



Rem: Revista Escola de Minas

ISSN: 0370-4467

editor@rem.com.br

Escola de Minas

Brasil

Weber, Marcelo Leopoldo; Ronchi, Luiz Henrique; Jacques Althoff, Fernando; Silva Leite, Albano  
Antônio da; Dall'Agnol, Roberto; Fuzikawa, Kazuo

Inclusões fluidas crepitadas, fluidos hipersalinos e aquo-carbônicos em quartzo associado a rochas  
micáceas no Granito Xinguara - Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, PA

Rem: Revista Escola de Minas, vol. 61, núm. 1, enero-marzo, 2008, pp. 69-75

Escola de Minas

Ouro Preto, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56416455012>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Geociências

## Inclusões fluidas crepitadas, fluidos hipersalinos e aquo-carbônicos em quartzo associado a rochas micáceas no Granito Xinguara - Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, PA

(Decrepitated fluid inclusions, aqueous-carbonic and hypersaline fluids in quartz associated to micaceous rocks in the Xinguara Granite - Rio Maria Granite - Greenstone terrain, Pará, Brazil)

Marcelo Leopoldo Weber, Luiz Henrique Ronchi, Fernando Jacques Althoff

Universidade do Vale do Rio dos Sinos Unisinos - UNISINOS, São Leopoldo, RS, Brasil  
E-mail: marceloweber@terra.com.br lhronchi@uol.com.br althoff@unisinos.br

Albano Antônio da Silva Leite, Roberto Dall'Agnol

Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, PA, Brasil - E-mail: albano.leite@cvrd.com.br robdal@ufpa.br

Kazuo Fuzikawa

Comissão Nacional de Energia Nuclear, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Serviço de Tecnologia Mineral - Belo Horizonte, MG, Brasil - E-mail: kazuo@cdtn.br

### Resumo

As rochas micáceas encontradas no Granito Xinguara, terreno *Granito-Greenstone* de Rio Maria, Pará, são compostas por muscovita e clorita com níveis de quartzo intercalados, que formam uma xistosidade bem desenvolvida. Essa xistosidade é cortada por veios de quartzo. Ambas as gerações de quartzo apresentam os mesmos tipos de inclusões fluidas em halos ou trilhas secundárias de composições variadas entre aquosas, aquo-carbônicas e saturadas em torno de grandes inclusões primárias crepitadas ou em trilhas transgranulares secundárias. A grande variação de temperaturas de homogeneização, a alta salinidade, as evidências de estrangulamento e a existência das inclusões crepitadas permitem supor forte influência de alterações pós-formacionais e reequilíbrio relacionados à intrusão do granito. Essas rochas foliadas são, portanto, enclaves metassedimentares afetados por fluidos graníticos hipersalinos aquo-carbônicos.

**Palavras-chave:** Inclusões fluidas crepitadas, quartzo, Granito Xinguara, terreno Granito-Greenstone de Rio Maria.

### Abstract

The micaceous rocks occurring in the Xinguara Granite, Rio Maria Granite-Greenstone terrain, Pará State, Brazil, are composed of muscovite and chlorite with quartz levels intercalated forming a well developed schistosity. This schistosity is cut by quartz veins. Both quartz generations show the same aqueous, aqueous-carbonic and halite-bearing fluid inclusions either in secondary inclusions halos and trails surrounding decrepitated primary fluid inclusions or in transgranular secondary trails. A wide variation of homogenization temperatures, high salinity, necking down and the decrepitated inclusions existence indicates strong influence of post-formational alteration and reequilibration linked to the granite intrusion. These foliated rocks are metasedimentary enclaves affected by late hypersaline aqueous-carbonic granitic fluids.

**Keywords:** Decrepitated fluid inclusions, quartz, Xinguara granite, Rio Maria granite-greenstone terrain.

## 1. Introdução

Em meio ao Granito Xinguara, no Terreno Granito-Greenstone arqueano de Rio Maria, sudeste do Pará, existem afloramentos de rochas micáceas foliadas. A origem dessas rochas foi abordada por Leite et al. (1999), que levantaram três possibilidades:

1. Alteração metassomática do granito (*greisens*).
2. Deformação do granito (milonitos).
3. Enclaves de rocha metassedimentar.

Ainda conforme esses autores a paragênese mineral não corresponde à esperada para greisens e a inexistência de zonas de cisalhamento sobre o granito limita a aceitação da segunda possibilidade. Resta, portanto, verificar a terceira hipótese. A ocorrência de níveis de quartzo concordantes com a foliação micácea e veios de quartzo que a cortam permite um estudo de inclusões fluidas visando à obtenção de informações sobre os tipos de fluidos relacionados a estas duas gerações, contribuindo para o entendimento da gênese dessas rochas.

## 2. Contexto Geológico

O Granito Xinguara faz parte do grupo de granitos potássicos de afinidade cálcio-alcalina que ocorrem no Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, na borda sudeste do Cráton Amazônico, sudeste do Pará. Sua idade de cristalização é  $2.865 \pm 1$  Ma (Pb/Pb em zircão - Leite et al., 2004). O Plutônio Xinguara tem forma alongada, com o eixo maior (40 km) orientado na direção WNW-ESE, e caracteriza-se por fraca deformação e homogeneidade textural e composicional (Figura 1). Trata-se, em geral, de um granito equigranular hololeucocrático, de granulação média, com composições essencialmente monzograníticas. Plagioclásio, feldspato alcalino e quartzo são os constituintes essenciais, além de biotita (Leite, 2001).

Na área central do Granito Xinguara, existem vários afloramentos de rochas micáceas na forma de cristas com dezenas

de metros de comprimento e larguras de 5 a 30 m e alinhadas preferencialmente na direção do eixo maior do batólito. Apesar das grandes áreas de exposição, não são conhecidas zonas de contato dessas rochas com o granito.

As rochas micáceas têm coloração cinza e são formadas por leitos de micas intercalados a níveis de quartzo, ambos com espessuras centimétricas. A orientação preferencial das micas, juntamente com os níveis de quartzo, marca uma forte foliação. Essa foliação desenha dobras centimétricas apertadas e é cortada por veios não dobrados de quartzo, com espessuras centimétricas. Ao microscópio, observam-se muscovitas e cloritas com granulação fina a média. Essas micas apresentam teores elevados de MgO (> 12% em peso em rocha total), bem acima do teor médio no granito (0,29% - Leite, 2001).

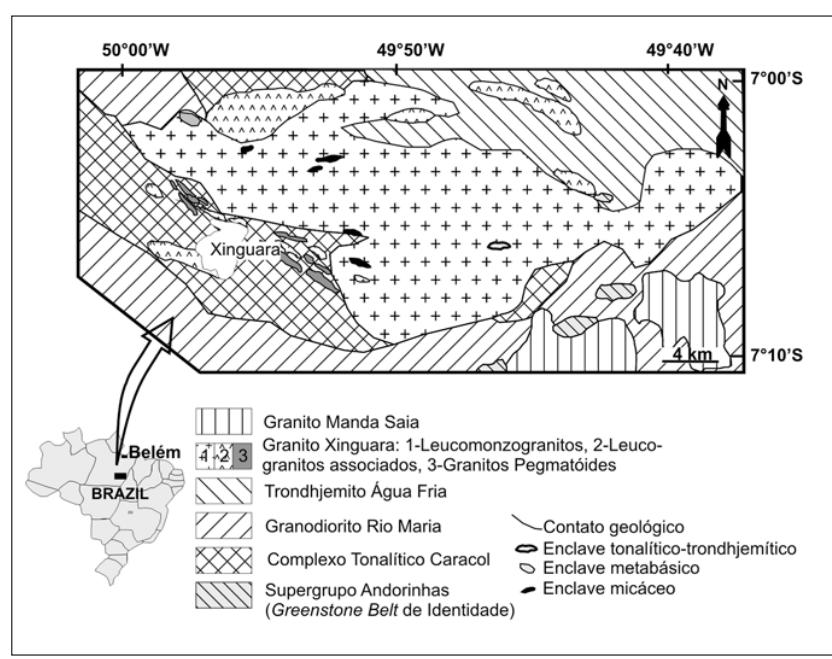
Os referidos níveis são formados por quartzo recristalizado fino, anédrico, e por quartzo em forma de fitas, formando *ribbons* policristalinos, orientados segundo a foliação da rocha. Extinção ondulante forte é generalizada nesse quartzo; bandas de deformação são menos fre-

quentes. O quartzo dos níveis caracteriza-se pela grande quantidade de fraturas cicatrizadas, marcadas por trilhas de inclusões fluidas, que estão orientadas em alto ângulo com a foliação.

Os veios são formados por quartzo recristalizado anédrico, de granulação heterogênea e sem orientação preferencial. Os grãos não apresentam extinção ondulante, são mais límpidos e com menos fraturas cicatrizadas do que o quartzo dos níveis, mas também marcados por trilhas de inclusões fluidas. Nesse caso, as fraturas não apresentam orientação preferencial.

## 3. Materiais e métodos

Foram preparadas duas lâminas polidas em ambas as faces representativas do quartzo, tanto dos níveis, quanto dos veios. O estudo petrográfico preliminar foi detalhado com espectrometria Raman e microtermometria. O espectrômetro multicanal Raman utilizado, da marca Dilor, pertence ao Instituto de Física da Universidade Federal de Minas Gerais. A platina de microtermometria do Laboratório de Inclusões Fluidas da



**Figura 1** - Mapa de localização e geológico da região de Xinguara, (modificado de Leite, 2001).

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, da marca Chaixmeca, permite medidas entre -180°C e +600°C, com reprodutibilidade de  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ . A curva de calibração foi preparada com inclusões fluidas aquo-carbônicas puras, água desmineralizada e produtos sólidos Merk com ponto de fusão conhecido (135, 200, 306 e 398°C). As equações de estado de Brown e Lamb (1986) foram usadas para tratar os dados microtermométricos usando o software MacFlincor (Brown & Hagemann, 1994).

#### 4. Inclusões fluidas

As inclusões fluidas observadas nos níveis de quartzo e nos veios são do mesmo tipo, porém ocorrem em quantidades proporcionalmente diferentes; as aquosas e aquo-carbônicas são um pouco mais comuns nos veios do que nos níveis de quartzo, onde as inclusões saturadas são as mais comuns. Foi constatado, pelo menos, um caso de ocorrência de halita como inclusão sólida no quartzo dos níveis. Em temperatura ambiente (20 a 25°C), existem quatro situações principais:

1. Trilhas de inclusões carbônicas mono e bifásicas.
2. Trilhas de inclusões aquosas mono e bifásicas.
3. Grupos ou trilhas mistas com inclusões aquosas monofásicas, bifásicas e trifásicas saturadas, carbônicas mono e bifásicas, aquo-carbônicas trifásicas e raras multifásicas saturadas.
4. Grandes inclusões pretas crepitadas, algumas com até 200 $\mu\text{m}$ , envolvidas por nuvens ou por trilhas radiais de inclusões fluidas, com tamanhos entre 1 a 15 $\mu\text{m}$ , de todos os tipos anteriormente citados. A ocorrência dessas inclusões em trilhas e nuvens é argumento para seu caráter secundário.

O grau de preenchimento das fases presentes é extremamente variável e a presença de indícios de estrangulamento (*necking down*) é comum.

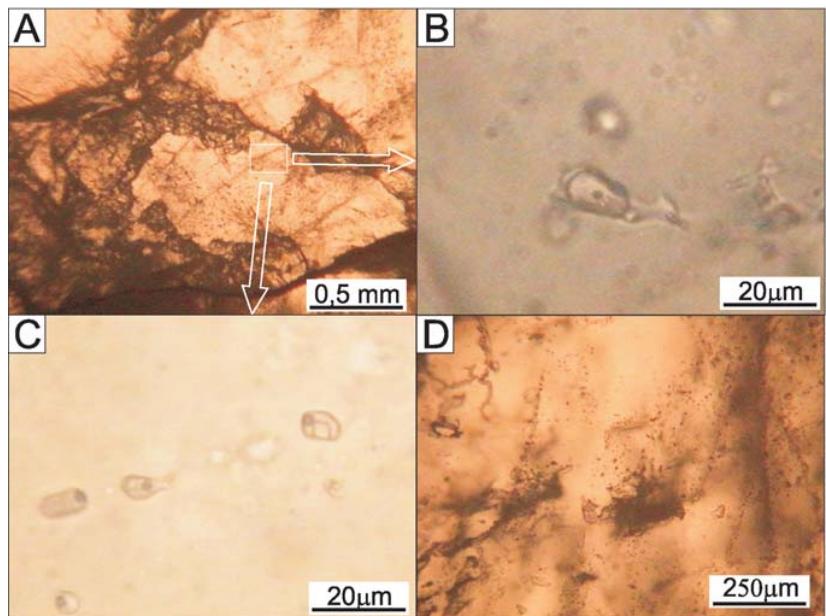
#### 5. Níveis de quartzo

A Figura 2 exemplifica os principais tipos de inclusões observados nos níveis de quartzo. As grandes trilhas que cortam limites de cristais (Figura 2A) são formadas por inclusões secundárias aquosas, carbônicas, aquo-carbônicas trifásicas e multifásicas e aquosas trifásicas saturadas. Inclusões aquosas e carbônicas têm até 7 $\mu\text{m}$  e são monofásicas ou, raramente, bifásicas. As inclusões aquo-carbônicas têm até 10 $\mu\text{m}$  e, eventualmente, ocorrem cubos de halita englobados (Figura 2B). As inclusões aquosas saturadas, normalmente, estão próximas de inclusões aquosas (Figura 2C).

Ocorrem inclusões crepitadas de tamanhos variados, em média 160 $\mu\text{m}$ , rodeadas por nuvens ou trilhas radiais de inclusões aquosas mono e bifásicas e, mais raramente, por inclusões aquosas saturadas e carbônicas. A distribuição das inclusões crepitadas nos cristais é aleatória, indício de seu caráter primário. As setas indicam a origem do detalhe mostrado nas fotomicrografias B e C.

#### 6. Veios de quartzo

A Figura 3A mostra um grão de quartzo anédrico, com três grandes inclusões escuras crepitadas e diversas menores, a maior com 200 $\mu\text{m}$  de largura. A sua distribuição aleatória sugere caráter primário. As duas trilhas maiores saindo da inclusão crepitada 1 são formadas por inclusões aquosas mono e bifásicas com tamanhos predominantemente menores que 2 $\mu\text{m}$ . Raramente, ocorrem inclusões maiores, com até 7 $\mu\text{m}$  (Figura 3C). A inclusão crepitada 2 possui uma nuvem em seu entorno formada por inclusões aquosas com cubo de halita e outro sólido, aquosas monofásicas (Figura 3B) e aquo-carbônicas (Figura 3D). A inclusão crepitada 3 tem nas trilhas em seu entorno os mesmos tipos de inclusões observados nas duas anteriores, os quais, a exemplo do anteriormente descrito para os níveis de quartzo, também ocorrem em trilhas transgranulares cortando quartzo dos veios.



**Figura 2** - Fotomicrografias das inclusões presentes nos níveis de quartzo. A) Vista geral do cristal dos níveis de quartzo. B) inclusão aquo-carbônica com cubo de halita. C) Inclusão saturada associada com inclusão aquosa. D) Inclusões crepitadas. As setas indicam a origem do detalhe mostrado nas fotomicrografias B e C.

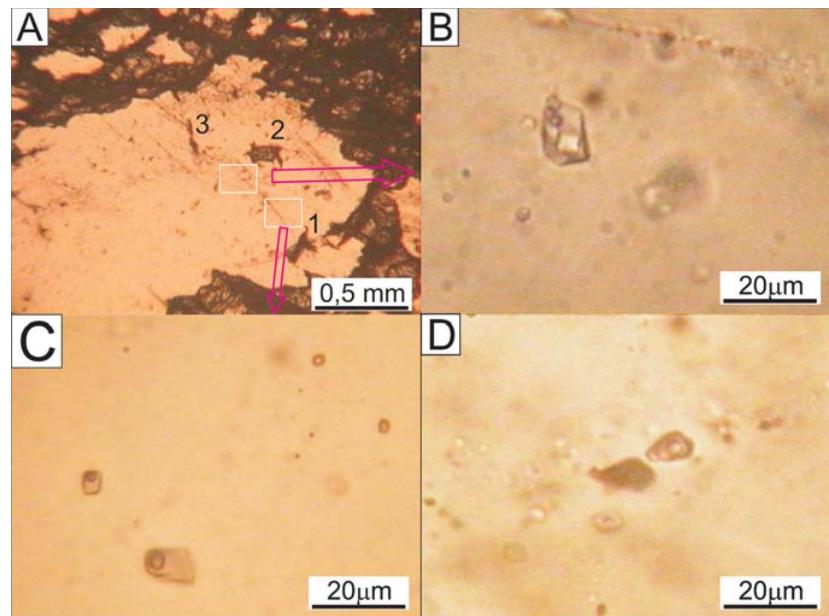
## 7. Microtermometria

Todos os tipos de inclusões fluidas presentes nos níveis e veios de quartzo foram estudados por microtermometria fornecendo resultados similares. Por sua raridade, não foi possível obter dados microtermométricos consistentes das inclusões multifásicas aquo-carbônicas saturadas.

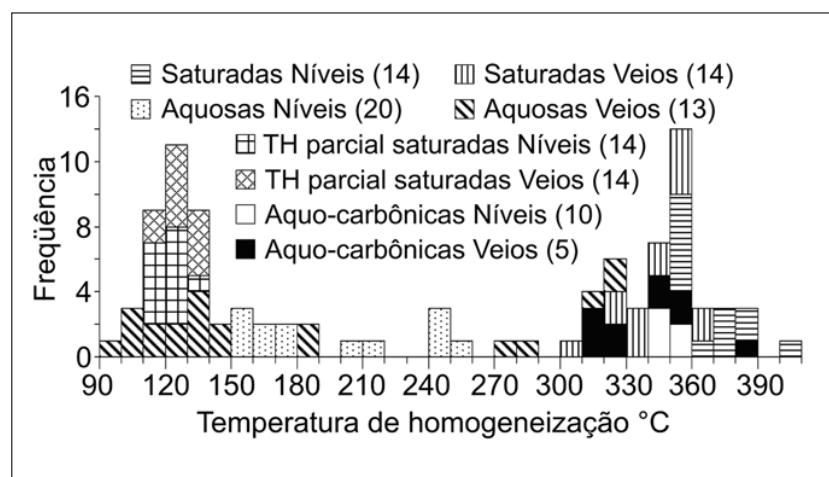
As temperaturas de homogeneização total das inclusões aquosas, sempre para a fase líquida, apresentaram valores de 156,5 a 250,1°C para o quartzo dos níveis e valores entre 91,3 a 327,5°C para o quartzo dos veios. A temperatura de homogeneização total das inclusões saturadas, por desaparecimento da halita, ficou entre 350,9 e 409,5°C para o quartzo dos níveis e, relativamente mais baixa, entre 300,8 e 361°C para o quartzo dos veios. Apesar dessa diferença nos valores extremos, a concentração normal, nos dois casos, é entre 350 e 360°C. A homogeneização parcial da fase vapor, similar para ambas as amostras, foi entre 112,4 e 138,1°C (Tabela 1, Figura 4).

A fusão do gelo ou dissolução do hidrato, nas inclusões aquosas (Figura 5), ocorreu no intervalo de -17,9 a -0,1°C para o quartzo dos níveis e entre -28,1 e -1,2°C para o quartzo dos veios, implicando salinidades, respectivamente, de 0,1 a 20,9% peso eq. NaCl e 1,9 e 22,5% peso eq. NaCl. O hidrato, possivelmente hidrohalita, apareceu apenas no quartzo dos veios e dissolveu em temperaturas compreendidas entre -28,0 e -24,0°C. A salinidade determinada por dissolução de halita para os níveis forneceu valores entre 42,4 e 48,5% peso eq. NaCl e para os veios entre 38,4 e 43,5% peso eq. NaCl.

As temperaturas de homogeneização da fase CO<sub>2</sub>, nas inclusões carbônicas, variaram entre 6,5 e 31,6°C, sempre para a fase líquida, o que implica densidades, aproximadamente, entre 0,5 e 0,9g/cm<sup>3</sup>, intervalo semelhante para as inclusões fluidas em ambos os tipos de quartzo (Figura 5). As temperaturas de homogeneização total das inclusões aquo-carbônicas, sempre para a fase lí-



**Figura 3** - A) Vista geral do cristal de quartzo do veio. B) Inclusão com cubo de halita e outro sólido. C) Inclusão bifásica aquosa. D) Inclusões aquo-carbônicas. As setas indicam a origem do detalhe mostrado nas fotomicrografias B e C.



**Figura 4** - Histograma das temperaturas de homogeneização das inclusões fluidas trifásicas saturadas, bifásicas aquosas e trifásicas aquo-carbônicas. Os números entre parênteses indicam a quantidade de medidas microtermométricas.

quida, variam de 344,4 a 355,9°C, para os níveis e de 310,1 a 384,9°C, para os veios (Figura 4).

Apesar de as temperaturas de fusão da fase CO<sub>2</sub> variarem entre -60,2 e -56,6 °C para ambas as amostras (Figura 5), a espectrometria Raman realizada não detectou nenhum outro volátil, tendo

sido pesquisados CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S. Embora a formação do clatrato seja observável, não é possível determinar o momento exato em que ocorre a sua dissolução final, por não serem visíveis evidências como, por exemplo, deformação da fase CO<sub>2</sub>. Portanto não foi determinada a salinidade das inclusões aquo-carbônicas.

Tabela 1 - Resultados microtermométricos.

Inclusões Aquosas Bifásicas*									
	TH Total			TF Gelo/hidrato			Salinidade		
Quartzo	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Níveis	156,5	250,1	196,6	-17,9	-0,1	-9,6	0,1	20,9	12,0
Veios	91,3	327,5	165,5	-28,1	-1,2	-15,2	1,9	22,5	10,2
Inclusões Aquosas Saturadas Trifásicas*									
	TH Fase Vapor			TH Total (halita)			Salinidade		
Quartzo	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Níveis	112,4	138,1	122,1	350,9	409,5	369,8	42,4	48,5	44,4
Veios	117,3	135,8	126,7	300,8	361	341,6	38,4	43,5	41,7
Inclusões Aquo-Carbônicas Bifásicas e Trifásicas*									
	TH Fase CO <sub>2</sub>			TF CO <sub>2</sub>			TH Total		
Quartzo	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Níveis	14,2	28	22,7	-59,6	-56,6	-58,9	344,4	355,9	348,7
Veios	8,6	28,6	21	-59,7	-58,2	-58,9	310,1	384,9	337,6
Inclusões Carbônicas Monofásicas e Bifásicas*									
	TH Fase CO <sub>2</sub>			TF CO <sub>2</sub>			Densidade		
Quartzo	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Níveis	9,5	30,5	23,5	-59,6	-56,6	-59,2	0,5	0,8	0,7
Veios	6,5	31,6	21,5	-60,2	-57,4	-59,3	0,5	0,9	0,7

TH = Temperatura de homogeneização. TF = Temperatura de Fusão.

\* Número de fases determinado em temperatura ambiente.

Temperaturas em °C. Densidade em g/cm<sup>3</sup>. Salinidade em % peso eq. NaCl.

## 8. Discussões

Inclusões crepitadas constituem textura indicativa de verdadeiras “micro-explosões” e são feições raramente descritas na literatura especializada nacional. Esse tipo de textura, conforme Vityk e Bodnar (1995) e Bodnar (2003a), pode ser produzida por diversas variações em pressão e temperatura, que, por sua vez, estão relacionadas a eventos geológicos como subducção, cavalgamento, exumação erosiva ou tectônica, ou intrusão magmática (Leroy, 1979; Bodnar et al., 1989).

A heterogeneidade de composição das inclusões fluidas secundárias descritas nesse trabalho pode resultar de diversos processos e ser interpretada

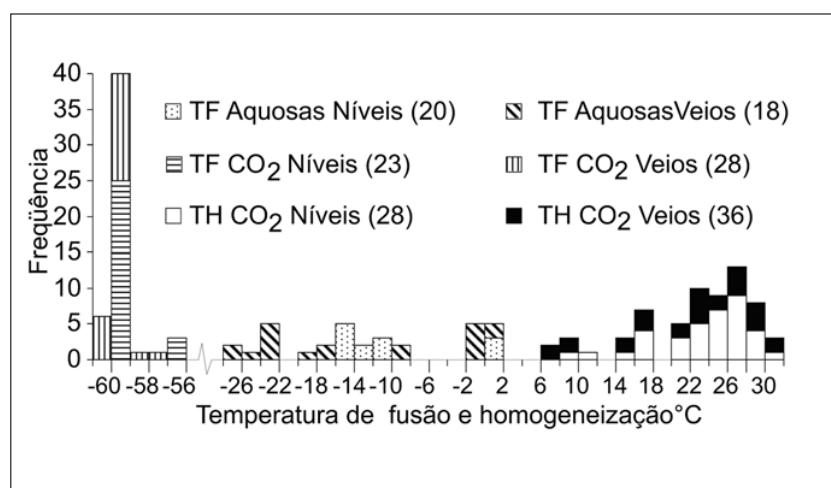
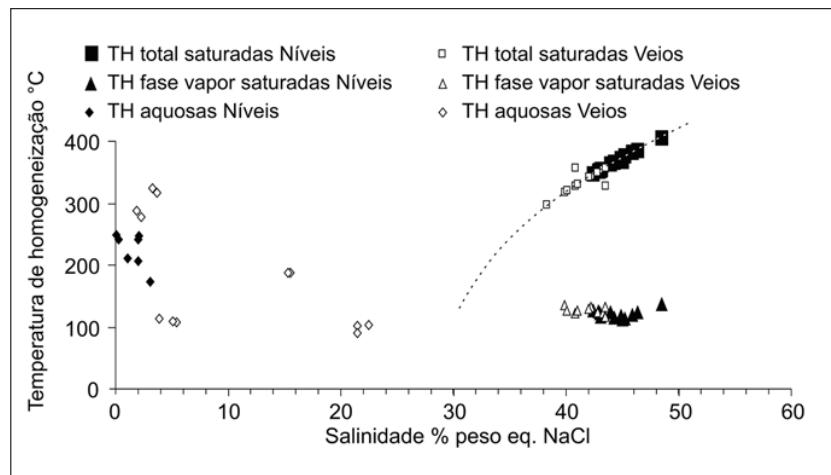


Figura 5 - Histograma das temperaturas de homogeneização das inclusões fluidas carbônicas, da fusão do CO<sub>2</sub>, dissolução do hidrato e da fusão do gelo, TH = Temperatura de homogeneização, TF = Temperatura de Fusão. Os números entre parênteses indicam a quantidade de medidas microtermométricas.

considerando variados aspectos relacionados a fluidos magmáticos e hidrotermais. Por exemplo, as inclusões fluidas aquosas saturadas e não saturadas apresentaram um padrão de temperaturas de homogeneização e salinidade (Figura 6) similar ao observado em depósitos minerais do tipo óxido de ferro, cobre e ouro na serra dos Carajás (Ronchi et al., 2003). Esse padrão caracterizado por inclusões fluidas de alta e baixa salinidade poderia resultar de um processo de extração de água por reação contínua entre rochas encaixantes e fluidos hidrotermais magmáticos durante queda de temperatura (Lindenmayer et al., 2001), contaminação por evaporitos (Xavier et al., 2006) ou da exsolução de fluidos aquosos imiscíveis a partir de um magma granítico em ambiente de queda de pressão e/ou temperatura (Bodnar et al., 1985, Roedder & Bodnar, 1997). Imiscibilidade é aqui entendida no seu sentido amplo de coexistência em equilíbrio de duas ou mais fases fluidas (Roedder, 1992). Conforme Bodnar (2003b), se a evidência petrográfica sugere imiscibilidade, isto é, se coexistem, por exemplo, inclusões saturadas ricas em halita e inclusões aquosas de baixa salinidade ricas em vapor, e a homogeneização total das inclusões saturadas ocorre por desaparecimento da halita, o par só será imiscível se o seu aprisionamento ocorrer ao longo da curva trifásica (líquido + vapor + halita) do sistema  $H_2O + NaCl$ . Mesmo nesse caso, a dissolução da halita só pode ocorrer em temperatura mais alta do que a homogeneização da fase vapor, como é o caso anteriormente descrito, se a inclusão aprisionou o cristal de halita já formado juntamente com a fase líquida.

Segundo Ramboz et al. (1982), para confirmar a ocorrência de imiscibilidade por meio de inclusões fluidas, por exemplo, aquosas, carbônicas e aquo-carbônicas, é necessário comprovar, petrograficamente, o seu caráter cogenético e que a homogeneização dos termos extremos ocorre na mesma faixa de temperatura. Roedder (1992) acrescenta ser possível que o fenômeno de imiscibilidade esteja envolvido “na formação de muitas ou mesmo da maioria das inclusões aquo-



**Figura 6** - Diagrama binário correlacionando temperaturas de homogeneização com salinidade das amostras dos níveis e veios de quartzo. TH = temperatura de homogeneização. Os triângulos e quadrados correspondem a dados de temperatura de homogeneização parcial da fase vapor e total da fase sólida de halita obtidos nas mesmas inclusões. A linha pontilhada corresponde à curva de saturação da halita.

sas saturadas de alta temperatura, assim como na formação da maior parte das inclusões aquo-carbônicas de salinidade baixa a moderada presentes em rochas ígneas”.

Finalmente outra informação pertinente refere-se à solubilidade do  $CO_2$ , que em magmas é de uma ordem de magnitude menor que a de  $H_2O$ , ou seja, o  $CO_2$  exsolve mais cedo ao longo da diferenciação magmática. Portanto, em estágios mais primitivos da cristalização de um magma, os fluidos tendem a ser mais ricos em  $CO_2$ , enquanto que, nos estágios mais tardios, podem ocorrer exsoluções, produzindo, de modo geral, fluidos hipersalinos aquosos, porém sem excluir a possibilidade de exsolução de fluidos imiscíveis com  $CO_2$ , mesmo em profundidades mais rasas, e, consequentemente, temperaturas e pressões menores (Roedder, 1992, Lowenstern, 2001).

## 9. Conclusões

Essencial para contemplar o objetivo desse artigo é o fato de que o granito afetou tanto os níveis de quartzo quanto os veios, crepitando as inclusões fluidas primárias preexistentes e criando as trilhas de inclusões secundárias. A composição original das grandes inclusões

crepitadas é desconhecida. Sua distribuição aleatória (Figura 2D e 3A) permite atribuir-lhes um caráter primário e a presença de trilhas radiais e halos em seu entorno indicam sobreposição de fenômenos de reequilíbrio e/ou de alterações pós-formacionais subsequentes à crepitação das inclusões fluidas primárias e à cicatrização de fraturas.

Considerando os dados compositionais e microtermométricos das inclusões fluidas secundárias dos níveis de quartzo e dos veios, nota-se que, embora não idênticos, apresentam semelhanças não casuais como, por exemplo, nas temperaturas de homogeneização total para as inclusões aquo-carbônicas e saturadas em ambos os casos. Existem, entretanto, diferenças significativas nos valores mínimos e máximos das temperaturas de homogeneização das inclusões fluidas aquosas e, também, ampla variação de salinidade (Tabela 1, Figura 6). O contexto geológico local é dominado por granitos e não registra a presença de rochas carbonáticas ou evaporitos, que pudesse explicar, seja por processo metamórfico ou por contaminação, a presença dos fluidos carbônicos ou hipersalinos. Um processo alternativo, de reação contínua entre rochas encaixantes e fluidos hidrotermais magmáticos du-

rante queda de temperatura, pode produzir fluidos hipersalinos, porém não favorece a descrita heterogeneidade dos fluidos. As nuvens e trilhas de inclusões aquosas, aquosas saturadas, carbônicas, aquo-carbônicas e de composição mista, com ou sem ligação visível com as crepitadas, poderiam ter sido o resultado de crepitação e reequilíbrios relacionados ao calor gerado pela intrusão e à contaminação por fluidos provenientes da diferenciação do Granito Xinguara. As amplas variações de composição e temperaturas de homogeneização das inclusões secundárias são muitas vezes consideradas consequências de fenômenos de exsolução de fluidos imiscíveis aquosos, hipersalinos e/ou carbônicos, produzindo a associação de inclusões fluidas heterogêneas, que, em conjunto, poderiam refletir o fluido magmático original.

Considerando que o alojamento do magma formador do Granito Xinguara ocorreu em nível não profundo da crosta (Leite, 2001), é possível supor que a exsolução de CO<sub>2</sub>, a partir do magma granítico, seria um fato menor. Entretanto a associação de inclusões fluidas aquo-carbônicas homogeneizando na mesma faixa de temperaturas (340 e 360°C, Figura 4) das inclusões aquosas saturadas ricas em halita sugere que os fenômenos de exsolução e imiscibilidade não podem ser excluídos. A associação de inclusões aquosas saturadas e não saturadas, com presença de CO<sub>2</sub> ou não, tal como descrito, é normalmente relacionada a fontes magmáticas hidrotermais, em especial de origem granítica (Roedder & Bodnar, 1997), o que poderia indicar que a crepitação das inclusões fluidas primárias e a formação das secundárias são relacionadas ao calor da intrusão granítica e seus fluidos aquo-carbônicos hipersalinos imiscíveis. Os dados obtidos a partir das inclusões fluidas, portanto, reforçam a hipótese de que as rochas micáceas são realmente enclaves de metassedimentos.

A existência desses enclaves no Granito Xinguara implica, pelo menos, um ciclo (erosão de área-fonte, transporte, deposição) com formação de rochas

sedimentares, que foram deformadas antes da colocação do granito.

## 10. Agradecimentos

Os excelentes comentários e sugestões dos dois revisores anônimos contribuíram significativamente para a qualidade desse artigo. Parte das medidas microtermométricas foram realizadas com a participação de Jonathan Nereu Lisboa Rojas, cuja bolsa de Iniciação Científica foi financiada pela FAPERGS.

## 11. Referências bibliográficas

- BODNAR, R. J. Reequilibration of fluid inclusions. In: SAMSON, I., A. ANDERSON, A., MARSHALL, D. (Eds.) *Fluid Inclusions, Analysis and Interpretation*. Mineralogical Association of Canada, Vancouver, Short Course Series, v. 32, p. 213-231, 2003a.
- BODNAR, R. J. Introduction to aqueous-electrolyte fluid inclusions. In: SAMSON, I., A. ANDERSON, A., MARSHALL, D. (Eds.) *Fluid Inclusions, Analysis and Interpretation*. Mineralogical Association of Canada, Vancouver, Short Course Series, v. 32, p. 81-100, 2003b.
- BODNAR, R. J., BURNHAM, C. W., STERNER, S. M. Fluid inclusions in natural quartz. III. Determination of phase equilibrium properties in the system H<sub>2</sub>O-NaCl to 1000°C and 1500bars. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 49, p. 1861-1873, 1985.
- BODNAR, R. J., BINNS, P. R., HALL, D. L. Synthetic fluid inclusions. VI. Quantitative evaluation of decrepitation behavior of fluid inclusions in quartz at one atmosphere confining pressure. *Journal of Metamorphic Geology*, v. 7, p. 229-242, 1989.
- BROWN, P. E., HAGEMANN, S. G. MacFlinCor: a computer program for fluid inclusion data reduction and manipulation. In: DE VIVO, B. & FREZZOTTI, M. L. (Ed.) *Fluid Inclusions in minerals: methods and applications*. Virginia Tech, Blaksburg, p. 231-250, 1994.
- BROWN, P. E., LAMB, W. M. Mixing of H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> in fluid inclusions: geobarometry and Archean gold deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 50, p. 847 - 852, 1986.
- LEITE, A. A. S. *Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico*. Universidade Federal do Pará, 2001. 330 p. (Tese de Doutorado).
- LEITE, A. A. S. DALLAGNOL, R., ALTHOFF, F. J. Geoquímica e aspectos petrogenéticos do Granito Xinguara, terreno granito-greenstone Arqueano de Rio Maria, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, n. 3, p.429-436, 1999.
- LEITE, A. A. S. DALLAGNOL, R., MACAMBIRA, M. J. B., ALTHOFF, F. J. Geologia e geocronologia dos granitóides arqueanos da região de Xinguara-PA e suas implicações na evolução do terreno granito-greenstone de Rio Maria, Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, n. 4 p.447-458, 2004.
- LEROY, J. Contribution à l'étalement de la pression interne des inclusions fluides lors de leur décrépitation. *Bulletin de la Société Française de Minéralogie e Cristallographie*, v.102, p. 584-593, 1979.
- LINDENMAYER, Z. G. PIMENTEL, M. M., RONCHI, L. H., ALTHOFF, F. J., LAUX, J. H., ARAÚJO, J. C., FLECK, A., BAECKER, C. A., CARVALHO, D. B., NOWATZKI, A. C. Geologia do Depósito de Cu-Au de Gameleira, serra dos Carajás, Pará. In: JOST, H., BRODT, J.A., QUEIROZ, E.T. (Eds.) *Caracterização de depósitos auríferos brasileiros*. Brasília: DNPM-ADIMB, 2001. p. 79-139.
- LOWENSTERN J. B. Carbon dioxide in magmas and implications for hydrothermal systems. *Mineralium Deposita*, v. 36, p. 490-502, 2001.
- RAMBOZ, C., PICHAVENT, M., WEISBROD, A. Fluid immiscibility in natural processes: use and misuse of

