

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Estágios de Mineralização no Depósito Aurífero Pau-a-Pique, Grupo Aguapeí,

Sudoeste do Estado de Mato Grosso, Brasil Central

- Evidências de Química Mineral e Inclusões Fluidas -

Elzio da Silva Barboza, Gênova Maria Pulz, Luiz Henrique Ronchi,

Andréa Ritter Jelinek, Francisco Egídio Pinho, Álvaro Pizzato Quadros

Pesquisas em Geociências, 28 (1): 65-80, set./dez., 2001.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20168>

Publicado por

Instituto de Geociências



**Portal de Periódicos
UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2001.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Estágios de Mineralização no Depósito Aurífero Pau-a-Pique, Grupo Aguapeí, Sudoeste do Estado de Mato Grosso, Brasil Central – Evidências de Química Mineral e Inclusões Fluidas –

ELZIO DA SILVA BARBOZA^{1,2}, GÊNOVA MARIA PULZ¹, LUIZ HENRIQUE RONCHI³, ANDRÉA RITTER
JELINEK¹, FRANCISCO EGÍDIO PINHO², ÁLVARO PIZZATO QUADROS²

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Caixa Postal 15001, CEP 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil, genova@portoweb.com.br

² Curso de Geologia, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso,
CEP 78050-340, Cuiabá, MT, Brasil, elziosb@yahoo.com.br; msantana@nutecnet.com.br

³ Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade do Vale do Rio dos Sinos,
CEP 93022-000 São Leopoldo, RS, ronchi@euler.unisinos.br

(Recebido em 04/01. Aceito para publicação em 10/01)

Abstract - The Pau-a-Pique deposit is a small gold prospect in the Southwestern of the Amazonian Craton (Mato Grosso State, Brazil). Ore types comprise quartz veins and disseminations hosted in the mylonitized metaconglomerate (Fortuna Formation, Aguapeí Group) and amphibole-biotite-chlorite mylonite. The native gold is associated with pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, native silver, galena, hematite, magnetite and martite. The aqueous-carbonic (type 1) and aqueous inclusions (type 2) in the quartz veins suggest that ore genesis is related to metamorphic fluids percolation during the late regional shearing. The ore remobilization was promoted by meteoric fluids, which are preserved as aqueous inclusions (type 3) in quartz veins.

Keywords - Gold, fluid inclusions, mineralization stages.

INTRODUÇÃO

O entendimento das condições físico-químicas das soluções hidrotermais formadoras de minério vem despertando um crescente interesse na comunidade científica, devido às suas aplicações geológicas. Dentre as técnicas utilizadas com este fim, destaca-se o estudo das inclusões fluidas preservadas nos minerais constituintes de minério. Estas inclusões são micro-amostras do fluido aprisionadas durante ou após a formação do mineral hospedeiro. Por isso, o estudo das inclusões fluidas fornece informações sobre a gênese dos depósitos minerais, auxilia nas estratégias de exploração de minérios, assim como na avaliação do potencial de áreas mineralizadas e definição de novos alvos prospectivos.

Neste estudo é apresentada a integração dos dados químicos dos minerais hidrotermais com a petrografia e microtermometria das inclusões fluidas aprisionadas no quartzo de veios do depósito aurífero Pau-a-Pique. Este depósito é uma

ocorrência explotada por garimpeiros, situada na serra homônima, no sudoeste do Estado de Mato Grosso, a cerca de 150 km a sul do município de Pontes e Lacerda (Fig. 1). Esta região foi denominada de Província Aurífera Alto Guaporé por Saes *et al.* (1991), devido a presença de várias ocorrências de ouro, tais como a mina de São Vicente e os garimpos Pau-a-Pique, Onça, Lavrinha, ruínas Francisco Xavier, Rio Sararé, Incra, Bananal e Nenê, entre outros (Fig. 1). O ouro no depósito Pau-a-Pique está associado a veios de quartzo alojados no contato de metaconglomerados (Formação Fortuna, Grupo Aguapeí) com anfibólio-biotita-clorita milonito. Os veios são controlados por fraturas ao longo de uma faixa NNW-SSE relacionadas com as zonas de cisalhamento locais, secundárias às estruturas regionais.

GEOLOGIA REGIONAL

O depósito Pau-a-Pique está situado na porção sudoeste do Cráton Amazônico, no contexto da

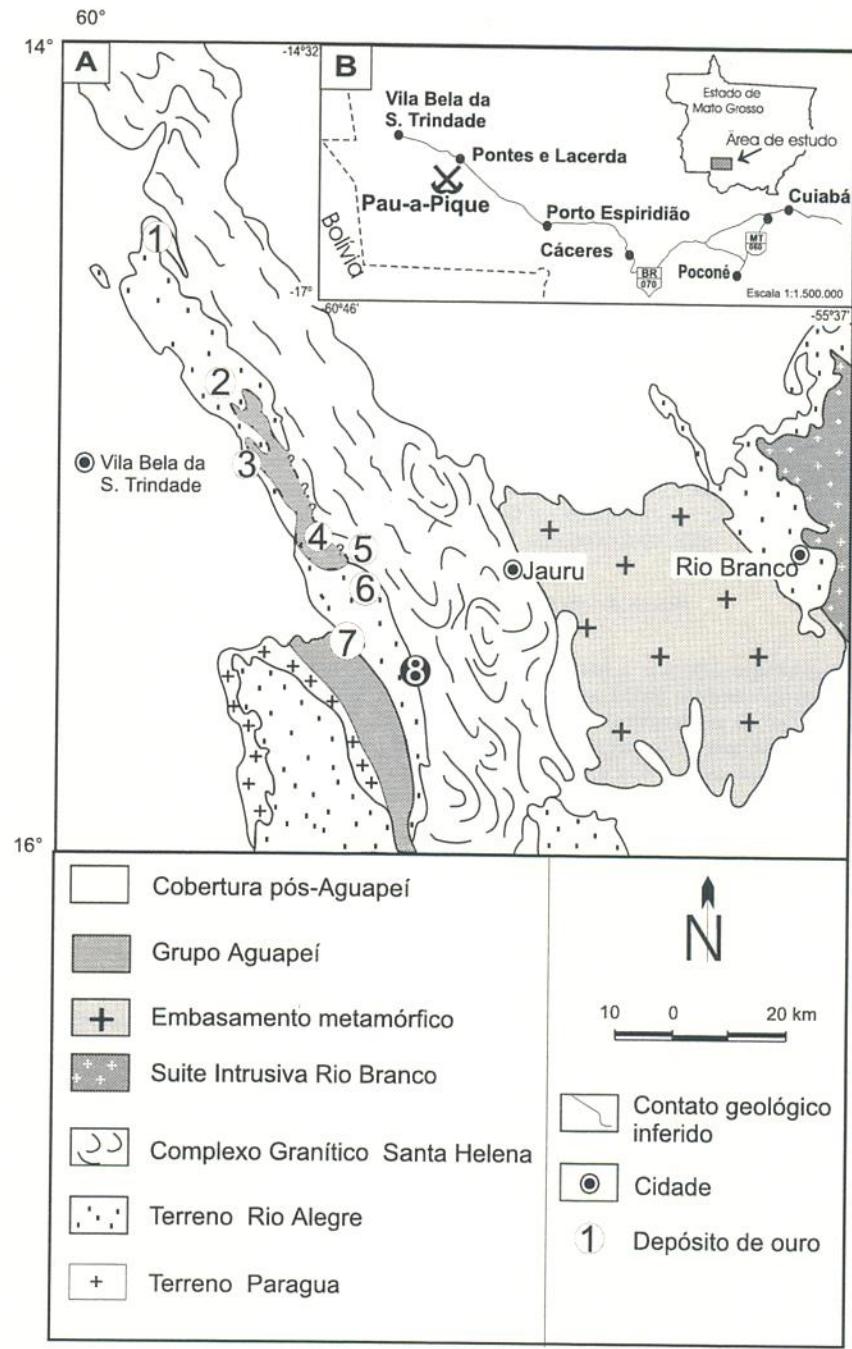


Figura 1 - A) Ocorrências de ouro na região de Pontes e Lacerda, Estado de Mato Grosso. B) Localização e vias de acesso ao depósito Pau-a-Pique. Abreviaturas: ① Mina de São Vicente. ② Ruínas São Francisco Xavier. ③ Rio Sararé. ④ Incra. ⑤ Córrego da Onça. ⑥ Lavrinha. ⑦ Bananal. ⑧ Pau-a-Pique.

Província Geocronológica Sunsás, que engloba terrenos de cerca de 1,25 a 1,0 Ga (U-Pb em zircão e Pb-Pb em rocha total, Tassinari & Macambira 1999). Estas estimativas também foram confirmadas por Santos (1999), que com o emprego de U-Pb, utilizando a técnica SHRIMP em zircão, obteve idades de 1,33 a 0,99 Ga.

A intensa tectônica proterozóica na porção meridional do Cráton Amazônico resultou na instalação de um sistema de *rift* formando um aulacó-

geno, no interior do qual foram depositados os sedimentos terrígenos e marinhos do Grupo Aguapeí (Geraldes 2000). A inversão do processo de abertura durante a Orogenese Sunsás, entre aproximadamente 1000 e 900 Ma (K-Ar em sericitas, Geraldes 2000), deformou e produziu paragêneses da fácie xistos verdes.

Na região de Pontes e Lacerda afloram, da base para o topo, as rochas da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Pontes e Lacerda, granito-gnaisses

do Complexo Granítico Santa Helena, metasedimentos do Grupo Aguapeí e coberturas recentes (Menezes *et al.* 1993). As rochas do Complexo Granulítico-Anfibolítico Santa Bárbara (Menezes *et al.* 1993) ocorrem a oeste da área deste estudo. Na base da bacia do Aguapeí ocorrem metaconglomerados oligomíticos com intercalações de metarenitos ortoquartzíticos, denominados de Formação Fortuna (Saes & Fragoso Cesar 1994). Esta unidade é sobreposta por um espesso pacote sedimentar, de aproximadamente 250 a 300 m de espessura, representado por metassiltitos, ardósias, filitos e metarenitos finos, que correspondem à Formação Vale da Promissão. Esta unidade grada para a Formação Morro Cristalino por interdigitações de metassiltitos, metarenitos e metaconglomerados oligomíticos (Souza & Hildred 1980). O fechamento da bacia, durante a Orogênese Sunsás, propiciou o cavalgamento do Grupo Aguapeí sobre seu embasamento.

Nos arredores do município de Pontes e Lacerda, o embasamento é representado pelo Complexo Metavulcano-sedimentar Pontes e Lacerda, o qual engloba metamorfitos da fácie xistos verdes a anfibolito (Menezes *et al.* 1993). Este complexo está sobreposto pelos metarenitos e metaconglomerados da Formação Fortuna. Pinho (1999) re-interpretou as rochas do Complexo Metavulcano-sedimentar Pontes e Lacerda, que afloram na região do garimpo Lavrinha (Fig. 1), como sendo ultramilonitos derivados dos granito-gnaisses Santa Helena.

Na região do depósito Pau-a-Pique, a Formação Fortuna sobrepõe os litótipos do terreno Santa Helena, o qual contém granito-gnaisses cinza rosados, com granulação média a grossa, bandamento milonítico e tendências alaskíticas (Menezes *et al.* 1993; Saes 1999). Nesta unidade também ocorrem biotita-gnaisses e magnetita-gnaisses (Geraldes 1996). Determinações radiométricas Rb-Sr nos gnaisses do Complexo Santa Helena forneceram valores entre 1308 ± 13 Ma e 1318 ± 24 Ma (Menezes *et al.* 1993; Geraldes 1996).

Nos depósitos de ouro Nenê, Lavrinha e Pau-a-Pique, também afloram rochas tonalíticas com paragêneses da fácie xistos verdes (Fernandes 1999; Geraldes 1996). Dados radiométricos (U-Pb em zircão) sugerem que a cristalização destas rochas ocorreu por volta de 1488 ± 11 Ma a 1463 ± 4 Ma (Geraldes *et al.* 1997).

GEOLOGIA DO DEPÓSITO PAU-A-PIQUE

Na Serra do Pau-a-Pique ocorrem milonitos derivados da Formação Fortuna, os quais estão relacionados com a deformação progressiva imposta pela Zona de Cisalhamento Corredor (Fernandes *et al.* 1998). Esta estrutura tectônica coloca em contato a Formação Fortuna com os granito-gnaisses Santa Helena.

Na cava principal do depósito estudado, Barboza (2001), Barboza *et al.* (2000) e Fernandes (1999) descreveram uma rocha tonalítica, transformada em anfibólito-biotita-clorita milonito, a qual está em contato com os milonitos da Formação Fortuna (Fig. 2). Este contato é envolvido por faixas, nas quais há uma acentuada silicificação, acompanhada por disseminações de sulfetos, turmalina, biotita e epidoto (Fernandes *et al.* 1999). O padrão geométrico desta alteração hidrotermal é caracterizado por faixas irregulares e descontínuas, em geral, com menos de 2 metros de espessura, que afloram por dezenas de metros de extensão. No interior do halo hidrotermal ocorrem fraturas R, Rx, D e T, as quais são preenchidas por quartzo formando veios. Algumas destas estruturas ocorrem boudinadas e rotacionadas e são envolvidas por uma estreita faixa esverdeada de mica, como observado entorno do veio principal com cerca de 2 m de espessura.

Os veios D são preenchidos por quartzo, que ora apresenta textura fitada, ora maciça ou sacaroidal, conforme a nomenclatura de Dowling & Morrison (1989). A textura fitada é marcada pelo quartzo estirado e laminado, indicando o crescimento sin-tectônico deste mineral. O quartzo maciço ocorre como uma massa esbranquiçada relativamente pouco deformada, como denota a presença de leve extinção ondulante e fraturas, as quais sugerem que este mineral cristalizou no final do cisalhamento. A textura sacaroidal é marcada por mosaicos granoblásticos com junções tríplices a 120° , os quais evidenciam processos de recristalização. Por vezes, estes tipos texturais aparecem ao longo da extensão de um mesmo veio resultando em texturas compostas, provavelmente, devido a repetição dos episódios de abertura e preenchimento das fraturas D. A textura maciça, também foi observada nos veios R', enquanto a textura sacaroidal também aparece nos veios alojados em fraturas T.

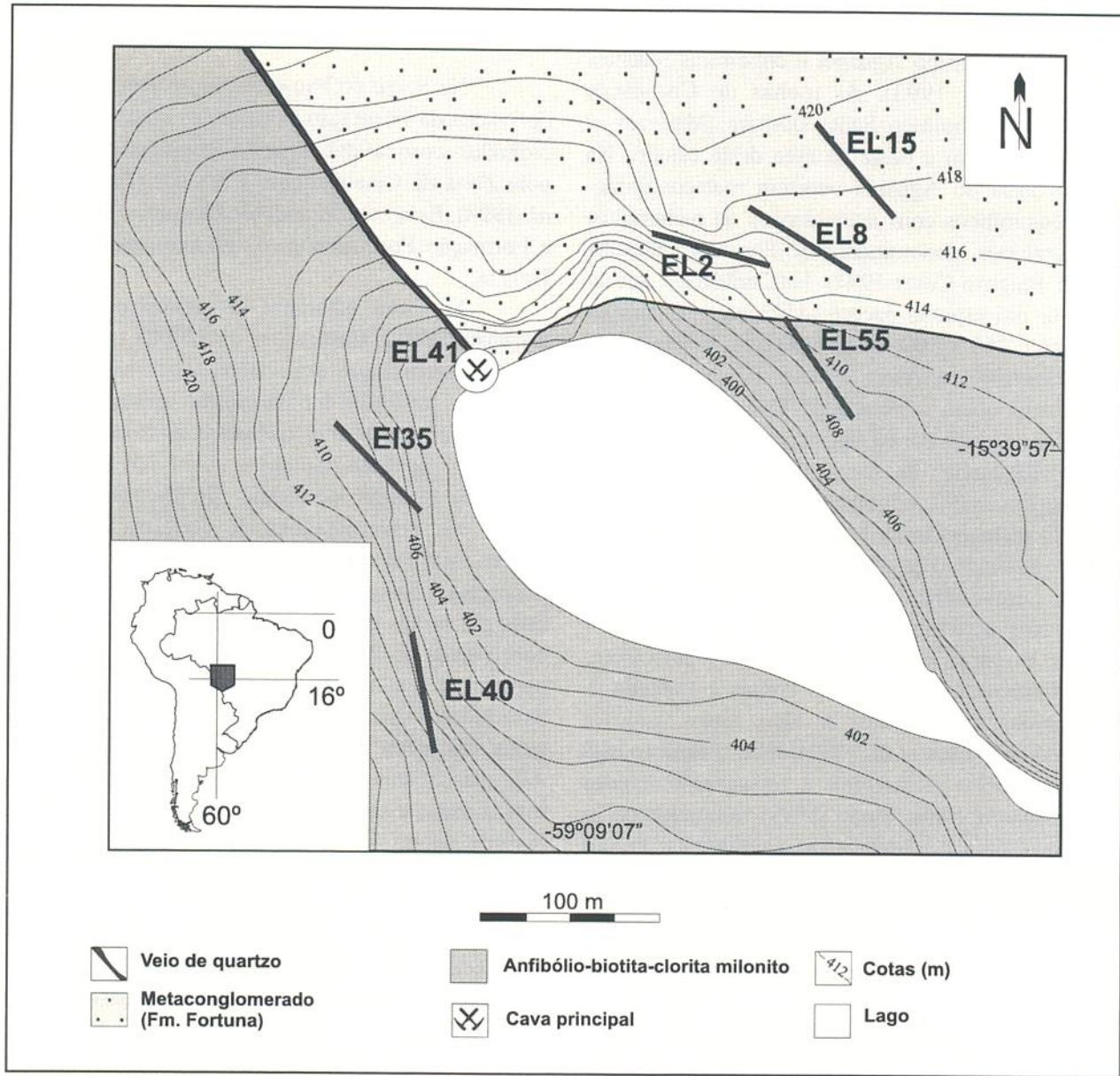


Figura 2 - Esboço geológico da cava principal do depósito Pau-a-Pique, destacando a localização dos veios amostrados para o estudo de inclusões fluidas.

Os veios R são preenchidos por quartzo com cavidades, ora abertas, ora parcialmente preenchidas por drusas incolores, as quais conferem ao quartzo uma textura em pente (Dowling & Morrison 1989). Nestes veios também aparecem texturas compostas do tipo fitada-sacaroidal e maciça-sacaroidal.

Determinações K-Ar em mica branca e Pb-Pb em galena de algumas ocorrências de ouro no Grupo Aguapeí sugerem que o evento aurífero na região estudada ocorreu entre 964 ± 42 e 918 ± 10 Ma (Geraldes *et al.* 1997). Portanto, os dados geocronológicos, existentes até o momento, indicam uma relação entre a Orogenese Sunsás e a percolação de fluidos mineralizantes.

MÉTODOS ANALÍTICOS

A composição dos sulfetos e da clorita foi determinada por microssonda eletrônica (EMPA) utilizando o equipamento Cameca® (modelo Sx50). Os sulfetos foram analisados com feixe de elétrons de 5 µm, tensão de aceleração de 20 keV, corrente de 25 nA e tempo de contagem de 20 a 30 segundos. Os seguintes padrões foram utilizados: CuFeS₂ natural; ZnS sintético; As metal; Te sob a forma de composto sintético de Au, Ag e Te; Ag a partir do composto sintético de Ag, Bi e Se.

A clorita foi analisada com feixe de elétrons de 1 µm, tensão de aceleração do feixe de 15 keV

e corrente de 10 nA. O tempo de contagem para todos elementos foi de 20 a 30 segundos. A calibração do aparelho foi obtida com os seguintes padrões: anortita vidro, materiais sintéticos (CaF_2 , TiO_2 e Cr_2O) e naturais (olivina e jadeíta).

Imagens tridimensionais de elétrons retroespelhados (BSE) dos minerais opacos, metalizados com carbono, foram obtidas com microscópio eletrônico de varredura-MEV (marca Jeol®, JSM 5800). Dados semi-quantitativos foram determinados com o sistema de dispersão de energia (EDS), acoplado ao MEV. As análises de EDS foram obtidas com o equipamento Noran® utilizando aceleração de voltagem de 25 keV, corrente do feixe de elétrons de 1 nA, largura do canal de 10 μm e ângulo de 35°.

Cerca de 3 gramas do material micáceo esverdeado adjacente aos veios de quartzo foram pulverizados e analisados por difração de raios X. As análises foram efetuadas com o difratômetro Siemens® (D 5000), operando sob as seguintes condições analíticas: ângulo 2θ entre 2° e 80°, com precisão de 0,026° 2θ ; tempo de contagem de 2 horas; tubo de radiação de $\text{CuK}\alpha$; voltagem de 30 kV e corrente de 30 nA. Os dados foram interpretados com o auxílio do programa DIFFRACT/AT atualizado com a base JCPDS/89.

Os experimentos microtermométricos foram feitos em platina Chaixmeca® acoplada ao microscópio petrográfico Zeiss®. As amostras foram resfriadas a cerca de -190°C com nitrogênio líquido (N_2) e aquecidas a 400°C com o sistema digital Euroterm®. A calibração do aparelho foi obtida usando uma inclusão natural aquo-carbônica trifásica. A salinidade das inclusões aquosas foi calculada pela temperatura de fusão do gelo, conforme Collins (1979) e Goldstein & Reinolds (1994), enquanto a densidade foi obtida segundo Shepherd *et al.* (1985). A salinidade, a composição global e a densidade das inclusões aquo-carbônicas foram estimadas com o auxílio do programa MacFlincor® versão 0.92 (Brown & Hagemann 1994).

ESTÁGIOS DE MINERALIZAÇÃO

A deposição de uma associação de minerais de minério num mesmo intervalo de condições físico-químicas define um estágio de mineralização, segundo a conceituação de Barton (1970). A composição e as relações texturais dos minerais de minério, combinadas com os resultados microtermométricos das inclusões fluidas, possibilitaram o reco-

nhecimento de quatro estágios de mineralização no depósito Pau-a-Pique (Fig. 3), quais sejam:

Estágio precoce: pirrotita, calcopirita e galena;

Estágio intermediário: pirita-I, ouro nativo (?) e prata nativa (?);

Estágio tardio: pirita-II, ouro nativo e prata nativa;

Estágio intempérico: hematita, magnetita e martita.

A pirita é o sulfeto mais abundante, o qual aparece substituído total ou parcialmente por hematita e martita. As relações texturais, a forma e o tamanho dos grãos possibilitaram a distinção de duas gerações deste sulfeto, denominadas de pirita I e II, respectivamente.

A pirita-I aparece como grãos anédricos, de até 0,5 cm de diâmetro, com bordas irregulares, sombras de pressão, faces abauladas e textura cataclástica. Estas feições de deformação sugerem que a cristalização deste sulfeto foi sin-tectônica. Alguns grãos apresentam dimensões inferiores a 2 mm de diâmetro, bordas corroídas e inclusões reliquias de quartzo e calcopirita. Esta primeira geração de pirita apresenta uma relativa homogeneidade composicional (Tab. 1), como indicam os valores de Fe entre 46,56 e 47,44 % peso e as razões $(\text{Fe}/\text{S})_{\text{at}}$ de 0,49 a 0,50. A composição desta geração de pirita é similar àquela encontrada por Silva *et al.* (1997) e Costa Neto (1998) nas piritas da mina de São Vicente e do depósito Lavrinha, respectivamente (Fig. 4).

A pirita-II é caracterizada por sua forma euédrica representada por cubos perfeitos, de até 1 cm de aresta e com estriação *triglifa*. A ausência de

Mineral	Estágio de Mineralização			
	Precoce	Intermediário	Tardio	Intempérico
Po	---			
Cpp	---			
Gn	---			
Py - I		---	---	
Au		---	---	
Ag		---	---	
Py - II			---	---
Hem				---
Mgt			---	---
Mart			---	---

Figura 3 - Seqüência deposicional dos minerais de minério no depósito Pau-a-Pique ordenados nos diferentes estágios de mineralização. Abreviaturas (conforme a notação de Kretz 1983): Po = pirrotita. Cpp = calcopirita. Gn = galena. Py = pirita. Au = ouro nativo. Ag = prata nativa. Hem = hematita. Mgt = magnetita. Mart = martita.

Tabela 1 - Análises químicas de pirita (grãos 1 a 3), pirrotita (grãos 4 a 10) e calcopirita (grãos 11 a 12) do depósito Pau-a-Pique, obtidos por meio de microssonda eletrônica, expressas em peso. Em cada grão foram analisados de 1 a 3 pontos. (nd = não detectado).

Grão	Fe	Cu	S	Au	As	Zn	Total
1	46,56	0,03	54,05	nd	0,10	0,01	100,78
2	47,44	0,04	53,90	nd	nd	0,03	101,43
3	47,01	0,01	54,45	nd	0,07	nd	101,56
4	60,57	0,01	39,53	0,11	0,05	nd	100,28
5	59,76	0,03	39,43	nd	0,03	0,01	99,28
6	60,71	0,03	39,50	nd	nd	nd	100,26
7	60,41	0,01	40,01	nd	nd	nd	100,44
8	60,36	0,02	39,57	0,07	nd	nd	100,03
9	60,72	0,21	39,15	nd	0,10	0,05	100,25
10	61,17	0,20	39,01	nd	0,12	0,10	100,62
11	30,04	34,43	35,69	nd	nd	nd	100,17
12	30,45	34,48	36,09	0,11	0,04	0,03	101,23
13	30,45	34,24	34,81	0,09	nd	nd	99,61
14	30,34	34,79	35,31	nd	0,01	nd	100,46
15	30,93	34,05	35,45	nd	0,03	nd	100,47
16	30,34	34,79	35,31	nd	0,01	nd	100,46
17	30,93	34,05	35,45	nd	0,03	nd	100,47
18	30,22	34,31	34,75	nd	0,01	nd	99,31
19	30,51	34,45	35,33	0,14	0,02	0,01	100,50
20	30,43	34,68	35,37	0,04	nd	0,01	100,55
21	30,72	34,31	35,47	nd	nd	nd	100,51
22	30,45	34,57	35,20	0,05	nd	0,02	100,31

texturas de deformação sugere que este sulfeto de ferro cristalizou num estágio tardio do cisalhamento.

A pirrotita ocorre nos veios e no halo de alteração tanto no metaconglomerado, como no anfibólio-biotita-clorita milonito. Este mineral aparece incluso na pirita-I, sob a forma de grãos anédricos com bordas levemente arredondadas e diâmetro de cerca de 0,2 mm. Seu contato com a pirita-I é irregular, sugerindo relações de desequilíbrio entre eles. Aquímica da pirrotita estudada (Fig. 4, Tab. 1) assemelha-se à composição ideal da pirrotita monoclinica representada por Fe_7S_8 (Mukaiyama & Izawa 1970).

A calcopirita aparece inclusa na pirita-I, que ocorre no halo de alteração impresso no anfibólio-biotita-clorita milonito e nos metaconglomerados. Este sulfeto de cobre forma grãos de até 0,2 mm de diâmetro, com bordas corroídas e inclusões de mica branca e quartzo. Sua composição é bastante homogênea (Fig. 5), como indicam os valores de Cu no intervalo de 34,05 a 34,79% peso, Fe variando de 30,04 a 34,79% peso e S entre 34,75 e 36,09% peso (Tab. 1).

O ouro nativo mostra-se como grãos subédricos, de até 20 µm de diâmetro, preenchendo

fraturas na pirita-I (Fig. 6). Análises semi-quantitativas de EDS detectaram 3 a 5% peso de Ag neste mineral.

A prata nativa só foi observada em imagens BSE, nas quais aparece como grãos anédricos, de até 20 µm de diâmetro. Este mineral ocorre incluso ou em fraturas na pirita-II (Fig. 6).

A galena apresenta-se como inclusões na pirita-II formando agregados de até 80 µm de diâmetro (Fig. 6). Este sulfeto foi identificado com auxílio dos dados semi-quantitativos de EDS.

A hematita é o óxido predominante na cava principal do depósito estudado. Nos veios, este mineral forma uma fina película lamelar, que recobre as drusas de quartzo com textura em pente ou substitui os sulfetos. Imagens de MEV também mostram concreções esferoidais deste óxido (Fig. 6).

A magnetita ocorre disseminada tanto no metaconglomerado, como no anfibólio-biotita-clorita milonito e nos veios. Este mineral forma de octaedros, de até 5 mm de diâmetro (Fig. 6), que, por vezes, apresentam cavidades de dissolução na superfície dos grãos. Em geral, este óxido de ferro mostra-se substituído pela hematita formando martita.

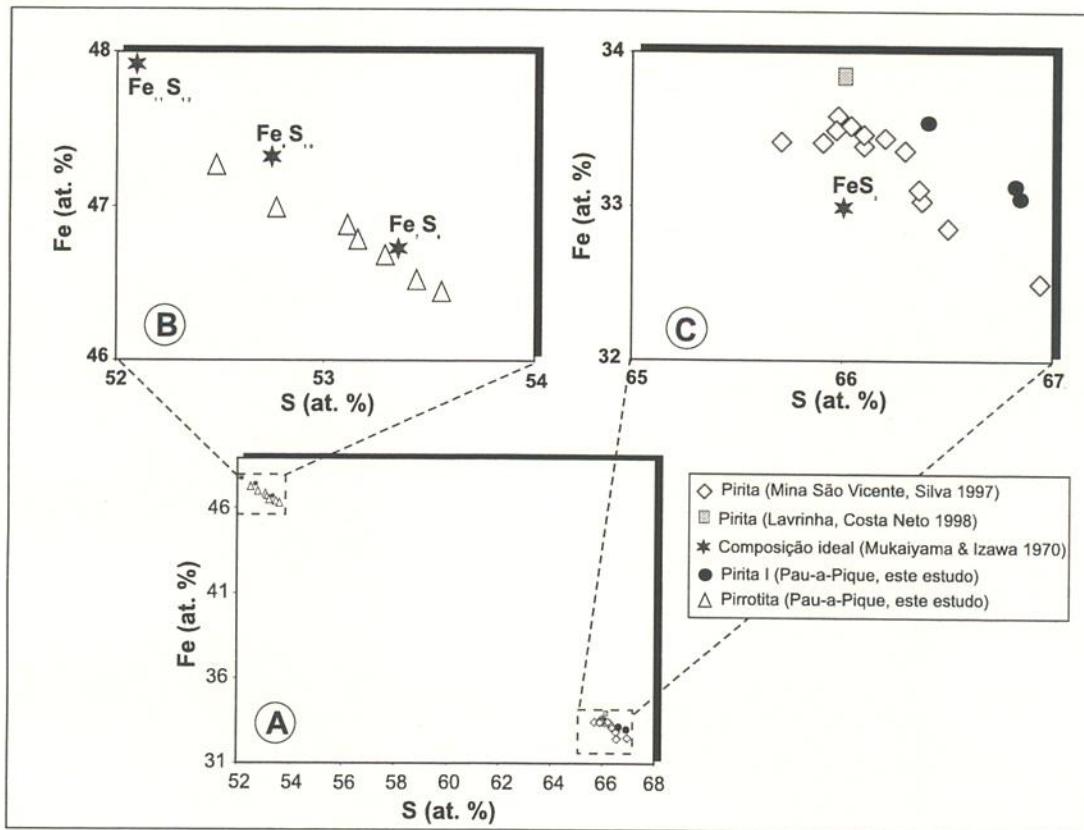


Figura 4 – A) Diagrama Fe *versus* S, expresso em proporção atômica, mostrando a variação composicional dos grãos de pirita e pirrotita no Grupo Aguapeí. B) Detalhe de A, destacando a composição da pirrotita do depósito Pau-a-Pique. C) Detalhe de A, comparando a variação composicional da pirita-I do depósito Pau-a-Pique com as piritas da Mina São Vicente e do depósito Lavrinha.

TIPOS DE INCLUSÕES FLUIDAS

Apenas as inclusões fluidas que ocorrem nos veios R, D e T da cava principal do depósito Pau-a-Pique foram investigadas neste estudo. Uma feição comum a todos os veios é a concentração das inclusões fluidas em trilhas, o que permite considerá-las secundárias, conforme a terminologia de Roedder (1979). Além disso, evidências de crepitação e estrangulamento (Fig. 7) também são comuns nas inclusões de todos os veios estudados.

O número de fases das inclusões fluidas em temperatura ambiente e sua distribuição no quartzo possibilitaram a identificação de três variedades petrográficas de inclusões, quais sejam:

Tipo 1: são inclusões trifásicas aquo-carbônicas compostas por uma fase carbônica vapor (V) envolvida por dois líquidos imiscíveis, denominados de L1 (aquoso) e L2 (carbônico), respectivamente (Fig. 7). Apresentam formas variando de cristal negativo a irregulares, com dimensões entre 4 e 20 µm. A fase carbônica (L2+V) ocupa de 15 a 55% do volume total da inclusão. Este tipo de inclusão é

observado ao longo de trilhas, por vezes associada com inclusões dos tipos 2 e 3.

Tipo 2: são inclusões bifásicas aquosas (líquido+vapor), com dimensões de 4 a 35 µm, apresentando-se ora como cristais negativos, ora irregulares ou alongadas (Fig. 7). O grau de preenchimento destas inclusões varia de 10 a 90% com o predomínio daquelas com 10 a 25% de vapor. Este tipo forma trilhas intergranulares constituídas apenas por inclusões bifásicas aquosas. Estas inclusões, por vezes, ocorrem associadas a turmalina, epidoto, clinzoisita e zircão.

Tipo 3: esta família de inclusões forma trilhas constituídas exclusivamente por variedades de inclusões monofásicas aquosas ou monofásicas vapor, ou ainda, pela associação de inclusões monofásicas e bifásicas aquosas ao longo de uma mesma trilha. As inclusões desta família apresentam diâmetro inferior a 1 µm e, por vezes, mostram-se vazadas (Fig. 7), o que dificultou a observação das mudanças de fase durante os testes microtermométricos. Por isso, esta família de inclusões não será considerada na discussão a seguir.

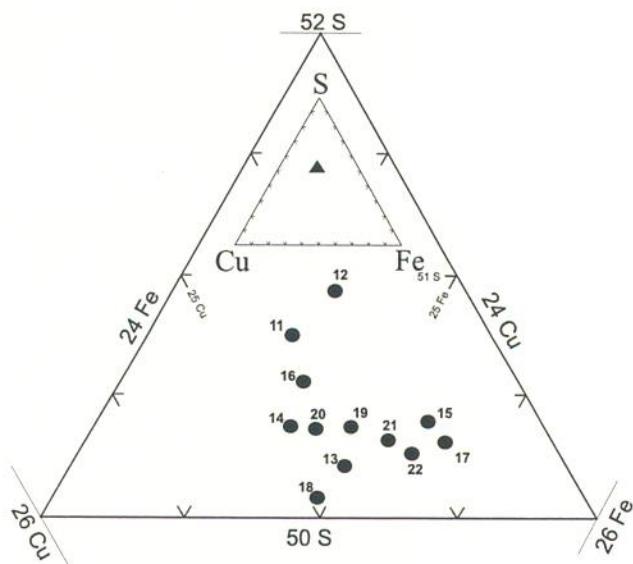


Figura 5 - Diagrama triangular do sistema Cu-Fe-S, mostrando a composição da calcopirita (expressa em proporção atômica) no halo hidrotermal do depósito Pau-a-Pique. Os números junto aos pontos indicam o grão analisado conforme a tabela 1.

CRONOLOGIA DAS INCLUSÕES FLUIDAS

As fraturas são formadas numa seqüência cronológica relacionada com os incrementos da deformação numa zona de cisalhamento (Ramsay & Huber 1987). As fraturas R e R' são as primeiras a se formar, enquanto as fraturas D são as últimas. As fraturas extensionais T se formam a qualquer momento da deformação (Roberts 1988). Apesar dos veios R e R' se formarem no início do cisalhamento, eles podem ser novamente estirados e rotacionados pelos incrementos da deformação progressiva durante o avanço do evento tectônico.

As inclusões aquo-carbônicas do tipo 1 são aqui consideradas precoces, pois foram encontradas nos veios R, que são os primeiros a se formarem na evolução do cisalhamento (Ramsay & Huber 1983). O quartzo destes veios foi submetido a processos de recuperação (exemplificado por subgrãos) e de recristalização (exemplificado pelos mosaicos granoblásticos a 120°).

As inclusões aquosas do tipo 2 foram interpretadas como tardias, pois ocorrem tanto nos veios R como nos veios D. Sua presença nos veios R, assim como nos demais, parece estar relacionada com múltiplos episódios de abertura e preenchimento durante a rotação destas estruturas, como sugerem os fragmentos da rocha encaixante aprisionados no seu interior (Ramsay & Huber 1983). Grãos de ouro nativo foram observados adjacentes a trilhas de inclusões aquosas do tipo 2.

As inclusões do tipo 3 são mais jovens que aquelas dos tipos 1 e 2, pois ocorrem em trilhas que cortam os limites dos grãos. Nenhuma evidência textural desta família de inclusões fluidas com os grãos de ouro nativo foi observada na petrografia.

MICROTERMOMETRIA

A síntese dos dados microtermométricos obtidos neste estudo é apresentada nas tabelas 2 e 3. Durante os experimentos microtermométricos, a maioria das inclusões aquo-carbônicas do tipo 1 mostraram a fusão do CO₂ entre -57,0 a -56,8°C, indicando que a fase carbônica não é pura. Contudo, a fusão do CO₂ sólido de algumas inclusões do tipo 1 ocorreu em -56,6°C (Fig. 8), demonstrando a existência de fluidos aquo-carbônicos puros nos mesmos veios. A moda da dissolução do clatrato nas inclusões aquo-carbônicas (Tipo 1) foi observada entre 7,2 e 7,4°C, o que implica em salinidades de 5 a 6% peso eq. NaCl (Tab. 2). A homogeneização do CO₂ (tanto na fase líquida, como vapor) ocorreu, em proporções equivalentes, predominantemente entre 25 e 29°C. A homogeneização total das inclusões aquo-carbônicas ocorreu ora na fase líquida, ora na fase vapor, entre 153 a 342,8°C, com moda de 210 a 270°C (Fig. 8).

Nas inclusões aquosas do tipo 2, a fusão do gelo ocorreu predominantemente entre -6 e -2°C (Fig. 8). A moda da salinidade destas inclusões situa-se no intervalo de 4 a 8% peso eq. NaCl. A homogeneização total das inclusões aquosas ocorreu na fase líquida com moda entre 150 e 210°C (Fig. 8).

GEOTERMOMETRIA DA CLORITA

A homogeneização total das inclusões fluidas obtidas neste estudo corresponde aos valores mínimos da temperatura de percolação das soluções hidrotermais no depósito Pau-a-Pique. Estas estimativas também foram testadas pela geotermometria da clorita, a qual é uma técnica independente das inclusões fluidas, a fim de verificar a congruência dos resultados.

No depósito estudado, a clorita forma feixes lamelares, em intercrescimento epitaxial com a biotita no anfibólio-biotita-clorita milonito, definindo os planos C da foliação milonítica. A clorita também ocorre intercrescida com mica branca no material micáceo esverdeado, que envolve os veios de quartzo nos milonitos da Formação Fortuna. As

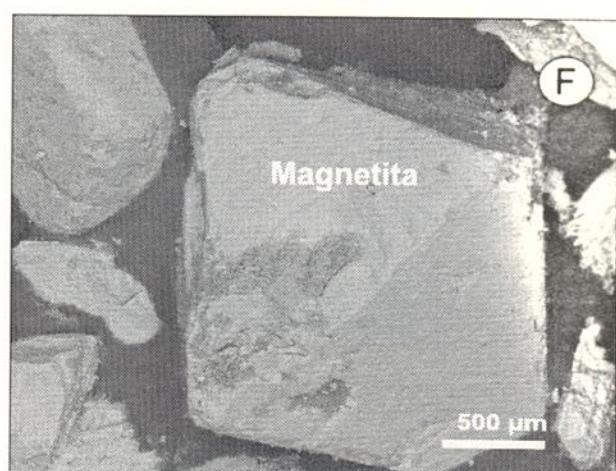
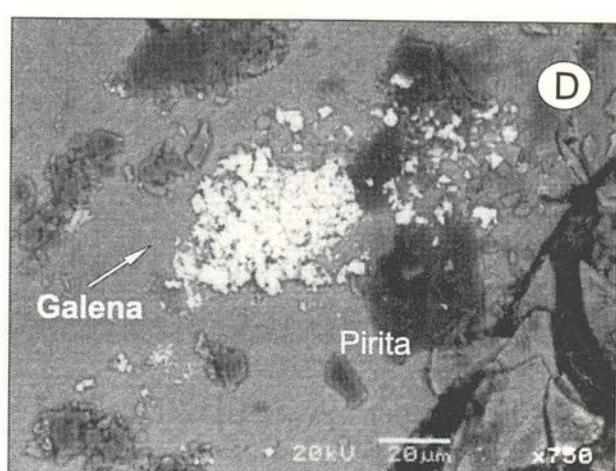
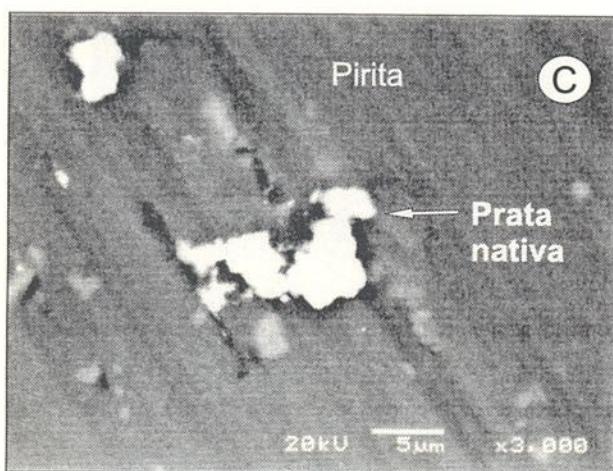
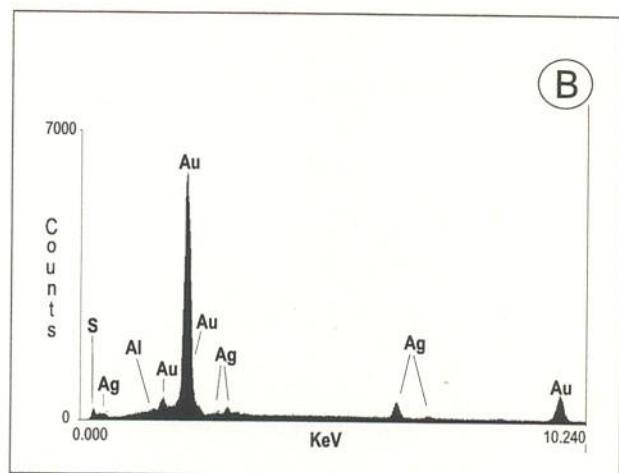
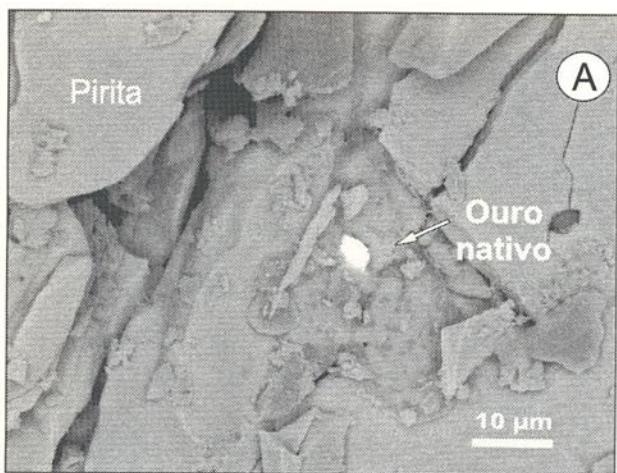


Figura 6 - Imagens BSE e espectro de EDS dos minerais hidrotermais no depósito Pau-a-Pique. A) ouro nativo em fraturas na pirita I. B) espectro de EDS do grão de ouro nativo mostrado em A. C) prata nativa inclusa na pirita II. D) galena inclusa na pirita I. E) agregados de hematita sobre drusas de quartzo com textura em pente. F) magnetita euédrica.

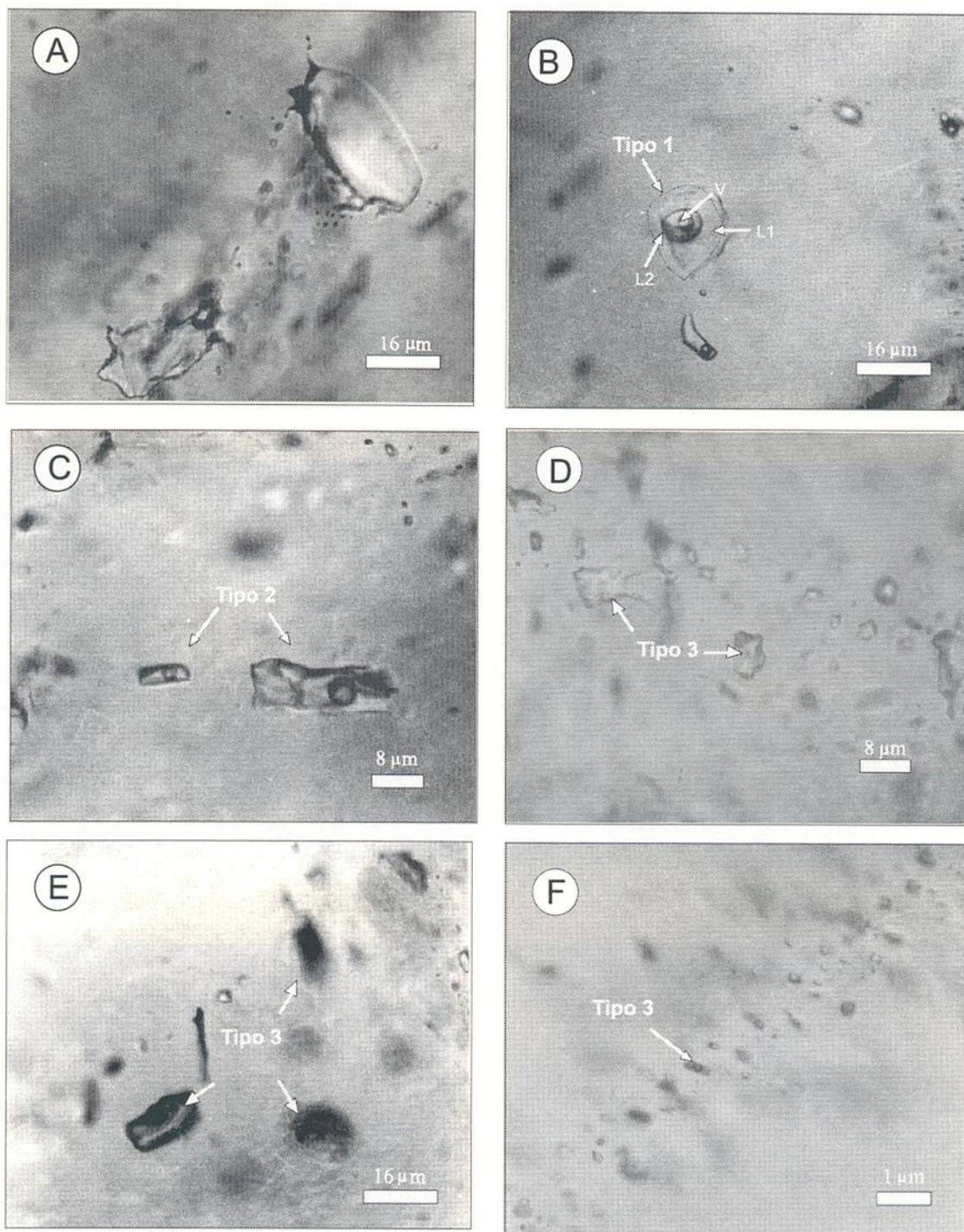
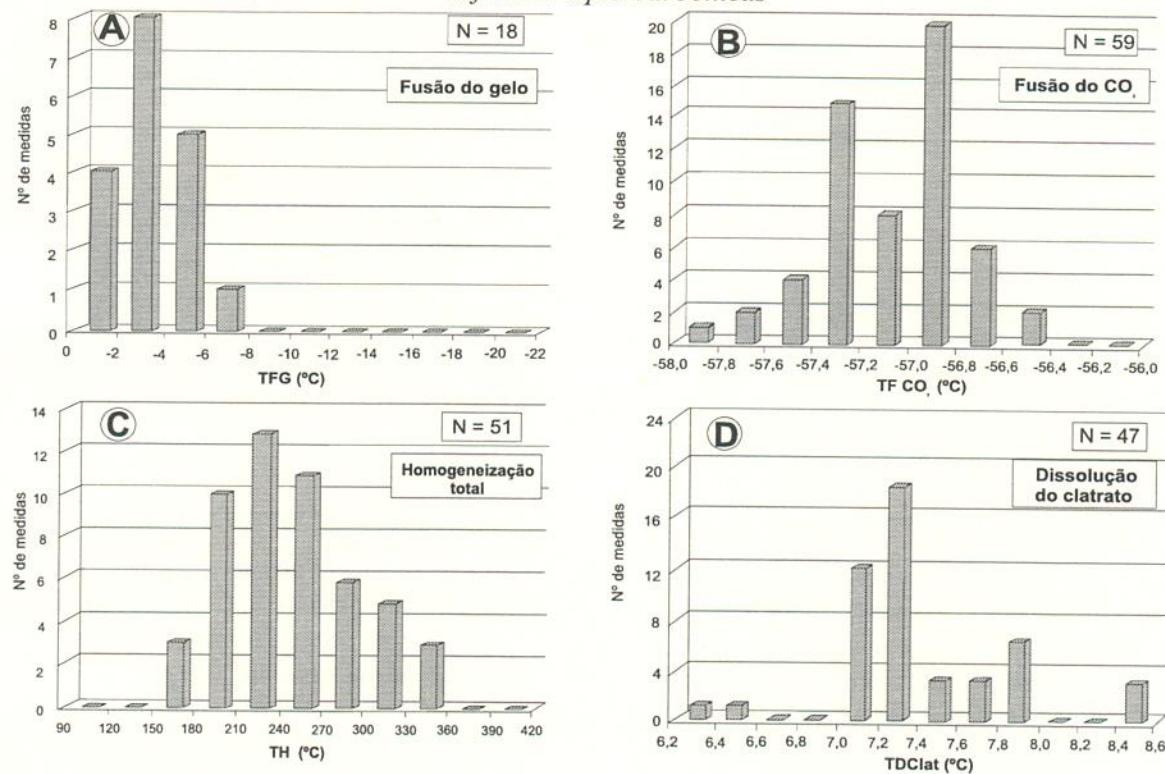


Figura 7 – Fotomicrografias das inclusões fluidas no quartzo dos veios do depósito Pau-a-Pique. A) inclusão trifásica aquo-carbônicas do tipo 1. B) inclusões bifásicas aquosas do tipo 2. C) trilhas de inclusões do tipo 3, mostrando a associação de inclusões monofásicas e bifásicas aquosas. D) trilha de inclusões monofásicas vapor do tipo 3. E) trilhas de inclusões monofásicas do tipo 3, mostrando feições de estrangulamento. F) inclusão monofásica aquosa do tipo 3 com feições de crepitação. Abreviaturas: L1 - H₂O líquido, L2 - CO₂ líquido e V - CO₂ vapor.

Inclusões Tipo 1

trifásicas aquo-carbônicas



Inclusões Tipo 2

bifásicas aquosas

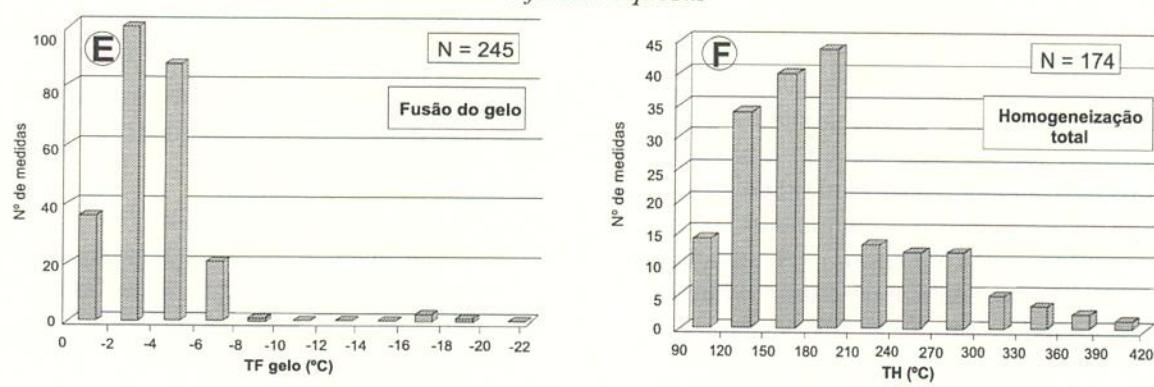


Figura 8 - Histogramas de freqüência dos resultados microtermométricos das inclusões fluidas nos veios de quartzo do depósito Pau-a-Pique. A-D) inclusões aquo-carbônicas do tipo 1. E-F) inclusões aquosas do tipo 2. (N = número de medidas).

Tabela 2 - Resumo dos dados microtermométricos das inclusões fluidas nos veios do depósito Pau-a-Pique. Abreviaturas: THt = temperatura de homogeneização total.

	TIPO 1		TIPO 2	
	AQUO-CARBÔNICAS		AQUOSAS	
	Intervalo	Moda	Intervalo	Moda
THT (°C)	153,1 a 342,8	210 a 270	98,4 a 396,0	150 a 210
TFg (°C)	-6,6 a -0,6	-6 a -2	-19,0 a -0,3	-6 a -2
TFCO ₂ (°C)	-57,8 a -56,6	-57,0 a -56,8	—	—
THCO ₂ (°C)	14,8 a 30,9	25 a 29	—	—
TDclat (°C)	6,4 a 8,4	7,2 a 7,4	—	—
% peso eq. NaCl	3,1 a 6,0	5 a 6	0,8 a 21,9	4 a 8

Tabela 3 - Moda das medidas da temperatura de homogeneização total (THt) das inclusões fluidas nos diferentes tipos de veios do depósito Pau-a-Pique.

Veio	Textura	THt das inclusões fluidas (°C)	
		Tipo 1	Tipo 2
R	Em pente	180-210	150-210
	Fitada-sacaroidal	330-360	120-180
	Maciça-sacaroidal	180-240	180-210
T	Sacaroidal	-----	150-210
	Fitada	210-270	120-180
D	Maciça	180-210	180-210
	Sacaroidal	-----	120-150

lamelas de clorita são subédricas, de até 1,5 mm de diâmetro, com pleocroísmo verde oliva a verde pálido e birrefringência cinza a marrom escuro. Os resultados das análises de microssonda eletrônica (Tab. 4) indicam tratar-se da variedade ripidolita (Fig. 9), conforme a nomenclatura de Hey (1954), caracterizada pela razão Fe/(Fe+Mg) variando de 0,39 a 0,41. Nos difratogramas de raios X, este filossilicato foi caracterizado pelas distâncias interplanares de 7,15; 3,57 e 2,55 Å, as quais também são típicas da ripidolita na classificação JCPDS/89.

A temperatura de formação da clorita, que ocorre no anfibólio-biotita-clorita milonito do depósito Pau-a-Pique, foi estimada segundo a proposta de Kranidiotis & MacLean (1987) para ripidolita associada a um ou mais minerais aluminosos (sericitá, albita, epidoto e argilominerais). A semelhança composicional e paragenética da clorita do depósito Pau-a-Pique com aquelas investigadas por Kranidiotis & MacLean (1987) foi o motivo de se ter adotado a equação proposta por estes autores. Em trabalhos pioneiros, Cathelineau (1988) e Cathelineau & Nieva (1985) deduziram equações geotermométricas para cloritas com características compostionais e paragenéticas diferentes daquelas que ocorrem no

depósito Pau-a-Pique. Por isso, as equações propostas por Cathelineau (1988) e Cathelineau & Nieva (1985) não foram utilizadas no estudo do depósito Pau-a-Pique. Neste sentido, Zang & Fyfe (1995) enfatizaram que as equações deduzidas nos nesses trabalhos pioneiros são válidas exclusivamente para clorita com razões Fe/(Fe + Mg) entre 0,27 e 0,38.

Segundo Kranidiotis & MacLean (1987), o emprego da clorita como geotermômetro requer a correção dos valores de ^{IV}AI pela seguinte expressão:

$${}^{IV}Al_{(corrigido)} = {}^{IV}Al_{(amostra)} \pm 0,70 \text{ Fe/Fe+Mg}$$

Após esta correção, a temperatura pode ser determinada em função da quantidade de ^{IV}Al_(corrigido) na seguinte expressão:

$$T (\text{°C}) = 106 \text{ } {}^{IV}Al_{(corrigido)} + 18$$

A aplicação desta função na ripidolita do depósito Pau-a-Pique forneceu valores entre 240 e 330°C, com moda de 290°C, os quais são aqui interpretados como o intervalo de temperatura no qual este filossilicato se formou (Tab. 5). Comparando estes resultados com aqueles determinados na microtermometria das inclusões fluidas constata-se a similaridade entre eles e a homogeneização total das inclusões aquo-carbônicas do tipo 1.

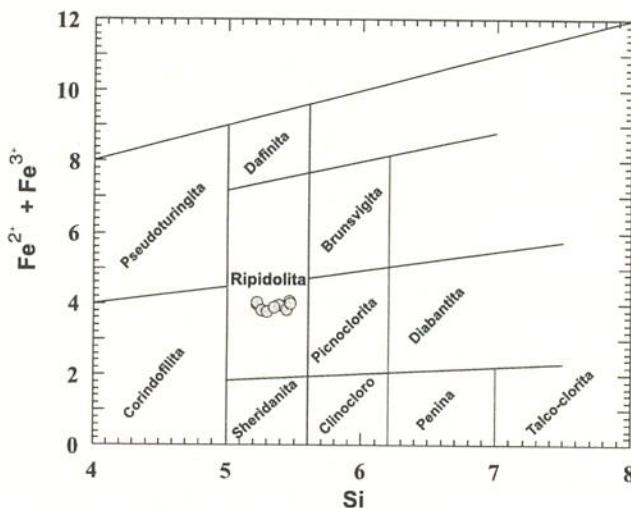


Figura 9 - Classificação da clorita hidrotermal no depósito Pau-a-Pique no diagrama de Hey (1954).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os dados texturais e estruturais dos veios combinados com os resultados das inclusões fluidas e a sucessão paragenética dos minerais de minério auxilia na distinção dos estágios de mineralização, que formaram o minério do depósito Pau-a-Pique. A integração dos dados obtidos permite relacionar a gênese do depósito estudado com a percolação de fluidos metamórficos durante o cisalhamento, seguido pela remobilização e concentração dos teores de ouro por soluções meteóricas.

No estágio de mineralização precoce, ocorreu a deposição de pirrotita, calcopirita e galena nos veios de quartzo durante a circulação de soluções aquo-carbônicas (Barboza 2001), como sugerem as inclusões desta natureza aprisionadas nos veios R. Estes fluidos percolaram sob condições mínimas de 180 a 360°C, como indica o intervalo da THt das inclusões aquo-carbônicas do tipo 1 nos veios R (Tab. 3), assim como a geotermometria da clorita (240 a 330°C).

O resfriamento do sistema hidrotermal propiciou a deposição das paragêneses do estágio intermediário. Neste estágio, a circulação dos fluidos aquo-carbônicos foi acompanhada por fluidos aquosos, os quais percolaram sob condições de 120 a 210°C, como indica a moda da THt das inclusões aquosas do tipo 2 nos veios D (Tab. 3). Nestas condições físico-químicas ocorreu a cristalização da primeira geração de pirita, a qual foi seguida pela precipitação do ouro nativo e prata nativa. A ausência de texturas de deformação nos grãos de ouro nativo e prata nativa sugere que estes minerais cris-

talizaram entre o final do estágio intermediário e o início do estágio seguinte.

No estágio tardio, já na fase final do cisalhamento, ouro nativo, prata nativa e pirita-II continuaram a precipitar de fluidos de baixa temperatura da ordem de 180 a 210°C. Evidências desta deposição tardia é indicada pela ausência de texturas de deformação nestes minerais somada com os resultados microtermométricos das inclusões do tipo 2 no quartzo com textura maciça nos veios D (Tab. 3).

O último estágio bem marcado no depósito Pau-a-Pique é o intempérico. Neste estágio se formaram os óxidos, representados pela hematita, martita e magnetita, que aparecem substituindo os sulfetos previamente formados. A fase vapor de algumas inclusões bifásicas do tipo 3 vibra a temperatura ambiente, denotando que o aprisionamento das inclusões tipo 3 ocorreu a partir de fluidos de baixa temperatura. Esta evidência somada à alteração dos sulfetos por óxidos e hidróxidos de ferro sugerem que o minério foi remobilizado por soluções meteóricas.

A salinidade, temperatura de homogeneização e a composição das inclusões aquosas (Tipo 2) e aquo-carbônicas (Tipo 1) encontradas nos veios do depósito Pau-a-Pique são similares àquelas registradas nos fluidos metamórficos relacionados com os modelos de ouro mesotermal (Phillips & Groves 1983). Em conjunto, os dados obtidos neste estudo permitem concluir que:

1. o ouro nativo ocorre associado com pirita, prata nativa, calcopirita, pirrotita e galena. Óxidos e hidróxidos de ferro ocorrem ora alterando os sulfetos, ora recobrindo o quartzo dos veios como uma fina película. As imagens de MEV combinadas com os resultados de EDS indicam que a precipitação do ouro nativo nas fraturas da pirita ocorreu nos estágios intermediário e tardio de mineralização.
2. As estimativas geotermométricas da formação da clorita (ripidolita) hidrotermal são da mesma ordem de grandeza da temperatura de homogeneização total das inclusões aquo-carbônicas (Tipo 1) aprisionadas no quartzo dos veios estudados. Esta congruência de valores indica que a cloritização do anfibólito-biotita-clorita milonito ocorreu no estágio de mineralização precoce.
3. A gênese do depósito Pau-a-Pique pode ser atribuída a percolação de fluidos metamórficos seguidos pela remobilização promovida por fluidos meteóricos, como demonstram os dados de microtermometria das inclusões aquo-carbônicas (Tipo 1) e aquosas (Tipo 2), combinados com a

Tabela 4 - Composição média da clorita no depósito Pau-a-Pique. Valores de Na₂O não foram detectados por microssonda eletrônica. Em cada grão foram analisados de 1 a 3 pontos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	26,44	25,63	26,28	26,34	26,24	25,98	25,77	25,60	25,99
TiO ₂	0,01	0,07	nd	nd	0,08	0,04	0,05	nd	0,18
Al ₂ O ₃	19,93	21,36	20,23	20,36	20,44	20,45	21,44	20,95	20,66
Cr ₂ O ₃	0,06	nd	nd	nd	nd	0,01	0,02	0,03	nd
FeO	22,52	22,06	21,45	21,63	21,94	21,88	21,12	21,48	22,28
MnO	0,21	0,17	0,18	0,21	0,21	0,19	0,25	0,22	0,24
MgO	18,28	18,19	18,37	17,97	17,41	18,06	18,31	17,82	17,98
CaO	nd	0,01	0,01	0,03	0,04	nd	0,01	0,05	0,02
Na ₂ O	nd								
K ₂ O	nd								
H ₂ O	11,52	11,55	11,46	11,46	11,42	11,44	11,54	11,40	11,52
Total	99,03	99,11	98,03	98,04	97,84	98,08	98,56	97,59	98,95

Cátions com base em 28 oxigênios

Si	5,50	5,32	5,49	5,51	5,51	5,44	5,32	5,35	5,38
Ti	nd	0,01	nd	nd	0,01	nd	0,01	nd	nd
Al	4,89	5,22	4,98	5,02	5,06	5,05	5,22	5,24	5,19
Cr	0,01	nd							
Fe	3,92	3,83	3,75	3,78	3,85	3,83	3,83	3,66	3,77
Mn	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Mg	5,67	5,62	5,72	5,60	5,45	5,64	5,62	5,67	5,59
Ca	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	0,01
Na	nd								
K	nd								
(OH)	15,98	15,97	16,03	16,06	16,08	16,01	15,97	16,04	16,02

existência de inclusões monofásicas e bifásicas aquosas (Tipo 3) nos veios estudados.

Agradecimentos - Os autores externam sua gratidão ao Geól. Msc. Carlos José Fernandes e ao bolsista Elison Carmo da Costa (DRM/ICT/UFMT) pelo acompanhamento nos trabalhos de campo. Também agradecem ao Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica – CPGq (Instituto de Geociências, UFRGS) pelo acesso aos laboratórios de microssonda eletrônica, inclusões fluidas e difração de raios X, assim como ao Centro de Microscopia Eletrônica (UFRGS) pelas análises de MEV e EDS. O primeiro autor também agradece o apoio do CNPq, sob a forma de bolsa de mestrado. Os dados químicos e microtermométricos foram financiados pelos projetos PRONEX-FAURGS-FINEP (processo 7697/006-00) e PADCT 03-GTM-01/97-02/02-7-FINEP (processo 88.98.0344-00).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barboza, E. S. 2001. **Geoquímica e microtermometria dos fluidos mineralizantes do depósito Pau-a-Pique, sudoeste do Estado de Mato Grosso**. Porto Alegre. 149 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Barboza, E. S.; Pulz, G. M.; Ronchi, L. H.; Pinho, E. F.; Quadros, A. P. 2000. Estudo preliminar das inclusões fluidas nos veios de quartzo do depósito aurífero Pau-a-Pique, sudoeste do estado de Mato Grosso. In: CONGRESO DE MINERALOGIA Y METALOGENIA, 5., (V MIN – MET), 2000, La Plata. Anais... La Plata. Schalamuck, I.; Brodkorb, M. K.; Etcheverry, R.O. (eds.), INREMI, Universidad Nacional de La Plata Publicación 6, p. 40-46.
- Barton, P. B. Jr. 1970. Sulfide Petrology. Mineralogical Society of America Special Paper, 3: 187-198.
- Bowers, T. S. & Helgeson, H. C. 1983. Calculation of thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system H₂O-CO₂-NaCl on phase relations in geologic systems: Equation of state for H₂O-CO₂-NaCl fluids at high pressures and temperatures. Geochimica et Cosmochimica Acta, 47: 1247-1275.

Tabela 5 - Estimativas geotermométricas da clorita, que ocorre no halo hidrotermal do depósito Pau-a-Pique, calculadas conforme a proposta de Kranidiotis & MacLean (1987).

Grão	^{IV} Al (at %)	Temperatura (°C)
1	2,50	319 e 252
2	2,68	332 e 272
3	2,51	313 e 254
4	2,49	311 e 252
5	2,49	312 e 251
6	2,56	319 e 259
7	2,68	332 e 272
8	2,65	328 e 269
9	2,62	325 e 265

- Brown, P. E. & Hagemann, S. G. 1994. MacFlinCor: a computer program for fluid inclusion data reduction and manipulation. In: *Fluid inclusions in minerals: methods and applications*. De Vivo, B. & Frezzotti, M.L. (eds.). Virginia Tech, Blacksburg. p. 231-250.
- Cathelineau, M. 1988. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals*, **23**: 471-485.
- Cathelineau, M. & Nieva, D. 1985. A chlorite solid solution geothermometer the Los Azufres (México) geothermal system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **91**: 235-244.
- Collins, P. L. F. 1979. Gas hydrates in CO₂-bearing fluid inclusions and the use of freezing data for estimation of salinity. *Economic Geology*, **74**: 1435-1444.
- Costa Neto, M. C. 1998. *Estudo da interação fluido-rocha nos depósitos da Lavrinha, Distrito Aurífero de Pontes e Lacerda-MT*. São Paulo, 115 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de Campinas.
- Dowling, K. & Morrison, G. 1989. Application of quartz textures to the classification of gold deposits using North Queensland examples. *Economic Geology Monograph*, **6**: 342-355.
- Fernandes, C. J.; Pulz, G. M.; Pinho, F. E.; Quadros, A. P.; Oliveira, A. S.; Santos, A. F. 1998. Zona de Cisalhamento Corredor e sua relação com o depósito aurífero Pau-a-Pique, Sudoeste do Estado de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 165.
- Fernandes, C. J. 1999. *Geologia do depósito Pau-a-Pique e guias prospectivos para ouro no Grupo Aguapeí, sudeste do Estado de Mato Grosso*. Porto Alegre, 134 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Fernandes, C. J.; Pulz, G. M.; Oliveira, A. S.; Lima e Cunha, M. C.; Barboza, E. S.; Pinho, F. E.; Quadros, A. P. 1999. Diferenças químicas e texturais entre os veios de quartzo férteis e estéreis no depósito aurífero Pau-a-Pique (Grupo Aguapeí, Estado de Mato Grosso). *Pesquisas*, **26**(2): 91-101.
- Geraldes, M. C. 2000. *Geoquímica e geocronologia do plutonismo granítico Mesoproterozóico do SW do Estado de Mato Grosso (SW do Cráton Amazônico)*. São Paulo. 193 p. Tese de Doutoramento, Universidade de São Paulo.
- Geraldes, M. C. 1996. Estudos geoquímicos e isotópicos das mineralizações auríferas e rochas associadas da região de Pontes e Lacerda (MT). Campinas, 104 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade de Campinas.
- Geraldes, M. C.; Figueiredo, B. R.; Tassinari, C. C. G.; Ebert, H. D. 1997. Middle Proterozoic Vein-Hosted Gold Deposits in the Pontes e Lacerda Region, Southwestern Amazonian Craton, Brazil. *International Geology Review*, **39**: 438-448.
- Goldstein, R. G. & Reynolds, T. J. 1994. *Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals*. SEPM Short Course 31. Society for Sedimentary Geology. Tulsa, USA, 199 p.
- Hey, M. H. 1954. A new review of the chlorites. *Mineralogy Magazine*, **30**: 277-292.
- Kranidiotis, P. & Maclean, W. H. 1987. Systematics of chlorite alteration at the Dhelphs Dodge Massive Sulfide Deposit, Matagami, Quebec. *Economic Geology*, **82**: 1898-1911.
- Kretz, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist*, **68**: 277-279.
- Menezes, R. G.; Silva, P. C. S.; Silva, L. C.; Takzhashi, A. T.; Lopes Jr., I.; Bezerra, J. R. L. 1993. *Pontes e Lacerda – Folha SD-21-Y-C-II*. DNPM/CPRM, Brasília, 131 p. (Programa de Levantamento Geológico Básico do Brasil).
- Mukaiyama, H. & Izawa, E. 1970. Phase relations in the Cu-Fe-S System: the copper-deficient part. In: *Volcanism and ore genesis*, Tatsuo Tatsumi (ed.), University of Tokio, p. 339-355.
- Phillips, G. N. & Groves, D. I. 1983. The nature of Archean gold-bearing fluids as deduced from gold deposits of Western Australia. *Journal of the Geological Society of Australia*, **30**: 25-39.
- Pinho, F. E. 1999. *Gênese das mineralizações auríferas do Grupo Aguapeí na fronteira Brasil-Bolívia*. PADCT 03 – GTM – 01/97-02/02-7 e FINEP 88.98.0344-00 (relatório inédito).
- Ramsay, J. G.; Huber, M. I. 1983. *The Techniques of Modern Structural Geology*: Strain Analysis. Academic Press Inc., London, v. 1, 308p.
- Ramsay, J. G.; Huber, M. I. 1987. *The Techniques of Modern Structural Geology*: Fold and Fractures. Academic Press Inc., London, v. 1, 391p.
- Roberts, R. G. 1988. Archean lode gold deposits. In: Roberts, R. G. & Sheahan, P. A. (eds). *Ore deposit models*. 3rd ed., Geologic Association of Canada, Ontario. p. 1-19.
- Roedder, E. 1979. Fluid inclusions as samples of ore fluids. In: Barnes, H. L. (ed.), *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. 2nd ed., New York, John Wiley & Sons, p. 684-737.
- Saes, G. S. 1999. *Evolução tectônica e paleogeográfica do aulacôgeno Aguapeí (1,2-1,0 Ga) e dos terrenos do seu embasamento na porção sul do Cráton Amazônico*. São Paulo. 135 p. Tese de Doutoramento, Universidade de São Paulo.
- Saes, G. S. & Fragoso Cesar, A. R. S. 1994. The Aguapeí Basin (Southwest Amazonia): a Greenville age aulacogen of the Sunsa Orogen. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário de Camboriú. Anais... Balneário de Camboriú, SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA, v. 1, p. 207-209.
- Saes, G. S.; Pinho, F. E. C.; Leite, J. A. D. 1991. Coberturas metasedimentares do Proterozoico Médio no sul do Cráton Amazônico e suas mineralizações auríferas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 3., Cuiabá. Anais... Cuiabá, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 37-46.
- Santos, J. O. S. 1999. New understanding of the Amazon Craton gold provinces. In: *New developments in economic geology*. Centre for Teaching in Strategic Mineral Deposits. The University of Western Australia. Perth, 1999, Unpub. Report, 10 p.
- Shepherd, T. J.; Rankin, A. H. & Alderton, D. H. M. 1985. *A practical guide to fluid inclusion studies*. Glasgow, Blackie & Son. 239 p.
- Silva, J. J. F.; Chemale Jr., F.; Pulz, G. M. 1997. Caracterização do minério aurífero da mina São Vicente, oeste de Mato Grosso, Brasil. In: *Caracterização de minérios e rejeitos de depósitos minerais brasileiros*, Departamento Nacional de Produção Mineral/ DIREX-PADCT/GTM, Brasília, 1997. p. 38.
- Souza, E. P. & Hildred, P. R. 1980. Contribuição ao Estudo da Geologia do Grupo Aguapeí, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Balneário de Camboriú, 1980. Anais... Balneário de Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, p. 813-825.
- Tassinari, C. C. G. & Macambira, M. J. B., 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton, *Episodes Journal of International Geoscience*, **22**(3): 174-182.
- Zang, W. & Fyfe, W.S. 1995. Chloritization of the hydrothermally altered bedrock at the Igarapé Bahia gold deposit, Carajás, Brazil. *Minerallium Deposita*, **30**: 30-38.