

Gênese e evolução geológica do depósito de Cu-Au de Gameleira, Serra dos Carajás, Pará

Zara Gerhardt Lindenmayer*¹, Márcio Martins Pimentel**², Luiz Henrique Ronchi*³, Jorge Henrique Laux**⁴, Fernando Jacques Althoff *⁵, Janice Caldas Araújo*⁶, André Fleck *⁷

*Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 1. zara@euler.unisinos.br; 3 ronchi@euler.unisinos.br ;5 althoff@euler.unisinos.br; 6 jcaldasaraujo@yahoo.com; andre@euler.unisinos.br

**Universidade de Brasília. 2 marcio@unb.br ; 4 lauxjh@unb.br

O depósito de Cu-Au do Alvo Gameleira, Serra dos Carajás, apresenta mineralização paleoproterozóica (1,8 Ga) epigenética, venular, *estratabound* e subordinadamente disseminada, hospedada numa seqüência vulcânica andesítica e sub-vulcânica gábrica, neoarqueana, localizada numa zona de cisalhamento. A mineralização venular, composta por calcopirita, bornita, Au, molibdenita, pirita, cobaltita e cobalto-pentlandita, associada à uraninita, fluorita, turmalina, quartzo e biotita verde, pós-data a mineralização *estratabound* em hidrotermalitos bandados (1.837 ± 30 Ma, Sm-Nd, isócrona rocha total), provenientes de ferrificação sulfetação e silicificação. Nos hidrotermalitos concentra-se a mineralização cupro-aurífera em bandas ricas em magnetita, que ocorrem no contato entre o pacote vulcânico e um *sill* máfico. Os veios mineralizados (1.693 ± 30 Ma, Sm-Nd em biotita verde e sulfeto) e o hidrotermalito, têm sua fonte numa intrusão sienítica paleoproterozóica.

O gabro e as vulcânicas andesíticas são comagmáticas ($\epsilon_{Nd}(T) = -1,8$ e $-1,7$, respectivamente), e provenientes de um magma cálcio-alcálico. O valor negativo do parâmetro ($\epsilon_{Nd}(T)$) indica contaminação do magma original com crosta continental mais antiga. Isto é corroborado pelas razões Zr/Y dos gabros (3,04) e andesitos (6,88), coincidentes com àquelas características de magmas de arcos continentais de Condie (1989), embora as razões Ta/Yb (0,008); Th/Yb (0,617); Ti/Zr (84,88) e La/Ta (63,83) do gabro e Ta/Yb (0,206); Th/Yb (2,79); Ti/Zr (41,49) e La/Ta (102,50) dos andesitos, sejam geoquimicamente análogas aos magmas de arcos-de-ilhas de Condie (1989).

Dois intrusões graníticas ocorrem na área do depósito. Uma delas, de composição sienítica e portadora de calcopirita, fluorita e turmalina, é relacionada no tempo, aos granitóides paleoproterozóicos, colocados há 1,8 Ga. A outra é formada por um alcali-feldspato-leucogranito a muscovita mesoproterozóico. O sienito tem afinidades químicas com os granitos do tipo A, é metaluminoso a peralcalino e têm enriquecimento muito pronunciado em ETRP.

Intensa biotitização paleoproterozóica (1,73 Ga, Ar-Ar) é observada em todo o pacote. As rochas vulcânicas são compostas por biotita, quartzo, albita, turmalina±almandina, muitas vezes apresentando texturas porfíricas, ofíticas e subofíticas reliquias. Quando deformadas constituem

biotita-xistos e granada-biotita-xistos. A intrusiva máfica é um gabro hidrotermalmente alterado e biotitizado em graus variados, composto por oligoclásio-andesina, actinolita e biotita, além de epidoto e clorita. Os hidrotermalitos bandados são formados por quartzo-magnetita-grunerita-biotita.

Os altos conteúdos de Cl (até 2%) e K (até 1%) apresentados pelos anfibólios cálcicos, juntamente com a temperatura de equilíbrio de $540 \pm 25^\circ\text{C}$, obtida nos pares hornblenda-granada e biotita-granada, indicam que o anfibólio e a biotita se formaram durante o mesmo evento hidrotermal que originou a mineralização e não devido a um processo metamórfico anterior.

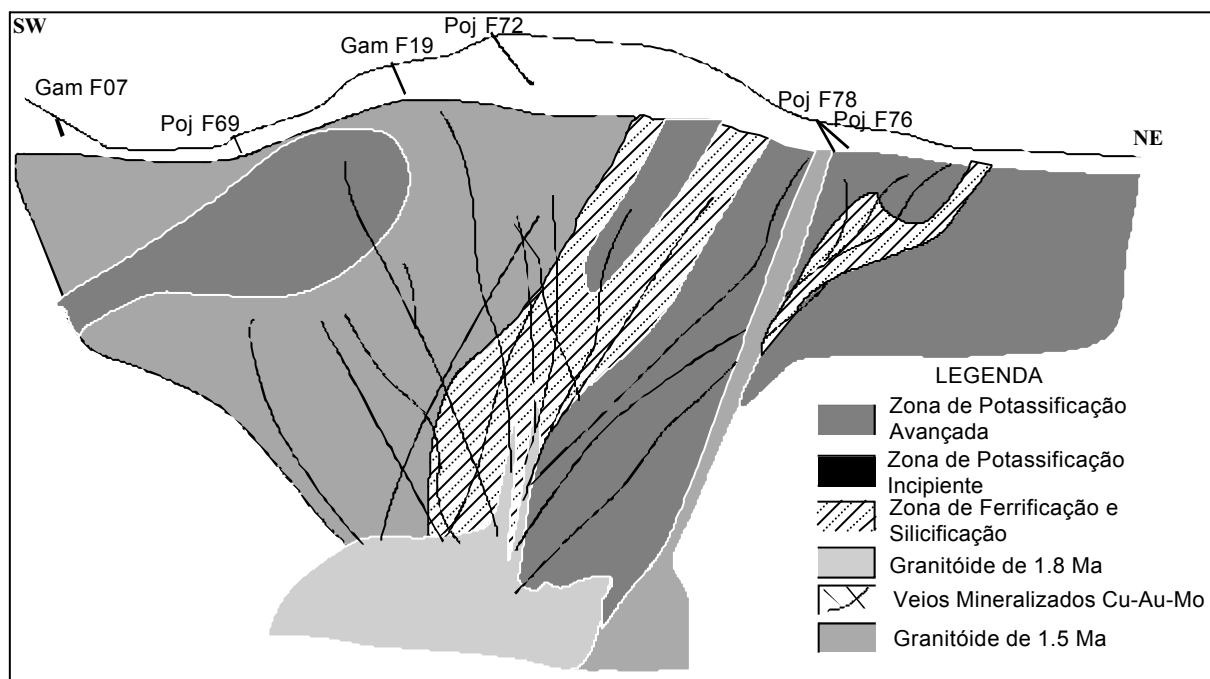


Figura 1 - Seção geológica idealizada do depósito de Cu - Au do Gameleira.

Os dados isotópicos de enxofre nos sulfetos ($\delta S^{34} = +3,08$ nas calcopiritas, $+ 3,74$ nas bornitas e $+4,81$ nas molibdenitas) e de carbono e oxigênio nos carbonatos ($\delta O^{18}_{SMOW} = + 8,912$ a $+10,030$ e $\delta C^{13}_{PDB} = -8,414$ a $-9,449$) indicam fonte magmática para o enxofre e fonte profunda tanto para o carbono como para o oxigênio. Isto sugere que o sistema hidrotermal evoluiu numa região moderadamente profunda da crosta onde os fluidos eram predominantemente magmáticos, e sem influência de águas meteóricas

A profundidade de evolução do sistema hidrotermal foi de cerca de 7 km, estimada pela predominância das substituições edeníticas sobre as glaucofaníticas nos anfibólios cálcicos dos gabros, que indicaram uma pressão próxima de 2 kbar. A temperatura mais elevada registrada no sistema foi de 540°C (geotermômetros hornblenda-granada e biotita-granada). A temperatura dos veios mineralizados variou entre 235°C e 190°C (geotermômetro da clorita), indicando resfriamento progressivo do sistema.

Os fluidos de alta temperatura tiveram o Cl como o principal agente complexante dos metais, juntamente com o F. Esse último tornou-se mais importante, com a diminuição de temperatura, principalmente no transporte do U, Mo e ETR, o que é evidenciado pelo enriquecimento em F dos minerais hidratados tardios. O enriquecimento de todas as rochas em K, Ga, ETRL, U, F, Au, Cu indica fortemente influência de fonte granítica. Por outro lado, as boas correlações entre Cr, MgO, CaO, Au e a presença de sulfetos portadores de cobalto sugerem que as rochas encaixantes máficas contribuíram como fonte dos metais e contaminado os fluidos do sistema hidrotermal.

Três tipos principais de inclusões fluidas cogenéticas ocorrem nos veios mineralizados: bifásicas aquosas, salinidade entre 1 e 23% peso eq. NaCl e TH entre 100 e 250°C, inclusões saturadas (halita), salinidade entre 30 e 40% peso eq. NaCl e TH da fase vapor ente 150 e 210°C e inclusões monofásicas aquosas, revelando forte influência de fluidos magmáticos (Ronchi *et al.* neste Simpósio).

As características estruturais e microestruturais descritas no Alvo Gameleira, permitem considerar que os biotita-xistos marcam os domínios de uma grande zona de falha transcorrente, importante em escala regional. Trata-se, possivelmente, de uma estrutura de segunda ordem ligada à Falha Carajás. Esta zona de falha, que teve diversas reativações, foi utilizada como conduto para fluidos hidrotermais e magmas graníticos. Os últimos foram provavelmente colocados em contexto extensional, em níveis crustais não muito profundos,.

Gameleira corresponde a um depósito mineral da classe óxido de Fe Cu-Au, portador de forte controle magmático, sendo caracterizado pelo baixo conteúdo de S e elevados teores em F-U-ETR.

A assembléia de minerais de alteração, a paragênese sulfetada e a associação de metais (Fe-Cu-Au Mo-Co-U-F-ETR) encontrada no Alvo Gameleira, assemelha-se aos depósitos do distrito de Cloncurry, na Austrália, formados em temperaturas e profundidades semelhantes, tais como Ernest Henry, Monakoff e Mount Kalbadon descritos por Williams (1998). Gameleira mostra grande semelhança também com o depósito de Mo de Allebuoda, na Suécia, descrito por Öhlander *et al.* (1989).

Referências Bibliográficas

- Condie, K.C. 1989. Geochemical changes in basalts and andesites across the Archean-Proterozoic boundary: Identification and significance. *Lithos*, **23**:1-18.
- Öhlander, B., Billström, K., Hålenius, E. 1989. Behavior of rare-earth elements in highly evolved granitic systems: Evidence from Proterozoic molybdenite mineralized aplites and associated granites in northern Sweden. *Lithos*, **23**: 267-280.
- Williams, P.J. 1998. Introduction to Fe Oxide-Cu-Au Deposits. Short Course on Fe-Oxide-Cu-Au deposits. Economic Geology Research Unit. James Cook University. Part A.
- Williams, P.J. 1998. The Cloncurry Cu-Au Systems. Short Course on Fe-Oxide-Cu-Au deposits. Economic Geology Research Unit. James Cook University. Part G.