

Buenos Aires, outubro 1993

ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS EM CORPOS DE MINÉRIO (SULFETO MACIÇO E VEIO DE QUARTZO) DO DEPÓSITO AURÍFERO MINA III, CRIXÁS, GOIÁS

Paulo de Tarsô Ferro de Oliveira Fortes¹ & Gaston Giuliani²

1- GEO/IG/UnB. Brasília

2- ORSTOM/CRPG, Nancy, França

CONTEXTO GEOLÓGICO O depósito aurífero Mina III é uma das maiores minas subterrâneas de ouro atualmente em operação no Brasil, tendo sido descoberta na década de oitenta, com reservas estimadas em 5,2 milhões de toneladas de minério e teor de 12,7 g/ton (Yamaoka & Araújo, 1988).

Localiza-se aproximadamente três quilômetros a sul da cidade de Crixás (Goiás), estando situada na sequência vulcano-sedimentar arqueana metamorfizada e deformada do "Greenstone Belt" de Crixás (Sáboia, 1979). O contexto geológico e as características da mineralização estão descritas por Fortes e Takaki (neste volume).

METODOLOGIA DE TRABALHO O estudo de inclusões fluidas foi feito através de lâminas espessas (150-300 μm), bi-polidas: nove lâminas confeccionadas a partir de três amostras representativas dos corpos de sulfeto maciço da Zona Superior (aproximadamente quatrocentas inclusões fluidas estudadas) e sete lâminas confeccionadas a partir de sete amostras representativas do veio de quartzo da Zona Inferior (aproximadamente duzentas inclusões fluidas estudadas). Após a petrografia, a microtermometria foi feita em platina Chaixmeca (Universidade de Brasília) e em platina USGS (CRPG, Nancy), com resultados idênticos para inclusões fluidas analisadas em ambos os aparelhos. Vinte inclusões fluidas (Zona Superior) e duas inclusões fluidas (Zona Inferior) foram selecionadas e analisadas em Microsonda Raman (CREGU, Nancy).

INCLUSÕES FLUIDAS As inclusões fluidas associadas aos corpos de sulfeto maciço da Zona Superior foram identificadas em quartzo que, juntamente com plagioclásio bastante sericitizado e esverdeado, biotita, apatita e carbonato, compõem a ganga do minério, em amostras compostas predominantemente por arsenopirita (70-90%) média

a grosseira, idio a hipidioblástica. O quartzo geralmente ocorre entre os grãos de arsenopirita, apresentando-se recristalizado, com extinção ondulante, bandas de deformação e contornos irregulares.

As inclusões fluidas associadas ao veio de quartzo da Zona Inferior foram identificadas em grãos de quartzo (98%), enquanto plagioclásio bastante sericitizado e esverdeado, carbonato, mica branca, clorita, material carbonoso e minerais opacos (arsenopirita, pirrotita e, mais raramente, galena) ocorrem disseminados entre os grãos de quartzo e são os principais minerais acessórios. O quartzo tem granulação bastante variada (até 3 mm), apresentando-se recristalizado, com extinção ondulante, bandas de deformação e contornos irregulares, por vezes serrilhados.

Tanto nos corpos de sulfeto maciço quanto no veio de quartzo, o estudo petrográfico permitiu a caracterização, segundo os critérios de Shepherd et al. (1985), de nove tipos de inclusões fluidas, com exceção de um tipo que não foi identificado no veio de quartzo (Fortes & Giuliani, 1992; Fortes et al., no prelo). Foram distinguidos tipos de percolação mais precoce e tipos de circulação mais tardia, respectivamente, segundo micro-fraturas restritas e não-restritas aos limites dos grãos de quartzo, classificados como inclusões fluidas pseudo-secundárias e secundárias, segundo critérios de Roedder (1984).

O estudo microtermométrico possibilitou a distinção de sete tipos de fluidos (características petrográficas e microtermométricas resumidas na tabela 1 e os resultados de Microsonda Raman na tabela 2):

a) fluido aquo-carbônico saturado (sistema $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{KCl}-\text{CO}_2-\text{CH}_4-\text{N}_2$): inclusões fluidas multifásicas (tipo S), pseudo-secundárias (comum nos

corpos de sulfeto maciço e muito raro no veio de quartzo);

- b) fluido carbônico (sistema CO₂-CH₄-N₂): inclusões fluidas monofásicas (geralmente na fase líquida, tipo MC1), pseudo-secundárias;
- c) fluido aquo-carbônico não-saturado (sistema H₂O-NaCl-CO₂-CH₄-N₂): inclusões fluidas bifásicas (tipos LC1 e LC2), pseudo-secundárias;
- d) fluido rico em metano e nitrogênio (sistema (H₂O)-CH₄-N₂-(H₂S- C₂H₆)) inclusões fluidas monofásicas (tipo MC1') e bifásicas (tipo LC1'), pseudo-secundárias (raro nos corpos de sulfeto maciço e ausente no veio de quartzo);
- e) fluido aquoso não-saturado (sistema H₂O-NaCl): inclusões fluidas monofásicas (L1) e bifásicas (tipo (L+V)1), pseudo-secundárias;
- f) fluido carbônico (sistema CO₂-CH₄-N₂): inclusões fluidas monofásicas (geralmente na fase líquida, tipo MC2), secundárias;
- g) fluido aquoso não-saturado (sistema H₂O-NaCl): inclusões fluidas monofásicas (tipo L2) e bifásicas (tipo (L+V)2)), secundárias.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES Os tipos de fluidos encontrados nas duas zonas principais de minério (Superior, sulfeto maciço, e Inferior, veio de quartzo) são bastante semelhantes, petrográfica e microtermometricamente, permitindo uma descrição única para ambas.

A associação de diferentes tipos de inclusões fluidas pseudo-secundárias sugere que tenha havido mistura e aprisionamento heterogêneo de fluidos parcialmente miscíveis que percolaram penecontemporaneamente, o que pode ser evidenciado pela grande variação de Vg, salinidade e conteúdo de CO₂, CH₄ e N₂. Assume-se que tais fluidos precoces estejam relacionados com processos de alteração hidrotermal e mineralização.

A ocorrência de fluidos saturados, relativamente abundantes na Zona Superior e muito raros na Zona Inferior, sugere controle litológico na sua geração, uma vez que os mesmos podem estar relacionados ao metamorfismo de rochas carbonáticas impuras associadas à Zona Superior. Os fluidos carbônicos podem ter-se originado a partir de reações de

descarbonatação de rochas carbonáticas impuras e/ou de oxidação de matéria carbonosa (Crawford, 1981). A presença de N₂, H₂S e C₂H₆ sugere importante contribuição sedimentar para os mesmos (Roedder, 1984). A dispersão CO₂/CH₄ pode refletir variações iniciais na razão entre os dois gases e também variações na fO₂ durante o aprisionamento dos fluidos. A ocorrência de fluidos ricos em metano e nitrogênio pode estar associada a processo de imiscibilidade quando da mistura de fluidos gerados a partir das rochas carbonosas com fluidos gerados a partir das rochas carbonáticas.

As temperaturas de homogeneização total referentes ao fluido saturado situam-se na mesma faixa de temperatura de crepitação dos outros tipos de inclusões fluidas pseudo-secundárias em ambas zonas de minério (compatível com metamorfismo de fácies xisto-verde), sugerindo condições de temperatura semelhantes para ambas as mineralizações.

O transporte do ouro deu-se provavelmente sob a forma de cloro e tio-complexos, com importante participação de arsênio, e sua deposição pode ter sido provocada pela diminuição da temperatura dos fluidos e mudanças nas condições de aS₂, fO₂ e fCO₂, talvez também relacionados ao processo de mistura de fluidos.

AGRADECIMENTOS Os autores agradecem à Mineração Serra Grande Ltda., em especial ao geólogo Walter Yamaoka, pelo acesso à área, ao CNPq pela concessão de bolsa na categoria DCR (05/91 a 02/93) (primeiro autor) e a ORSTOM (França) pelo apoio financeiro nos meses de 12/92 e 01/93.

REFERÊNCIAS

- Crawford, M.L. (1981), Min. Assoc. Canada: 75-100
- Fortes, P.T.F.O. & Giuliani, G. (1992), Bol. Inf. NCO, 15:99-109
- Fortes, P.T.F.O. et al. (no prelo), Bol. Inf. NCO
- Roedder, E. (1984), Fluid Inclusions, Rev. in Mineral., 12:644 p
- Saboia, L.A. (1979), Bol. Inf. NCO, 9:43-72
- Shepherd, T.J. et al. (1985), A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies: 239 p
- Yamaoka, W.N. & Araújo, E.M. (1986), Rot. Técnico., XXXIV Cong. Bras. Geol.: 77-78
- Yamaoka, W.N. & Araújo, E.M. (1988), Princ. Dep. Min. Brasil, III:491-498

Tabela 1 - Resumo de algumas características petrográficas e resultados microtermométricos das inclusões fluidas associadas aos corpos de sulfeto maciço e ao veio de quartzo da Mina III

Tipo	Tamanho	Ug (%)	UI (%)	Us (%)	TkCH4-H2	TfcO2	Tent	TfG	TfC	TfHid	TkCO2	TdHal	Terep	TH	% NaCl
S	6-50 μ m	18-38	80-40	10-30 halita, silvita calcita	-	-57,3/ -56,7 n=33 x=-57,0	-56,9/ -23,1 n=32 x=-38	-36,9/ -2,8 n=52 x=-14	-25,3/ -11,1 n=15 x=-12	+3,4/ +17,1 n=40 x=+8	+12,4/ +31,0 n=32 x=+29	+185/ +467 n=54 x=+298	+255/ +483 n=29 x=+380	+266/ +461 n=31 x=+338	38,7/ 52,7 n=54 x=35,5
MC1	6-58 μ m	-	-	-	-	-57,9/ -56,8 n=29 x=-57,3	-	-	-	-	+11,5/ +23,7 n=29 x=+18	-	-	-	-
LC1	6-50 μ m	60-90	35-10	5-8 calcita	-	-57,9/ -56,7 n=128 x=-57,2	-	-20,3/ -3,2 n=25 x=-8	-9,6/ +8,3 n=12 x=+8	+10,4/ +14,0 n=3 x=+12	+9,2/ +29,9 n=128 x=+18	-	+205/ +377 n=34 x=+370	-	2,88/ 21,89 n=25 x=6
MC1' LC1'	6-50 μ m	60-90	40-10	-	-134/ -88,3 n=21 x=-95	-	-	-19/ -16,5 n=3 x=-18	+3,0/ +7,4 n=5 x=+7	-	-	-	-	-	-
LC2	6-36 μ m	30-60	65-40	5-8 calcita	-	-61,1/ -56,6 n=127 x=-57,2	-	-12,9/ -0,2 n=62 x=-4	-27,8/ +3,0 n=20 x=-12	+4,0/ +18,5 n=4 x=+18	+7,6/ +29,7 n=127 x=+26	-	+184/ +460 n=41 x=+340	-	1,38/ 28,44 n=62 x=11
L1	6-24 μ m	40-70	60-30	-	-	-	-	-11,3/ -2,5 n=22 x=-4	-	+1,5/ +13,2 n=6 x=+4	-	-	+247/ +385 n=28 x=+370	-	1,72/ 13,76 n=22 x=4
L2	6-24 μ m	10-20	90-80	-	-	-	-	-7,9/ -2,9 n=39 x=-8	-	-	-	-	-	+107/ +222 n=15 x=+120	1,55/ 9,72 n=39 x=7
MC2	6-12 μ m	-	-	-	-	-57,5/ -56,6 n=97 x=-57,4	-	-	-	-	+14,5/ +29,8 n=97 x=+16	-	-	-	-

Obs: temperaturas em graus centígrados % NaCl=% em peso de NaCl equivalente
n=número de medidas; x=valor de maior concentração

Tabela 2 - Resultados das análises de Microsonda Raman para as inclusões fluidas associadas aos corpos de sulfeto maciço e ao veio de quartzo da Mina III (% molar)

Tipo	CO2 (%)	CH4 (%)	N2 (%)	H2S (%)	C2H6 (%)	Tipo	CO2 (%)	CH4 (%)	N2 (%)	H2S (%)	C2H6 (%)	
S	79,40	15,12	5,48	-	-	LC1'	-	73,19	26,78	-	0,04	
	89,02	10,98	-	-	-		-	43,19	56,61	-	-	
	95,82	0,94	3,24	-	-		-	50,87	48,19	0,29	0,65	
	97,28	0,84	1,88	-	-		LC2	98,50	0,52	0,98	-	-
	87,22	9,43	3,35	-	-			98,44	0,32	1,24	-	-
MC1	95,47	2,18	2,43	-	-	91,47	6,94	1,48	0,11	-		
						88,84	5,59	5,57	-	-		
LC1	96,21	2,94	0,85	-	-	L1	32,64	54,42	12,94	-	-	
	92,23	4,64	3,13	-	-		30,61	49,49	19,90	-	-	
	94,58	2,03	3,42	-	-							
	92,33	3,31	4,37	-	-							
MC1'	-	58,31	40,87	0,61	0,21	MC2	93,64	2,75	3,61	-	-	