

# **Gênese dos Fluidos nos Sistemas de Veios e Greisens do Depósito de Estanho do Bom Futuro (RO).**

Valmir da Silva Souza

*Departamento de Geociências da Universidade do Amazonas e Doutorando junto ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (e-mail:vdss@unb.br)*

Nilson Francisquini Botelho

*Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (e-mail:nilsonfb@unb.br)*

Renato Muzzolon

*Empresa Brasileira de Estanho S.A. (EBESA) / Grupo Paranapanema*

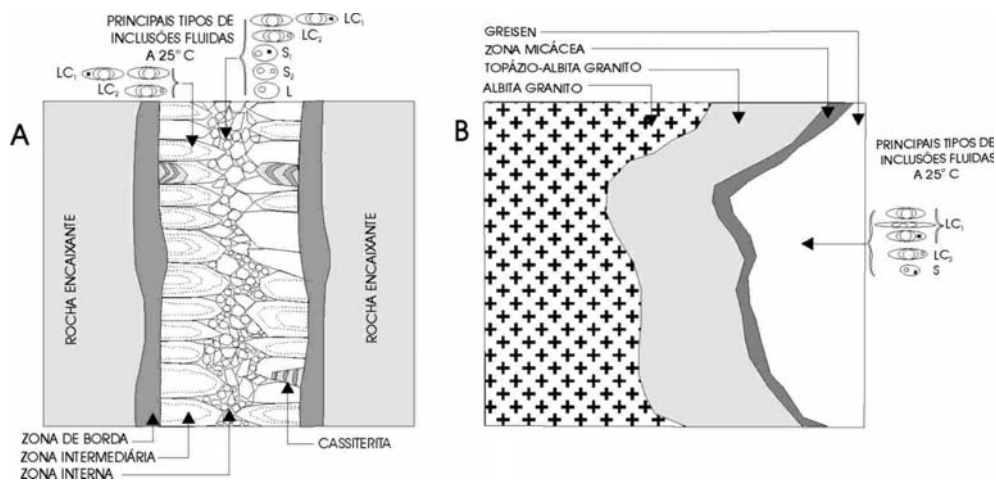
**Introdução.** O depósito de estanho do Bom Futuro está localizado na região central do Estado de Rondônia, no município de Ariquemes. Este depósito é interpretado como um sistema do tipo vulcano-plutônico semi-circular, encaixado em gnaisses, anfíbolitos e xistos do Complexo Jamari (Villanova e Franke 1995). O sistema vulcânico ocupa a área central do depósito, denominada Serra do Bom Futuro, onde ocorrem brechas, riolitos e diques de albíta granito, com a cassiterita ocorrendo associada a um sistema anelar de veios de quartzo+topázio. O sistema plutônico, por sua vez, é melhor representado a cerca de 500 m a nordeste da Serra de Bom Futuro, onde ocorre um *stock* granítico denominado Palanqueta (Silva *et al.* 1995 e 1997). Este *stock* granítico é formado por um biotita granito médio na borda, um biotita granito fino a porfírico na zona intermediária e um albíta granito no centro contendo zonas periféricas de greisens a cassiterita e wolframita.

Este trabalho objetiva caracterizar as condições físico-químicas mínimas de formação dos sistemas de veios e de greisens. Para tal, empregou-se análises petrográfica e microtermométrica (de – 120° a +450° C), esta última realizada em platina Chaixmeca modelo 871 (IG-UnB), com correção em platina Linkam modelo THMSG-600 (IG-UNICAMP). Estas análises foram realizadas em quartzo e topázio nos veios e em cassiterita, quartzo e topázio nos greisens. Algumas das inclusões fluidas primárias com tamanho entre 0,6 e 1 µm foram ainda submetidas a análise por microscopia eletrônica e espectroscopia Raman (IG-UNICAMP).

**Sistema de Veios.** Os veios atravessam tanto as rochas do Complexo Jamari como as brechas e riolitos do sistema vulcânico Bom Futuro, porém mantêm uma relação concordante a subconcordante com os diques de albíta granito. Estes veios são tabulares a lenticulares, espessura centimétrica e comprimento métrico a decamétrico, granulação média a grossa e mergulham cerca de 30 a 50° ao redor do sistema vulcânico Bom Futuro. São formados por quartzo e topázio, tendo como acessórios cassiterita, fluorita, zinnwaldita, esfalerita, pirita e calcopirita. Em geral, os veios mostram-se zonados compondo as seguintes seqüências paragenéticas (Figura 1A): a) zona de borda - formada por zinnwaldita, quartzo,

esfalerita, topázio, pirita e calcopirita, a qual marca um estágio de alteração metassomática na rocha encaixante; b) zona intermediária - formada por quartzo, topázio, cassiterita e fluorita, cujos cristais de cassiterita são euédricos e zonados, com suas linhas de crescimento apontando para a zona interna do veio; e c) zona interna - formada por quartzo, topázio, fluorita e zinnwaldita, cujos cristais são anédricos a subédricos e estão dispostos em uma trama heterogranular fina a média.

**Zonas de Greisens.** Os greisens formam faixas e bolsões no contato entre o biotita granito médio e o albita granito do sistema plutônico Palanqueta. A passagem do albita granito para os greisens é marcada pelas seguintes zonas metassomáticas (Figura 1B): a) o albita granito torna-se greisenizado, gerando um topázio-albita granito (rocha com mais de 10% de topázio); e b) zona micácea, formada por zinnwaldita, quartzo e topázio, tendo como acessórios fluorita, pirita e esfalerita. Os greisens apresentam cor variando de castanho escuro, verde claro até cinza claro, textura heterogranular média a grossa e são classificados, com base na proposta de Stemprok (1987), em quartzo-mica-topázio greisen, quartzo-topázio greisen e quartzo-topázio-mica greisen. A mica nestes greisens é a zinnwaldita e os minerais acessórios são fluorita, cassiterita, wolframita, esfalerita, pirita, calcopirita e galena. A cassiterita é encontrada disseminada ou em agregados de cristais euédricos e zonados, apresentando, ocasionalmente, elevado grau de transparência que permite a observação de suas inclusões fluidas.



**Figura 1.** Representação esquemática do zonamento interno dos veios (A) e das zonas metassomáticas no contato entre o albita granito e os greisens (B), com a distribuição respectiva dos seus principais tipos de inclusões fluidas.

**Inclusões Fluidas.** As inclusões fluidas primárias foram classificadas, com base na sua morfologia, número de fases envolvidas e tipo de sistema fluido, da seguintes maneira (Figura 1): a) sistema  $H_2O+CO_2+NaCl$ , tipos  $LC_1$  e  $LC_2$ ; e b) sistema  $H_2O+NaCl$ , tipos  $S_1$ ,  $S_2$  e  $L$ . A fase sólida de cor preta a marrom escuro presente nas inclusões  $LC_1$  e  $S_1$ , é constituída por agregados de sulfetos (pirita, calcopirita e esfalerita) capturados na formação da cápsula hospedeira de fluidos e gases. Já a fase sólida incolor e cúbica das inclusões  $LC_2$  e  $S_2$ , representam um cristais de saturação de halita e silvita.

Nos veios, as inclusões fluidas do sistema  $H_2O+CO_2+NaCl$  dominam a zona intermediária e apresentam: a) temperatura de fusão do  $CO_2$  ( $TfCO_2$ ) entre  $-57,2^\circ$  e  $-56,7^\circ$  C; b) temperatura eutética ( $Te$ ) entre  $-23,3^\circ$  e  $-22,4^\circ$  C; c) temperatura de fusão do gelo ( $Tfg$ ) entre  $-10,4^\circ$  e  $-8,8^\circ$  C; d) temperatura de fusão do clatrato ( $Tfc$ ) entre  $0,2^\circ$  e  $2,2^\circ$  C; e) temperatura de homogeneização do  $CO_2$  ( $ThCO_2$ ) entre  $26,5^\circ$  e  $29,5^\circ$  C; f) temperatura de dissolução da fase sólida ( $Ts$ ), para inclusões fluidas do tipo  $LC_2$ , entre  $372^\circ$  e  $388^\circ$  C; g) temperatura de homogeneização total ( $ThT$ ) entre  $397^\circ$  e  $434^\circ$  C (Figura 1). Por outro lado, as inclusões do sistema  $H_2O+NaCl$  dominam na zona interna e apresentam: a)  $Te$  entre  $-23,8^\circ$  e  $-22,2^\circ$  C; b)  $Tfg$  entre  $-9,7^\circ$  e  $-8,4^\circ$  C; c) temperatura de homogeneização da fase aquosa ( $ThH_2O$ ) entre  $326^\circ$  e  $356^\circ$  C; e d)  $Ts$ , para inclusões do tipo  $S_2$ , entre  $372^\circ$  e  $396^\circ$  C

A salinidade do sistema  $H_2O+CO_2+NaCl$  nos veios, calculada com base na  $Tfc$ , revela um conteúdo entre 13 e 15% em peso de  $NaCl$  equivalente, possibilitando estimar sua densidade em torno de  $0,7\text{ g/cm}^3$ . Por outro lado, a salinidade do sistema  $H_2O+NaCl$ , medidas com base na  $Tfg$ , indica conteúdo entre 10 e 12% em peso de  $NaCl$  equivalente e uma densidade de  $0,65\text{ g/cm}^3$ . Para as poucas inclusões  $L_2$ , a salinidade medida com base na  $Ts$  revelou valores acima de 44% em peso de  $NaCl$ .

Nos greisens, as inclusões fluidas do sistema  $H_2O+CO_2+NaCl$  apresentam: a)  $TfCO_2$  entre  $-57,2^\circ$  e  $-56,7^\circ$  C; b)  $Te$  entre  $-24,7^\circ$  e  $-22,3^\circ$  C; c)  $Tfg$  entre  $-4,7^\circ$  e  $-6,4^\circ$  C; d)  $Tfc$  entre  $4,7^\circ$  e  $9,5^\circ$  C; e)  $ThCO_2$  entre  $24,3^\circ$  e  $27,2^\circ$  C; f)  $Ts$ , para inclusões fluidas do tipo  $LC_2$ , entre  $358^\circ$  e  $384^\circ$  C; e g)  $ThT$  do sistema na faixa de  $355^\circ$  a  $425^\circ$  C (Figura 2). As inclusões fluidas do sistema  $H_2O+NaCl$  apresentam: a)  $Te$  entre  $-23,6^\circ$  e  $-21,4^\circ$  C; b)  $Tfg$  entre  $-14,7^\circ$  e  $-10,2^\circ$  C; e c)  $ThT$  entre  $345^\circ$  e  $365^\circ$  C.

A salinidade das inclusões do sistema  $H_2O+CO_2+NaCl$  nos greisens, calculada com base  $Tfc$ , apresenta conteúdo entre 4,5 a 11,5% em peso de  $NaCl$  equivalente e densidade média entre 0,6 e  $0,7\text{ g/cm}^3$ . A salinidade das inclusões do sistema  $H_2O+NaCl$ , medida com base na  $Tfg$ , apresenta conteúdo entre 7 e 7,5% em peso de  $NaCl$  equivalente e densidade média de  $0,65\text{ g/cm}^3$ .

Análises por espectroscopia Raman em inclusões  $LC_1$  em cassiterita de greisens revelou uma pequena quantidade de metano ( $CH_4$ ) dissolvido junto à fase gasosa carbônica ( $CO_2$ ), na proporção de 98%  $CO_2$  e 2%  $CH_4$ . A presença deste  $CH_4$  seria responsável pelos valores mais baixos de  $TfCO_2$  obtidos no sistema  $H_2O+CO_2+NaCl$ .

**Conclusões.** O principal intervalo de temperatura mínima para cristalização da cassiterita em depósitos de estanho é de  $300^\circ$  a  $400^\circ$  C (Haapala & Kinnunen, 1982). No depósito do Bom Futuro, o intervalo mínimo de temperatura para a formação dos veios está entre  $370^\circ$  e  $435^\circ$  C e dos greisens entre  $340^\circ$  e  $430^\circ$  C. Nos veios, a cassiterita está associada aos fluidos de mais alta temperatura na zona intermediária, sugerindo uma temperatura mínima de cristalização entre  $390^\circ$  e  $430^\circ$  C, enquanto que

nos greisens, observações diretas em inclusões fluidas de cassiterita indicam um intervalo de cristalização está entre 360° a 400° C (Souza *et al.* 2001).

Os fluidos dos veios e greisens estariam associados aos últimos diferenciados graníticos ricos em voláteis (F, Cl, H<sub>2</sub>O) e elementos incompatíveis (Sn, W), formados pelos diques de albite granito no sistema vulcânico Bom Futuro e do albite granito de núcleo no sistema plutônico Palanqueta. A baixa variação na salinidade dos fluidos dos veios, sugere que durante a formação destes veios houve uma interação mínima com fluidos externos. Ao contrário da salinidade dos fluidos dos greisens, a qual varia bastante e sugere que durante as transformações metassomáticas (greisenização) no interior da cúpula granítica do sistema Palanqueta, houve mistura com fluidos externos, principalmente fluidos meteóricos. O abaixamento da temperatura e a interação entre fluidos, diminuíram a eficácia dos complexos mobilizadores do estanho (SnF ou SnCl) permitindo a precipitação do Sn como cassiterita.

O gráfico de correlação entre ThT – densidade – salinidade (Shepherd, 1985), permite estimar as condições mínimas de pressão para a formação dos veios na faixa de 250 a 300 bar, enquanto que os greisens ficam entre 200 e 250 bar.

**Agradecimentos.** A EBESA pelo apoio de campo, ao Prof. Dr. Roberto Xavier (IG-UNICAMP) pelas análises microtermométrica e espectroscopia Raman, e à Prof. Dra. Márcia Abrahão Moura (IG-UnB) pelas discussões e sugestões.

### **Referências Bibliográficas**

- Haapala, I. and Kinnunen, K. 1982. Fluid inclusions evidence in the genesis of tin deposits. In: A.M. Evans (Edt.). Metallization Associated with Acid Magmatism. pp. 101-109.
- Shepherd, T.J.; Ranking, A.H. and Alderton, D.H.M. 1985. A practical guide to fluid inclusion studies. New York, Blackie, 238p.
- Silva, L.F.S.; Costi, H.T. and Teixeira, J.T. 1995. Faciologic mapping and preliminary petrography of Palanqueta albite-granite – Bom Futuro, Rondônia state (Brazil). In: R. Dall’Agnol, M.J.B. Macambira and H.T. Costi (Edt.): Symposium on Rapakivi Granites and Related Rocks (Abstracts Volume). IGCP-Project 315. Belém, pp. 73-74.
- Silva, L.F.S.; Costi, H.T.; Dall’Agnol, R. and Teixeira, J.T. 1997. Petrographic and geochemical characteristics of the tin-bearing albite granite of Morro da Palanqueta, Bom Futuro Mine, Rondônia, Brazil. In: International Symposium on Granites and Associated Mineralizations (ISGAM II), Salvador, pp. 155-156.
- Souza, V.S.; Botelho, N.F. e Muzzolon, R. 2001. Estudo preliminar de inclusões fluidas em cassiterita das zonas de greisens do granito Palanqueta, depósito de estanho de Bom Futuro (RO). In: Workshop on Geology of the SW Amazonian Craton: state-of-the-art. São Paulo, IG-USP, Abstracts Volume.
- Stemprok, M. 1987. Greisenization (a review). *Geologische Rundschau*, 76(1):169-175.
- Villanova, M.T. and Franke, N.D. 1995. Serra do Bom Futuro – Rondônia: a volcanic-breccia pipe-hosted tin mineralization. In: R. Dall’Agnol, M.J.B. Macambira and H.T. Costi (Edt.). Symposium on Rapakivi Granites and Related Rocks (Abstracts Volume). IGCP-Project 315. Belém, pp.83-84.