as inclusões Q1, do quartzo. São inclusões primárias que devem representar o fluido primitivo que formou os veios mineralizados da mina Schramm.

2. O fluido mineralizador primário foi uma solução aquo-carbônica com muito CO₂, Fe, Mg e Ca e SiO₂. Tinha, também, Cl, Na, K, muito pouco enxofre, os metais Au, Ag, Ni, As e, em menores proporções, Zn e Co. A salinidade desse fluido primário variou bastante, de 0,2 a 14% equivalente em peso de NaCl.

3. Devido a temperatura do sistema hidrotermal estar aumentando e ao pH do ambiente granulítico ser mais alcalino que o do fluido, o fluido primário começou a precipitar somente carbonatos e alterar as rochas quando estava com temperatura de, no mínimo, 280°C e salinidade entre 0,2% e 2,2% equivalente em peso de NaCl e continuou até atingir no mínimo 310°C e cerca de 11% equivalente em peso de NaCl.

4. Ao mesmo tempo que os carbonatos, o ouro e os sulfetos precipitaram preferencialmente em locais onde a zona de cisalhamento intercepta formações ferríferas. Isto sugere que esses metais estavam em solução sustentados em complexos sulfurosos. O enxofre dos complexos sulfurosos foi deslocado pelo ferro das rochas encaixantes, o que fez precipitar o ouro livre simultaneamente aos carbonatos e aos sulfetos de ferro e dos outros metais (As, Ni, Co, Cu, Zn, etc) contidos em solução.

5. Quando foram atingidas temperatura de no mínimo 310°C e salinidades entre 13 e 14% equivalentes em peso de NaCl, deve

ter ocorrido o rompimento da zona de cisalhamento, o que causou queda brusca na pressão, que passou de litostática para hidrostática. Isto teve como consequências: (a) diminuição brusca da solubilidade da sílica e a precipitação rápida de quartzo nos novos espaços abertos e junto aos veios carbonatados; (b) a invasão do sistema por água vinda da superfície, que se misturou ao fluido primário. Inicialmente, devido ao sistema estar com sua temperatura aumentando, a mistura fez baixar a salinidade a cerca de 6%-8% equivalentes em peso de NaCl, sem diminuição significativa na temperatura, (c) rapidamente a água meteórica passou a dominar o sistema, fazendo a temperatura do fluido cair e possibilitando a cristalização da maior parte dos veios de quartzo maciço.

6. Os fluidos das inclusões aquosas secundárias Q3 e, provavelmente, das C4, devem ser consequências: (a) da reativação das zonas de cisalhamento ocorrida durante a fase compressiva do Itajaí, ocorrida há 580±40 Ma; (b) do magmatismo ocorrido entre 594±5 Ma e 541±26 Ma; e, (c) do anquimetamorfismo ocorrido na região há 534±4 Ma. Todos esses fenômenos podem ter causado recristalizações localizadas, totais e/ou parciais, do quartzo e do carbonato dos veios de minério da Mina Schramm, gerando inclusões secundárias (Q3 e C4) com propriedades muito variadas.

Agradecimentos Aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

Referências

- Babinsky M., Chemale Jr. F., Van Schmus W.R., Hartmann L.A., da Silva L.C. 1997. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic granitic-gneissic Don Feliciano Belt, southern Brazil. *Jour. South Amer. Earth Sci.* **3-4**:263-274.
- Basei M.A. 1985. *O Cinturão Don Feliciano em Santa Catarina*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 193 p.
- Biondi J.C., Schicker G., Bugalho A. 1992. Processos mineralizadores em bacias tardi-orogênicas: 1 - Influência das estruturas rígidas na geração dos depósitos da Minepar e do Ribeirão da Prata, Grupo Itajaí (SC). *Rev. Brasil. Geoc.*, **22**:275-288.
- Biondi J.C., Franke R.S., Carvalho P.R.S., Villanova S.N. 2001. Geologia e petrologia da mina de ouro Schramm (Gaspar - SC). *Rev. Brasil. Geoc.*, **31**:287-298.
- Citroni S.B. 1998. *Bacia de Campo Alegre (SC) - Aspectos petrológicos, estratigráficos e caracterização geotectônica*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 185 p. (anexos e mapa).
- Collins P.L.F. 1979. Gas hydrates in CO₂-bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity. *Econ. Geol.*, **74**:1435-1444.
- McCuaig T.C. & Kerrich, R. 1998. P-T-t-deformation-fluid characteristics of lode gold deposits: evidence from alteration systematics. *Ore Geol. Review*, **12**:381-453.
- Neall F.B. & Phillips G.N. 1987. Fluid-wall rock interaction in an Archean hydrothermal gold deposit: A thermodynamic model for the Hunt Mine, Kambalda. *Econ. Geol.*, **82**:1679-1694.
- Phillips G.N. 1984. Archean gold deposits of Australia. Information Circular nº 175, Economic Research Unit, University of Witwatersrand (África do Sul), 45 p.
- Rimstidt J.D. 1997. Gangue mineral transport and deposition. In: Barnes H.L. (ed.), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, John Wiley & Sons, NY, 487-514.
- Roedder E. 1984. *Fluid Inclusions*. Reviews in Mineralogy. Mineral. Soc. America, **12**(9):644 p.
- Shepherd T.J., Rankin A.H., Alderton D.H.M. 1985. *A practical guide to fluid inclusion studies*. Ed. Blackie (Londres), 239 p.

Manuscrito A-1244

Recebido em 31 de julho de 2001

Revisão dos autores em 10 de julho de 2002

Revisão aceita em 20 de julho de 2002