

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.

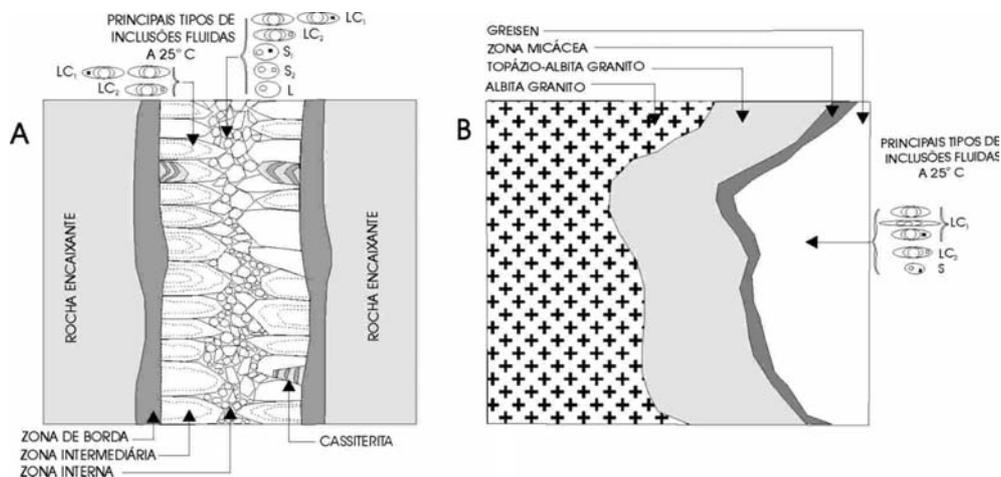


Figura 1. Representação esquemática do zonamento interno dos veios (A) e das zonas metassomáticas no contato entre o albita granito e os greisens (B), com a distribuição respectiva dos seus principais tipos de inclusões fluidas.

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° e 388° C; g) temperatura de homogeneização total (ThT) entre 397° e 434° 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° e 356° C; e d) Ts , para inclusões do tipo S_2 , entre 372° e 396° 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 $0,7$ g/cm³. 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 $0,65$ g/cm³. 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° e 384° C; e g) ThT do sistema na faixa de 355° a 425° 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° e 365° 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 $0,7$ g/cm³. 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 $0,65$ g/cm³.

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° a 400° C (Haapala & Kinnunen, 1982). No depósito do Bom Futuro, o intervalo mínimo de temperatura para a formação dos veios está entre 370° e 435° C e dos greisens entre 340° e 430° C. Nos veios, a cassiterita está associada aos fluidos de mais alta temperatura na zona intermediária, sugerindo uma temperatura mínima de cristalização entre 390° e 430° 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, H₂O) e elementos incompatíveis (Sn, W), formados pelos diques de albita granito no sistema vulcânico Bom Futuro e do albita 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.