

# *Pesquisas em Geociências*

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

---

**Diferenças Químicas e Texturais entre os Veios de Quartzo Fértéis e Estéreis no Depósito Aurífero Pau-a-Pique (Grupo Aguapeí, Estado de Mato Grosso)**  
*Carlos José Fernandes, Gênova Maria Pulz, Alessandro Silva Oliveira, Maria do Carmo Lima e Cunha, Elzio Silva Barboza, Francisco Egidio Pinho, Álvaro Pizzato Quadros*  
*Pesquisas em Geociências*, 26 (2): 91-101, jan./abr., 2000.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21128>

---

Publicado por

**Instituto de Geociências**

---



**Portal de Periódicos**  
**UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

## **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto: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 - jan./abr., 2000.

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

## Diferenças Químicas e Texturais entre os Veios de Quartzo Férteis e Estéreis no Depósito Aurífero Pau-a-Pique (Grupo Aguapeí, Estado de Mato Grosso)

CARLOS JOSÉ FERNANDES<sup>1</sup>; GÊNNOVA MARIA PULZ<sup>2</sup>; ALESSANDRO SILVA OLIVEIRA<sup>2</sup>; MARIA DO CARMO LIMA E CUNHA<sup>2</sup>; ELZIO SILVA BARBOZA<sup>3</sup>; FRANCISCO EGIDIO PINHO<sup>1</sup> & ÁLVARO PIZZATO QUADROS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geologia Geral e Recursos Minerais, Universidade Federal do Mato Grosso, CEP 78060-900

<sup>2</sup> Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, CEP 91509-900

<sup>3</sup> Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, CEP 91509-900

(Recebido em 08/99. Aceito para publicação em 04/2000)

**Abstract** - The quartz veins in the Pau-a-Pique gold deposit hosted in Aguapeí Group metasediments have textural, paragenetic and chemical characteristics that provide prospectives criteria for gold. Gold disseminations occur in the quartz vein systems and in the hydrothermal halo. The highest gold grades are within quartz veins that have comb, saccaroidal and replacement textures. The barren veins show ribbon and buck textures. Both fertile and barren veins exhibit a lack of correlation between gold grades and of the other elements (As, Fe, Sc and Ta). This behavior indicates that gold grades might be adequate chemical criteria for distinction between barren and the fertile veins. Gold grains appear associated to martite and oxihydroxides pseudomorphs that replace the ore minerals in veins. The mineral assemblage and textures of the quartz veins, suggest a gold remobilization due to Eh-pH fluctuations related to interaction between the ore and the meteoric solutions.

**Key words** - gold vein, quartz texture, chemical weathering, Grupo Aguapeí, auriferous conglomerate.

### INTRODUÇÃO

A região de Vila Bela da Santíssima Trindade, situada na porção sudoeste do Cráton Amazônico, contém importantes anomalias de Au nos metassedimentos do Grupo Aguapeí. Ela é a quarta colocada no *rank* das maiores reservas medidas de ouro no Brasil, com mais de 33.000.000 t de minério e teor médio de 0.41 ppm de Au (Anuário Mineral 1997). Apesar de significativos, esses dados são estimativas parciais do potencial aurífero dessas rochas, uma vez que se referem apenas à cubagem realizada pela Mineração Santa Elina, sem considerar as ocorrências lavradas por garimpeiros. Dentre estas, destaca-se o depósito Pau-a-Pique, que é explorado a céu aberto, em escavações rudimentares feitas na encosta da serra homônima. O ouro ocorre disseminado nos veios de quartzo e nas rochas hidrotermalizadas. Tanto os veios como o seu halo hidrotermal apresentam forte mergulho e, por vezes, estão brechados, fraturados e/ou boudinados.

Neste estudo são descritas as texturas, paragéneses e características químicas dos veios de quartzo no depósito Pau-a-Pique. A integração destes dados visa auxiliar na definição de critérios prospectivos para ouro nos metassedimentos do Grupo Aguapeí.

### MÉTODO ANALÍTICO

Durante o mapeamento geológico da Serra do Pau-a-Pique foram coletadas amostras de sessenta e quatro veios de quartzo, via o emprego da técnica de lascas (*chip sample*). Na tabela 1 são apresentados os teores de Au, As, Ba, Cr, Fe, Mo, Rb, Sc e Ta determinados por espectrometria de plasma (ICP-MS), em cerca de 5g de material pulverizado de cada veio. Os demais elementos analisados (Ag, Ca, Cs, Hf, Hg, Ir, Na, Ni, Sb, Se, Sn, Sr, Th, U e Zn) por apresentarem valores próximos ou abaixo do limite de detecção não são aqui discutidos. Todas as amostras foram processadas no *Activation Laboratory Ltd* (Canadá).

### GEOLOGIA REGIONAL

O depósito Pau-a-Pique na porção sudoeste do Estado do Mato Grosso, a cerca de 410 km de Cuiabá, via BR-070 e BR-174. Situa-se a 100 km ao sul de Vila Bela da Santíssima Trindade e a 35 km a noroeste da Vila Cardoso, a partir do município de Porto Esperidião (Fig. 1).

A Serra do Pau-a-Pique é constituída pelos metassedimentos proterozóicos (1.28 - 0.95 Ga, *cf.* Litherland *et al.* 1989) do Grupo Aguapeí, os quais

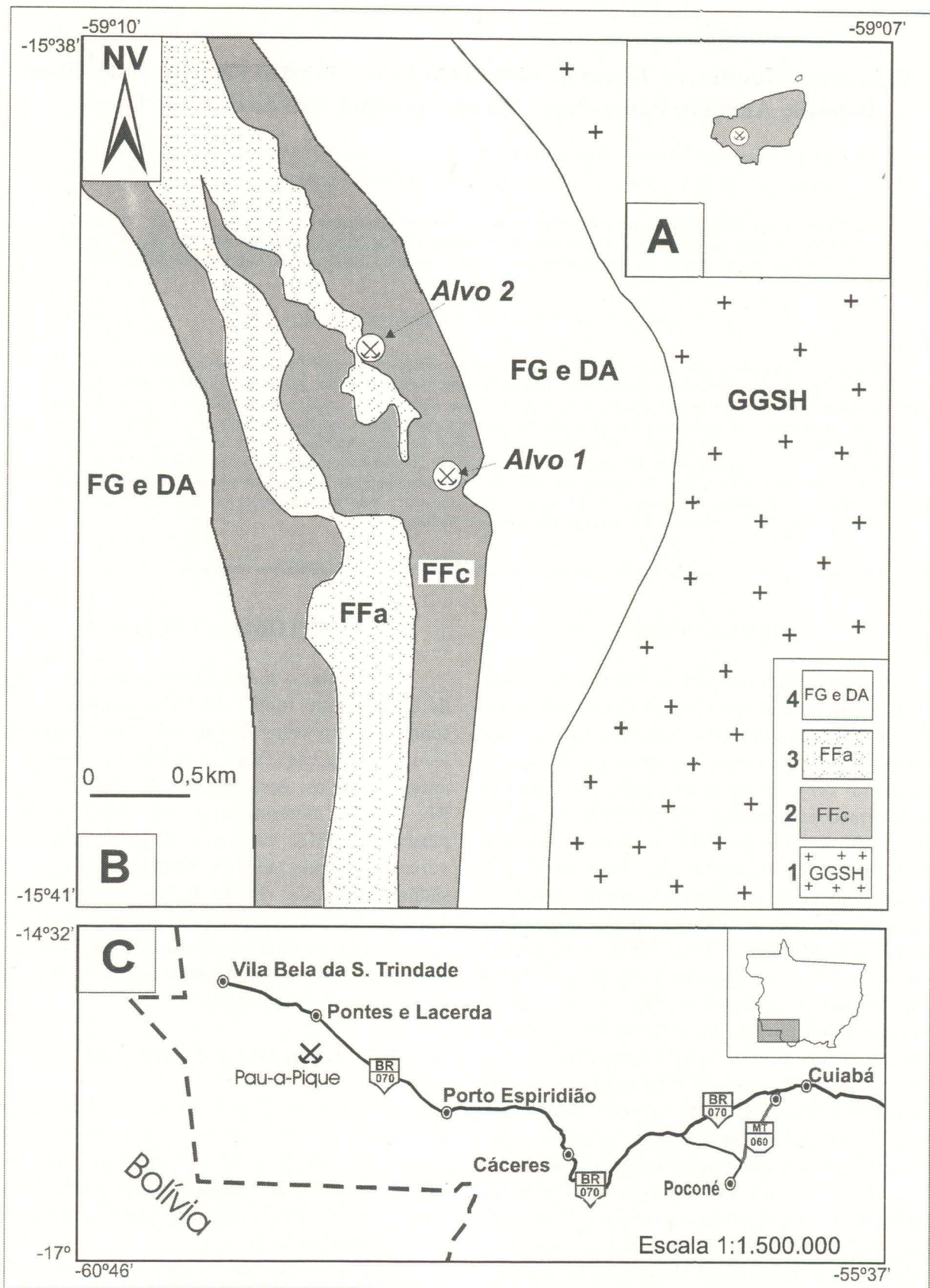


Figura 1 - Depósito Pau-a-Pique. A) Localização da área do Cráton Amazônico. B) Esboço da geologia local, destacando as principais frentes de lava (Alvos 1 e 2). C) Vias de acesso à área de estudo. [Legendas: 1. granito-gnaissé Santa Helena (GGSH); 2. Metaconglomerados da Formação Fortuna (FFc); 3. metarenito da Formação Fortuna (FFa); 4. Formação Guaporé (FG) e depósitos aluviais (DA) ].

Tabela 1 - Dados composicionais dos veios de quartzo no depósito Pau-a-Pique. Teores de Au, As, Ba, Cr, Fe, Mo, Rb, Sc e Ta.

Amostra	Au ppb	As ppm	Ba ppm	Cr ppm	Fe %	Mo ppm	Rb ppm	Sc ppm	Ta ppm
CAVA	<2	<0.5	<50	<5	0.05	7	<15	<0.1	0.9
QZ CAVA	<2	<0.5	<50	<5	0.08	8	<15	0.1	1.3
MS 01(A)	127	<0.5	<50	10	0.10	<2	<15	0.1	1.1
MS CAVA2	200	<0.5	<50	<5	0.03	<1	<15	0.1	<0.5
MS 02	<2	<0.5	<50	7	<0.01	13	<15	0.2	2.0
CAVAMENOR2	1240	1.0	<50	<5	0.32	<1	<15	0.3	0.9
MS 5A	<2	0.8	120	<5	0.06	<1	<15	0.1	0.9
MS 13A	<2	1.4	<50	11	0.06	<1	<15	<0.1	1.2
MS 16A	<2	<0.5	<50	<5	0.04	<1	<15	0.1	1.0
MS 17A	3	1.7	<50	<5	0.07	<1	<15	<0.1	0.9
MS 18A	<2	2.1	<50	<5	0.07	<1	<15	0.1	0.9
MS 19A	<2	1.6	<50	<5	0.05	<1	<15	<0.1	1.0
MS 20A	<2	0.6	<50	<5	0.08	<1	<15	0.3	1.2
MS 21A	<2	1.6	<50	<5	0.06	<1	<15	0.3	1.7
MS 32A (10)	<2	2.0	320	<5	0.57	<1	16	0.8	<0.5
MS 32A (9)	<2	0.9	<50	<5	0.08	<1	<15	0.2	<0.5
MS 23A	4	<0.5	<50	<5	0.06	<1	<15	0.1	1.0
MS 32A (8)	6	1.0	410	<5	0.22	<1	<15	0.5	1.0
MS 32A (7)	<2	1.5	<50	7	0.09	9	<15	0.2	0.7
MS 32A (6)	<2	<0.5	360	<5	0.13	<3	<15	0.2	1.9
MS 32A (3)	11	<0.5	<50	<5	<0.01	<1	<15	0.2	0.9
MS 32A (2)	25	<0.5	<50	<5	0.22	<1	<15	0.4	<0.5
MS 35A (4)	6	1.6	<50	<5	0.05	<1	<15	0.1	0.6
MS 35A (3)	17	1.8	<50	<5	0.09	<1	<15	0.2	1.4
MS 35A (2)	13	<0.5	<50	8	0.09	<1	<15	0.3	1.4
MS 35A (1)	17	<0.5	<50	<5	0.08	<1	<15	0.3	1.1
MS 36A	<2	1.6	210	8	0.13	<1	<15	0.3	1.0
MS 37A	<2	1.7	<50	<5	0.27	<1	<15	0.2	0.8
MS 40A	<2	1.0	<50	6	0.17	<1	<15	0.1	0.9
MS 44A	5	<0.5	<50	<5	0.05	<1	<15	<0.1	1.2
MS 45A	<2	2.2	<50	<5	0.14	6	18	0.4	1.6
MS 47A	<2	2.0	<50	<5	0.07	<1	<15	<0.1	1.2
MS 49A (2)	9	0.9	<50	6	0.05	<1	<15	<0.1	1.2
MS 49A (1)	<2	<0.5	<50	<5	0.06	<1	<15	<0.1	0.7
MS 50A	<2	1.4	<50	<5	0.05	<1	<15	0.1	<0.5
MS 51A	<2	1.6	<50	<5	0.04	<1	20	0.2	1.4
MS 52A	<2	1.5	<50	<5	0.08	<1	<15	0.1	1.7
MS 56A	<2	<0.5	<50	<5	0.03	<1	<15	<0.1	<0.5
MS 58A	8	1.3	<50	<5	0.05	<1	<15	0.1	1.1
MS 66A	<2	0.8	98	<5	0.03	<1	17	<0.1	1.2
MS 70	<2	1.0	<50	<5	0.01	<1	<15	<0.1	1.0
MS 99A (2)	<2	1.2	<50	<5	0.07	<1	<15	0.2	1.3
MS 99A (1)	<2	<0.5	<50	<5	0.37	5	<15	0.1	1.0
MS 101A	<2	<0.5	<50	6	0.05	<1	<15	0.1	0.9
MS 105A	<2	2.5	<50	6	0.05	5	<15	0.1	0.7
MS 110A (4)	6	2.5	<50	8	0.1	<1	<15	0.3	1
MS 106A	<2	<0.5	<50	6	0.07	<1	<15	0.2	0.7
MS 106	5	1.6	1000	100	7.75	<1	350	23	3.4
MS 110A (2)	<2	3.4	<50	7	0.14	<1	<15	0.5	0.6
MS 110A (1)	<2	1.9	<50	<5	0.06	<1	<15	0.2	1.3
MS 110E	<2	1.5	330	12	1.08	<1	92	2.6	0.8
MS 113A	20	1.5	<50	<5	0.17	<1	<15	0.2	0.7
MS 116A(2)	<2	<0.5	<50	<5	0.05	<1	<15	<0.1	1.2
MS 114	<2	2.0	<50	<5	0.03	<1	<15	0.1	0.6
MS 116A	<2	<0.5	<50	<5	0.04	<1	<15	<0.1	1.5
MS 116	4	2.5	1000	120	9.04	<2	400	29	<0.5
MS 121A	<2	1.2	<50	<5	0.04	<2	<15	0.1	1.1
MS 122A	<2	<0.5	<50	<5	0.07	9	<15	0.3	1.3
MS 126A (3)	<2	<0.5	<50	<5	<0.01	8	<15	0.1	1.3
MS 123A	6	27	<50	56	12	7	<15	6.6	1.1
MS 126A (2)	<2	<0.5	430	<5	0.13	<2	<15	0.2	1.7
MS 126A (1)	<2	2.7	54	<5	0.05	<2	<15	0.2	1.1
MS 125	<2	<0.5	<50	6	0.06	<1	<15	0.2	0.9
MS 127A	<2	<0.5	<50	<5	0.08	<1	<15	0.1	1.8
Limite de Detecção	2	0.5	50	5	0.01	1	15	0.1	0.5

estão estruturados segundo uma faixa NNW-SSE, desde o Mato Grosso até a Bolívia. Segundo Saes & Fragoso César (1994) a bacia do Aguapeí evoluiu num ambiente de aulacógeno intracontinental, instalado na porção sul do Cráton Amazônico no final do Mesoproterozóico. Na base da seqüência sedimentar ocorrem metaconglomerados oligomíticos com intercalações de metarenitos ortoquartzíticos, agrupados sob a denominação de Formação Fortuna. Esta unidade é sobreposta por metassiltitos, ardósias, filitos e metarenitos finos que correspondem à Formação Vale da Promissão. No topo do Grupo Aguapeí afloram metaconglomerados oligomíticos e metarenitos finos da Formação Morro Cristalino (Souza & Hildred 1980). O fechamento da bacia, durante a Orogênese Sunsás, propiciou o cavalgamento do Grupo Aguapeí sobre seu embasamento.

O embasamento do aulacógeno Aguapeí é formado por cinco terrenos (Jauru, Santa Helena, Rio Alegre, Paragua e San Pablo) aglutinados e com movimentação segundo oeste-leste (Saes 1999). Na área do depósito Pau-a-Pique aflora apenas os metassedimentos da Formação Fortuna, os quais cavalgam o terreno granítico-gnáissico Santa Helena (Fernandes 1999).

Segundo Menezes *et al.* (1993), as idades Rb-Sr registradas para o Granito Gnaiss Santa Helena fornecem valores de  $1308 \pm 13$  Ma. Estes dados radiométricos foram confirmados por Geraldtes (1996) que obteve valores semelhantes ( $1318 \pm 40$  Ma), via o emprego do mesmo método radiométrico. A norte do depósito Pau-a-Pique, próximo à divisa dos estados de Mato Grosso e Rondônia, Rizzoto *et al.* (1996) identificaram granitos intraplacas e charnoquitos relacionados com um importante evento magmático entre 1560 e 1570 Ma, conforme estimativas U-Pb.

Por outro lado, o evento aurífero no Grupo Aguapeí foi investigado por Geraldtes *et al.* (1997), via método K-Ar em mica branca e Pb-Pb em galena de algumas ocorrências de ouro alojadas no Grupo Aguapeí. Seus resultados indicaram o intervalo de  $964 \pm 42$  Ma a  $918 \pm 10$  Ma para o evento aurífero. Especificamente no depósito Pau-a-Pique, Geraldtes *et al.* (*op. cit.*) obtiveram estimativas K-Ar de  $936 \pm 10$  Ma, que foram interpretadas como sendo a idade da mineralização. Portanto, os dados geocronológicos, existentes até o momento, sugerem uma relação entre a Orogênese Sunsás e a percolação de fluidos mineralizantes.

## GEOLOGIA LOCAL

Na área do depósito estudado, além do Grupo Aguapeí, ocorrem variedades de filonitos como o anfibólio-biotita-clorita milonito, correlacionados por Fernandes (1999) com o Tonalito Alvorada (Pinho 1990). O ouro nativo aparece disseminado nos veios de quartzo e nos filonitos hidrotermalizados, tanto do Grupo Aguapeí, como do anfibólio-biotita-clorita milonito (Fig. 2). A interação destas rochas com fluidos hidrotermais resultou na formação de níveis ricos em turmalina, mica branca, epidoto e sulfetos.

O ouro nativo está associado com hematita, magnetita, ilmenita, pirita, arsenopirita, calcopirita e pirrotita. A pirita e os óxidos ocorrem tanto nos filonitos dos metaconglomerados, como nos veios de quartzo e no anfibólio-biotita-clorita milonito. Os demais sulfetos foram observados apenas no anfibólio-biotita-clorita milonito.

A pirita é o sulfeto predominante nos veios de quartzo. Em geral, é observada sob a forma de relictos de porfiroblastos intemperizados (Figs. 3a e 4a), euédricos a subédricos, de até 3 cm de diâmetro. Não raro, aparece disseminada nos filonitos ou concentrada nos estilólitos que seccionam o quartzo. Alguns grãos deste sulfeto são poiquiloblásticos com inclusões de quartzo, epidoto, mica branca, monazita, hematita e ilmenita. Por vezes, a pirita apresenta textura granoblástica, auréolas de sobrecrecimento, fraturas e sombras de pressão preenchidas por clorita, quartzo e biotita.

Grãos euédricos a anédricos de calcopirita mostram inclusões da matriz do anfibólio-biotita-clorita milonito e, geralmente, aparecem como relictos arredondados com bordas de corrosão no interior da hematita. A pirrotita forma grãos anédricos a subédricos, associados à calcopirita, ou nos interstícios do quartzo. Grãos subédricos de arsenopirita, disseminados na rocha, mostram suas bordas corroídas por uma película amorfa de oxidação.

A hematita é o óxido predominante sob a forma de grãos euédricos a anédricos. Este mineral ocorre como produto de substituição dos sulfetos ou em intercrecimento com a magnetita, num arranjo mirmequítico, segundo a nomenclatura de Ramdhor (1980) e Augustithis (1995). Também é observada ao longo dos planos (111) da magnetita (Fig. 3b), dando origem a martita, conforme conceituação de Craig & Vaughan (1981).

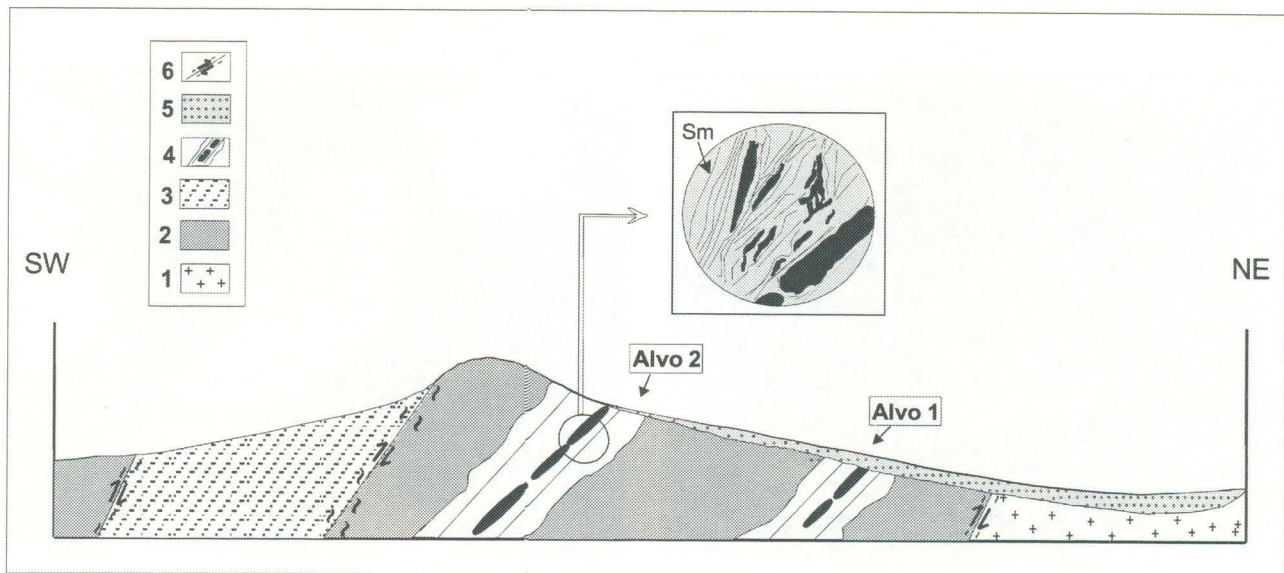


Figura 2 - Perfil geológico da Serra do Pau-a-Pique mostrando as frentes de lava alojadas na área de estudo. No detalhe ilustra-se a trama dos veios no halo de alteração. [Legendas: 1- granito-gnaiss Santa Helena; 2- metaconglomerado; 3- metarenito; 4- halo hidrotermal; 5- solo; 6- zona de cisalhamento; Sm - foliação milonítica].

Grãos euédricos a anédricos de magnetita aparecem disseminados nos filonitos ou adjacentes aos estilolitos. Alteram-se para martita, ilmenita e hematita.

O ouro nativo apresenta-se como pequenos grãos anédricos, inferiores a 0,1 mm de diâmetro. Este mineral ocorre como disseminações intersticiais ao quartzo dos veios, em fraturas na pirita e, por vezes, associado a martita nos filonitos do Grupo Aguapeí.

### CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS DOS VEIOS DE QUARTZO

No depósito Pau-a-Pique, ocorrem veios e vênulas de quartzo alongados segundo N20-40°W, com mergulhos da ordem de 60-70° para sudoeste. Estas estruturas estão condicionadas pela Zona de Cisalhamento Corredor, de natureza rúptil-dúctil (Fernandes 1999), que secciona o Grupo Aguapeí.

Os veios de quartzo são descontínuos, com formas de tablete de chocolate (Ramsay 1967), contituídos por *boudins* assimétricos de dimensões centimétricas a métricas. Internamente eles exibem tanto estilolitos como fragmentos de minerais (sulfetos, óxidos, micas e turmalina) do halo hidrotermal adjacente. Os estilolitos que seccionam o quartzo são abundantes em alguns veios, sugerindo que a atuação de mecanismos de solução por pressão pode ter contribuído para a remobilização interna do Au (Gilligan & Marshall 1987). Em afloramento, os fragmentos da encaixante aprisionados nos veios podem aparecer intemperizados para a caolinita.

De um veio para o outro e, por vezes, no mesmo veio, o quartzo apresenta diferenças quanto à forma, tamanho e orientação preferencial de seus grãos. Além disso, mostra diferenças quanto a natureza e intensidade de sua deformação e recristalização. Pela classificação de Dowling & Morrison (1989), tais diferenças permitem identificar veios com textura *comb*, *sacaroidal*, *ribbon*, *substituição* e *buck* (Fig. 4).

Veios com textura *comb* são reconhecidos no campo pela ocorrência de cavidades, ora abertas, ora parcialmente preenchidas por drusas de quartzo incolor. As drusas, por vezes, se mostram recobertas por películas de hematita (Fig. 4b). Este tipo textural de quartzo, em geral, aparece em veios com até 1 m de espessura. Em lâmina delgada, o quartzo (<4 mm de comprimento) apresenta granulação periférica e extinção ondulante. Seus contatos são realçados por estilolitos delineados por mica branca (<0.2 mm de comprimento) e/ou por minerais opacos alongados segundo o eixo de deformação X. Agulhas de turmalina preta também ocorrem junto aos estilolitos (Fig. 3c) ou inclusas no quartzo.

Veios com textura de substituição são facilmente identificados pela presença de *boxworks* (conforme conceituação de Craig & Vaughan 1981) no quartzo maciço acinzentado. Os *boxworks* são cúbicos e em tons ocre, provavelmente resultantes da alteração intempérica da pirita (Fig. 4c). Este tipo textural aparece em veios que variam de 10 a 30 cm de espessura. O quartzo

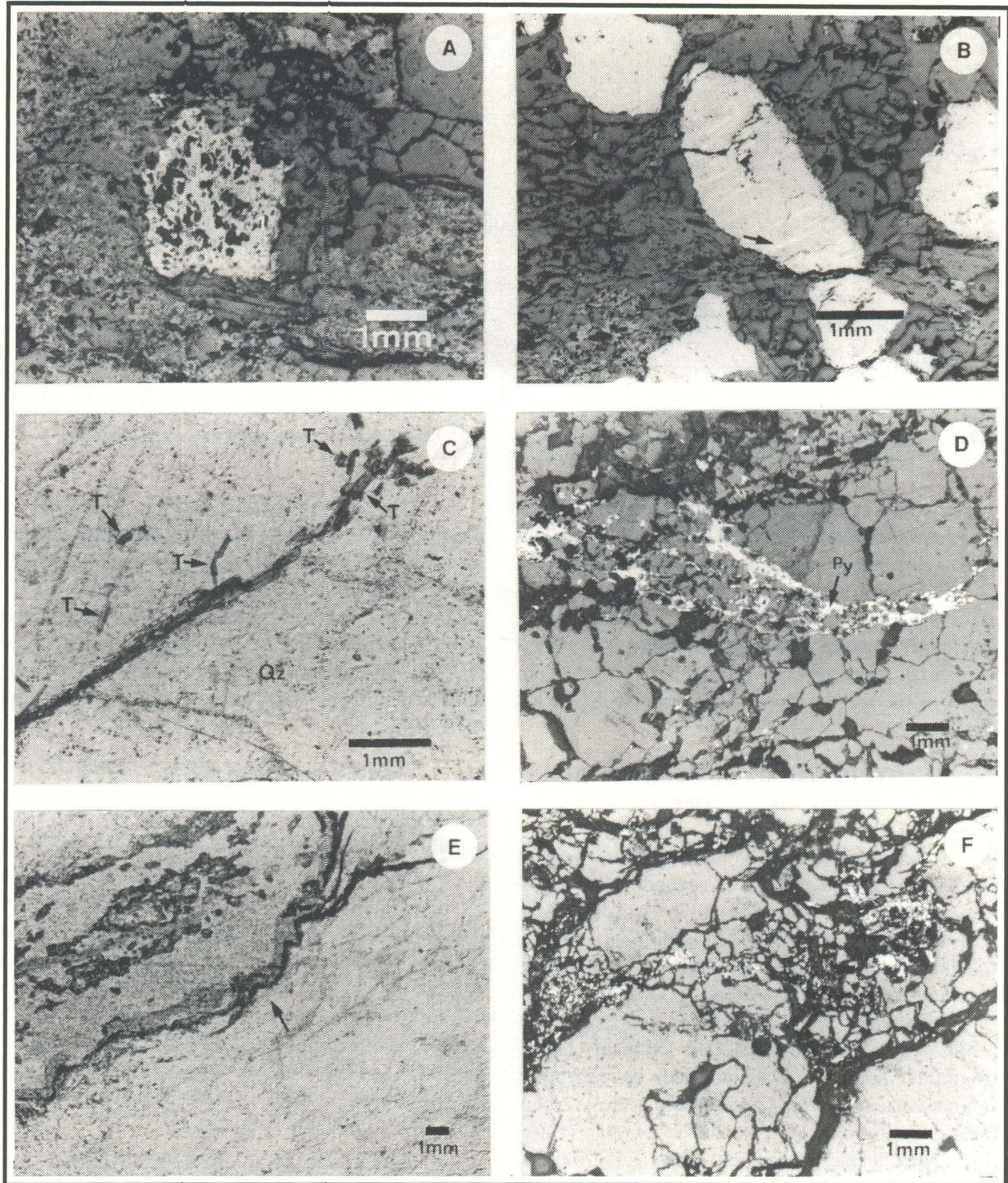


Figura 3 - Fotomicrografias dos minerais opacos no depósito Pau-a-Pique. A) imagem de seção polida mostrando um porfiroblasto de pirita com abundantes cavidades de dissolução. B) grãos de magnetita com intercrescimentos de hematita ao longo dos planos (111) conforme destacado pela seta. C) cristais de turmalina (T) adjacentes a um plano de estilolito que secciona o quartzo (Qz) em um veio do tipo *comb*. D) disseminações de pirita intersticiais ao quartzo e preenchendo fraturas que interceptam o veio. E) veio de quartzo seccionado por estilolitos (*ver seta*) realçados por películas de minerais opacos de granulometria fina. F) quartzo com granulação periférica em veio sacaroidal.

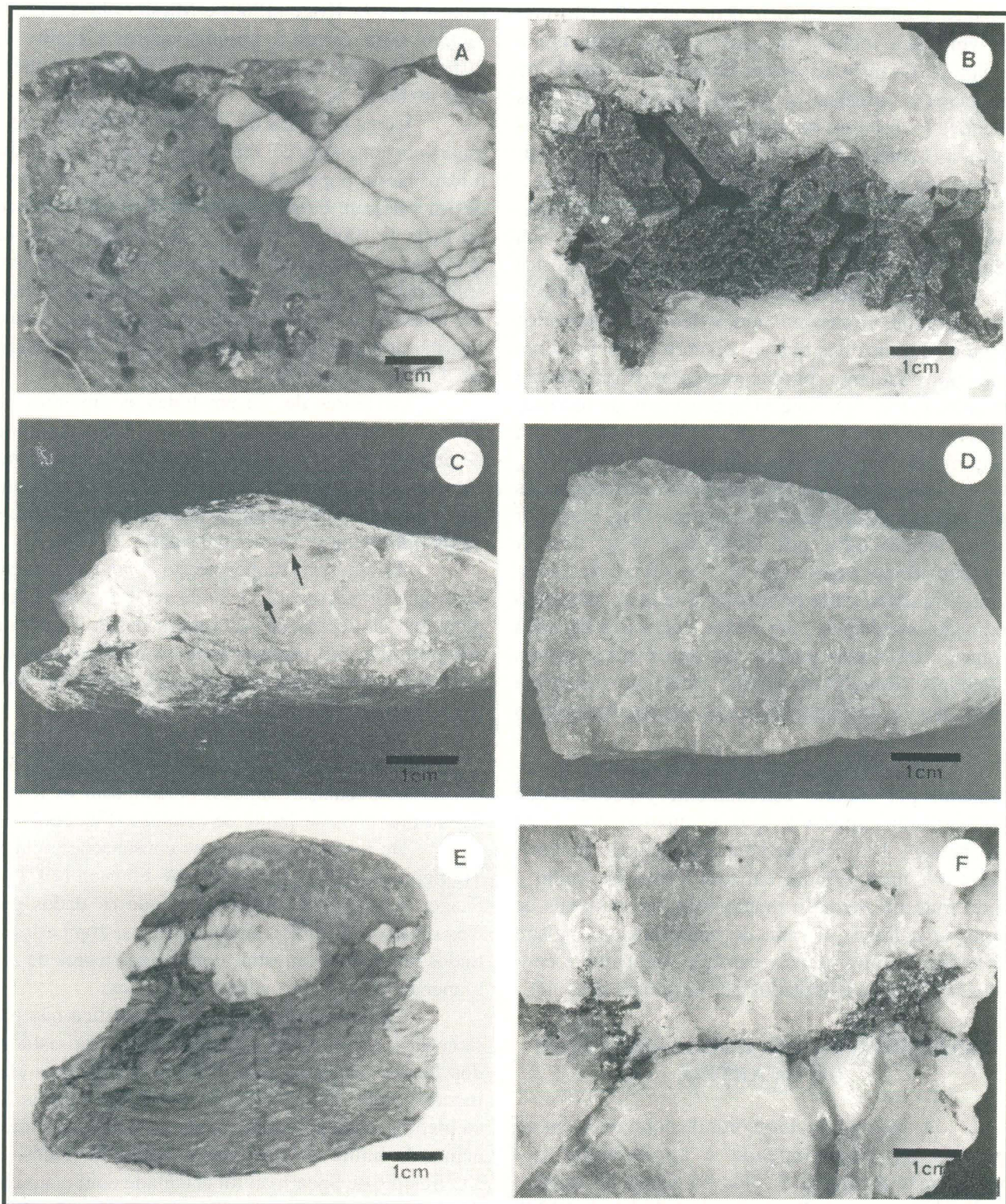


Figura 4 - Feições macroscópicas dos veios de quartzo no depósito Pau-a-Pique. A) *boxworks* de pirita no halo hidrotermal que envolve um veio de quartzo. B) veio com textura *comb* mostrando uma cavidade parcialmente preenchida por drusas de quartzo recobertas por hematita. C) veio com textura de substituição apresentando *boxworks* de pirita (*ver seta*). D) veio com textura sacaroidal caracterizada pelo arranjo granoblástico do quartzo. E) veio com textura *ribbon* definida pelo estiramento do quartzo. F) veio com textura *buck* destacando estilólitos que seccionam o quartzo maciço. A superfície do estilólito é realçada por lamelas de mica branca.



contém inclusões de sulfetos e óxidos e mostra extinção ondulante, granulação periférica e contatos suturados. A turmalina também ocorre neste tipo textural de veio, ora inclusa no quartzo, ora adjacente a estilólitos. Os minerais opacos formam uma massa fina associada a turmalina ou se apresentam como grãos euedrais (< 0,2 mm de comprimento) intersticiais ao quartzo. Lamelas de mica branca, realçando os estilólitos, são comuns nesta variedade textural de veio.

Veios com textura sacaroidal aparecem preenchendo fraturas de 2 a 50 cm de espessura. Sua feição diagnóstica é o arranjo granoblástico (Fig. 4d) do quartzo (<1 cm de diâmetro) com junções triplícies. Contudo, no mesmo veio podem ser observados alguns domínios nos quais o quartzo ainda preserva extinção ondulante, bordas suturadas e granulação periférica (Fig. 3f), sugerindo processos de recristalização não finalizados. Os minerais opacos formam uma massa fina intersticial ao quartzo (Fig. 3d).

Veios com textura ribbon são caracterizados pela aparência laminada do quartzo (Fig. 4e), por vezes seccionados por estilólitos (Fig. 3e). A possança destes veios varia de 10 a 40 cm de espessura. O quartzo varia de incolor a leitoso, apresenta extinção ondulante e, por vezes, inclusões de mica branca. Neste tipo podem ser observados cristais sintaxiais (Ramsay & Huber 1983) de turmalina preta que se projetam da rocha encaixante para o interior do veio.

Veios com textura buck são maciços e seccionados por fraturas estreitamente espaçadas que conferem um aspecto leitoso ao quartzo. Em geral ultrapassam 2 m de espessura. As fraturas são realçadas por uma película em tons vermelho vinho a ocre, fruto da alteração intempérica dos minerais de ferro. O quartzo (<7 mm de comprimento) mostra inclusões de mica branca, extinção ondulante e contatos irregulares delimitados por estilólitos (Fig. 4f).

## DISTRIBUIÇÃO DO OURO NOS VEIOS DE QUARTZO

A distribuição dos teores de ouro nos veios de quartzo da área mapeada é apresentada nos histogramas da figura 5. Nos 64 veios de quartzo analisados, os teores de ouro variam de 2 ppb a 1240 ppb (Tab. 1). O banco de dados é composto por valores que apresentam uma distribuição de frequência assimétrica com cerca de 70 % de seus valores próximos ao limite de detecção analítico. Por isso, sob o ponto de prospectivo, as estimativas de valores de

*background*, limiar e anômalo são imprecisas, ainda que aplicando os procedimentos matemáticos de Cohen (1959), Krige (1960) e Miesh (1967). Por tal motivo, neste estudo é discutida apenas a análise da distribuição dos teores de Au nas diferentes populações texturais de veios.

Cerca de 7.8% do conjunto de dados é formado por amostras de veios com textura de substituição. Nesta população textural de veios, os teores de Au variaram desde o limite de detecção analítico até mais de 1000 ppb (Fig. 5a). Do mesmo modo, as amostras de veios com textura sacaroidal constituem aproximadamente 8.0 % do banco de dados. Contudo, neste caso, a variação dos teores de Au é mais restrita, compreendendo desde o limite de detecção até 150 ppb (Fig. 5b).

Os teores de Au em todas as amostras de veios com textura *buck* situaram-se abaixo do limite de detecção (Fig. 5c). Contudo, qualquer consideração sobre a distribuição de seus teores nesta população textural é prematura, visto que apenas dois veios tipo textural foram analisados.

As amostras da população *comb* contribuem com aproximadamente 11 % do total de dados disponíveis. Os teores de Au variam desde 2 ppb até 200 ppb (Fig. 5d). Apesar deste estreito intervalo de variação, a maior parte das amostras forneceu valores de Au próximos do limite de detecção.

Por outro lado, as amostras de veios com textura *ribbon* perfazem cerca de 70 % do espaço amostral. Nesta população também predominam os teores de Au próximos do limite de detecção (Fig. 5e).

De modo semelhante às constatações acima, Tilling *et al.* (1973), Stephenson & Ehmann (1971) e Saager *et al.* (1982) observaram que os dados por eles obtidos, em outras áreas auríferas, eram constituídos por muitas amostras com baixos teores de Au e apenas poucas com valores anômalos.

Com o auxílio da análise estatística não paramétrica, os teores de ouro dos veios aqui estudados foram correlacionados com os dos demais elementos. Para tanto, foram selecionados apenas os elementos com pelo menos 50 % de seus valores acima do limite de detecção no banco de dados. O Coeficiente de Spearman foi calculado com o auxílio do programa Statistic for Windows<sup>®</sup> (versão 4.0). As amostras foram tratadas como pertencentes a uma única população, independente do tipo textural de veio. O rank do Au com o Fe e Sc é da ordem de 20% (Tab. 2), enquanto que com o As e Ta, os teores de ouro mostraram correlações inferiores a

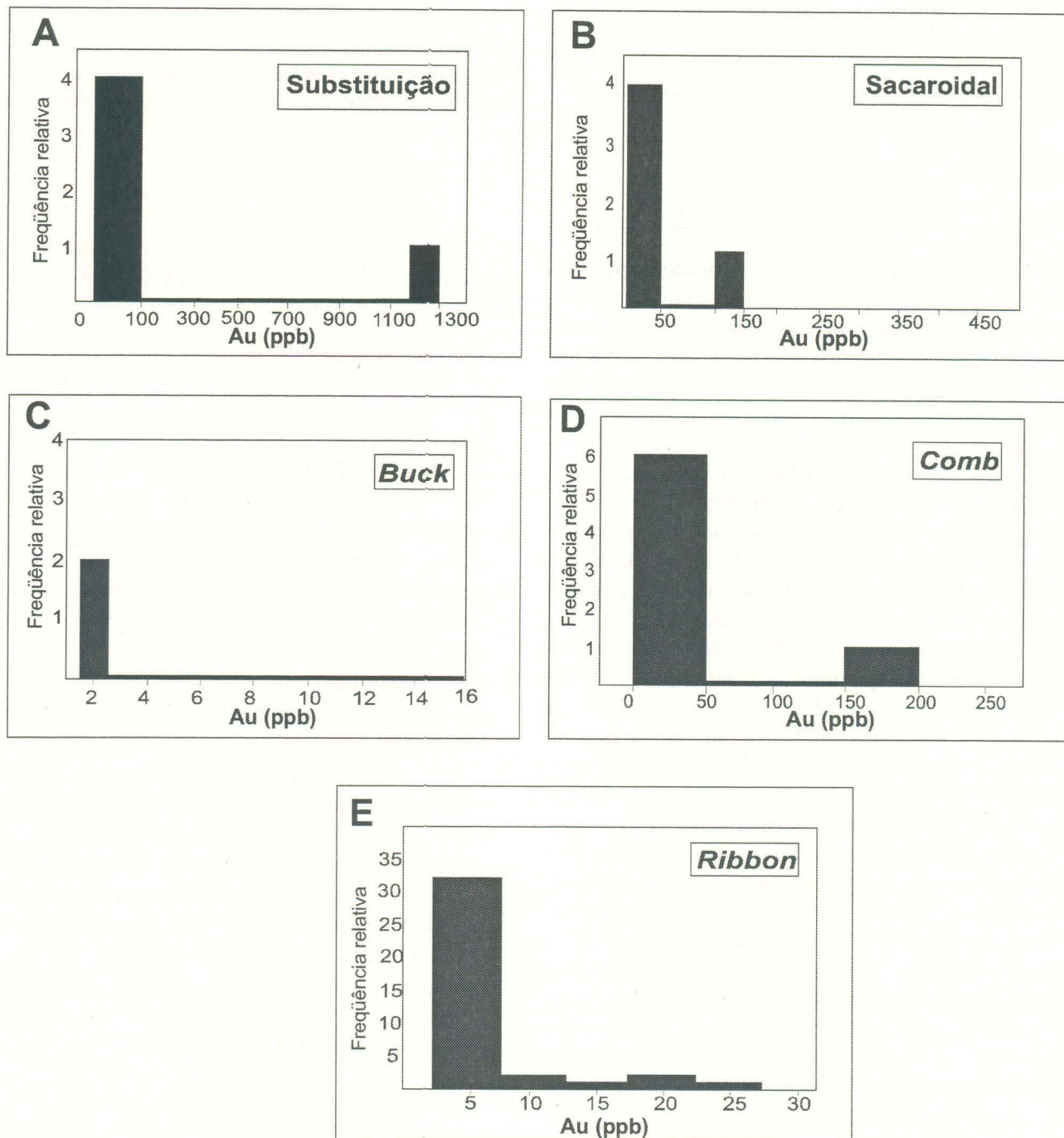


Figura 5 - Distribuição dos teores de ouro nos veios de quartzo que ocorrem no depósito Pau-a-Pique. (A) Veios com textura de substituição. (B) Veio sacaroidal. (C) Veio *buck*. (D) Veio *comb* e (E) Veio *ribbon*.

10%, porém negativas. Esses resultados revelam a ausência de correlação significativa entre os teores de Au e os demais elementos aqui considerados.

Portanto, parece que apenas a variação dos teores de Au possibilita a distinção entre os veios férteis e os estéreis alojados no Grupo Aguapéi. De modo similar, Saager *et al.* (1982) também detectaram um comportamento independente dos teores de Au em rochas supracrustais básicas, ultrabásicas e sedimentos ferruginosos da África do Sul e Alpes europeus.

## REMOBILIZAÇÃO DO OURO POR INTEMPERISMO

O intemperismo químico é particularmente proeminente no oeste do Estado de Mato Grosso, por situar-se numa faixa de clima quente e chuvoso que, associado à atividade orgânica, origina superfícies de intensa lixiviação. Nestas superfícies, os minerais sofrem perdas químicas, devido à alteração a que são submetidos. Como consequência, ocorre a

Tabela 2 - Coeficiente de Spearman dos elementos químicos nos veios de quartzo do depósito Pau-a-Pique.

	Rank de Spearman
Au-As	- 0.03
Au-Fe	0.22
Au-Sc	0.21
Au-Ta	- 0.10

redistribuição dos elementos nas estruturas mineralizadas, devido à migração do Au e dos outros elementos.

No perfil de alteração superficial, os elementos de maior mobilidade como o Ca, Mg, Na e K são facilmente lixiviados, enquanto os mais imóveis como Fe tendem a precipitar. A alteração inicial possibilita a coexistência de minerais primários (por ex., micas e quartzo) com pseudomorfos secundários, tais como os de hematita formados às expensas da pirita. Com a progressão do intemperismo, há uma completa substituição dos sulfetos por óxidos e hidróxidos, resultando como produto final uma mistura de minerais secundários, matéria orgânica e resistatos.

No depósito Pau-a-Pique há evidências minerais e texturais que indicam a interação dos veios com as soluções meteóricas. Esta interação pode ter promovido importantes flutuações de Eh-pH, possibilitando a redistribuição do Au. Dentre as evidências minerais, destaca-se a transformação da pirita em hematita, assim como o aparecimento de martita e caolinita nos veios. A oxidação e hidrólise da pirita, além de gerar hematita ou hidróxidos de Fe, também acidifica a solução percolante. Este processo foi denominado de ferrólise por Mann (1983), devido à sua similaridade com aquele descrito por Brinkman (1977) nos solos. Para Mann (1984), soluções ácidas e cloradas são capazes de mobilizar e redepositar o Au. Tais conclusões são também confirmadas por dados termodinâmicos de Brookins (1988) e Krupp & Weiser (1992). Estes autores mostraram que as variações de pH e Eh das soluções hidrotermais têm efeito direto na remobilização do minério aurífero, pois condições ácidas e oxidantes favorecem a solubilização do Au por complexos clorados ou aquo-clorados. No caso do depósito de Pau-a-Pique, a associação do ouro nativo com martita é um importante indício de sua precipitação secundária.

Sob o ponto de vista textural, a presença de *boxworks* de pirita nos veios com textura de substituição mostram que este tipo de veio foi intemperizado em afloramento. Do mesmo modo, a textura *comb* resulta do preenchimento de espaços vazios em ambientes pouco profundos. Os dados texturais

combinados com os químicos (Tab. 1) sugerem que, apesar de erráticos, os teores mais significativos de Au se encontram nos veios intemperizados com textura de substituição. Por outro lado, os veios com textura *ribbon* são estéreis.

## CONCLUSÕES

As diferenças texturais e composicionais dos veios estéreis e férteis, no depósito Pau-a-Pique, permitem concluir que:

1. os veios com textura de substituição apresentam os teores mais elevados de Au (1240 ppb) enquanto os veios com textura *comb* e sacaroidal apresentam baixas concentrações de Au (200 ppb e 120 ppb, respectivamente) e aqueles com textura *ribbon* e *buck* são estéreis;
2. o intenso intemperismo dos sulfetos e óxidos primários na área do depósito Pau-a-Pique está registrado nos *boxworks* de pirita, somado à ocorrência de martita e intercrescimentos mimerquíticos de hematita com magnetita;
3. a associação ouro nativo-martita revela que a atuação dos agentes intempéricos sobre os veios contribuiu para a remobilização secundária do ouro;
4. a partir da integração das paragêneses com as texturas dos veios pode-se distinguir os seguintes guias prospectivos aplicáveis na prospecção de campo, visando a delimitação de zonas potenciais para ouro na área de estudo: a) pseudomorfos de hematita pós-pirita; e b) veios de quartzo com texturas de substituição, sacaroidal e *comb*;
5. os teores de ouro são os melhores indicadores químicos para a diferenciação entre os veios férteis e estéreis no Grupo Aguapeí.

**Agradecimentos** - Os autores agradecem a Mineração Geomin S.A. pelo apoio logístico nos trabalhos de campo. Carlos J. Fernandes agradece a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado junto ao CPGeo/IG/UFRGS, que viabilizou a realização desta pesquisa. Esta pesquisa foi financiada pelos projetos PADCT 03-GTM-01/97-02/02-7; FINEP 88.98.0344-00 e FAURGS-FINEP 7697/006-00.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Augustithis, S. S. 1995. **Atlas of the textural patterns of ore minerals and metallogenic processes**. De Gruyter, Berlin. 659 p.
- Anuário Mineral. 1987. <http://WWW.dnpm.gov.br> (em 08/09/99).
- Brinkman, R. 1977. Surface water gley soils in Bangladesh: Genesis: **Geoderma**, 17: 117-144.
- Brookins, D. G. 1988. **Eh-pH Diagrams for Geochemistry**. Springer-Verlag, New York. 174 p.

- Cohen, A. C. Jr. 1959. Simplified estimators for the normal distribution when samples are singly censored or truncated. **Technometrics**, 1(3): 217-237.
- Craig, J. R. & Vaughan, D. J. 1981. **Ore microscopy and ore petrography**. John Willey & Sons, New York. 406 p.
- 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. 1999. **Geologia do Depósito Pau-a-Pique e Guias Prospectivos para Ouro no Grupo Aguapeí, Sudoeste do Estado de Mato Grosso**. Porto Alegre, 134 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Krige, D. G. 1960. On the departure of ore value distributions from the lognormal model in South African gold mines. **Journal of South African Institute of Mining and Metallurgy**, 61(4): 231-244.
- Krupp, R. E. & Weiser, T. 1992. On the stability of gold-silver alloys in the weathering environment. **Mineralium Deposita**, 27: 268-279.
- 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, SP.
- 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.
- Gilligan, L. B. & Marshall, B. 1987. Textural evidence for remobilization in metamorphic environments. **Ore Geology Reviews**, 2: 205-229.
- Litherland, M.; Annels, R. N.; Darbyshire, D. P. F.; Fletcher, C. J. N.; Hawkin, M. P.; Klinck, B. A.; Mitchell, W. I.; O'connor, E. A.; Pitfield, P. E. J.; Power, G.; Webb, B. C. 1989. The Proterozoic of Eastern Bolivia and its relationship to the Andean Mobile Belt. **Precambrian Research**, 43: 157-174.
- Mann, A. W. 1983. Hydrogeochemistry and weathering on the Yilgarn Block, Western Australia - Ferrollysis and heavy metals in continental brines. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 47: 181-190.
- Mann, A. W. 1984. Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: some observations from Western Australia. **Economic Geology**, 79: 38-49.
- 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. **Programa de Levantamento Geológico Básico do Brasil**. DNPM/CPRM, Brasília, 131 p.
- Miesch, A. T. 1967. Methods of Computation for Estimating Geochemical Abundance. Statistical Studies in Field Geochemistry. **Geological Survey Professional Paper**, 574-B, 15 p. Washington, D. C.
- Pinho, M. A. S. B. 1990. **Geologia, petrologia e geoquímica das rochas ocorrentes ao longo do rio Aguapeí, sudoeste do Cráton Amazônico: Pontes e Lacerda - MT**. Porto Alegre, 119 p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Ramdhor, P. 1980. **The ore minerals and their intergrowths**. 2° ed. International Series in Earth Sciences, Pergamon Press, 1200 p.
- Ramsay, J. G. 1967. **Folding and fracturing of rocks**. McGraw-Hill, 568 p., New York.
- Ramsay, J. G. & Huber, M. I. 1983. **The techniques of modern structural geology: strain analysis**, 1. Academic Press Inc., London, 307 p.
- Rizzoto, G. J.; Scandolaria J. E.; Quadros, M. L. E. S. 1996. Aspectos gerais da associação mangerito-charnockito-granita (MCG) da porção oriental do estado de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador, **Anais...**, Salvador, SBG, v. 1, p. 35-37.
- Saes, G. S. & Fragozo Cesar, A. R. S., 1994 - The Basin (southwest Amazonia): A Greenville Age Aulacogen of the Sunsas Orogen. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Balneário Camboriú, **Anais...**, Camboriú, SBG, v. 1, p. 207-209.
- Saes, G. S. 1999. **Evolução tectônica e paleogeográfica do Aulacógeno Aguapeí (1,2-1,0Ga) e dos terrenos do seu embasamento na porção sul do Cráton Amazônico**. São Paulo. 230 p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Saager, R.; Meyer, M. & Muff, R. 1982. Gold distribution in supracrustal rocks from Archean greenstone belts of Southern Africa and from Paleozoic Ultramafic Complexes of the European Alps. Metallogenic and Geochemical implications. **Economic Geology**, 77: 1-24.
- Sinclair, A. J. 1976. **Applications of probability graphs in mineral exploration**. The Association of Exploration Geochemists. Special volume, nº 4, 95 p.
- Souza, E. P. & Hildred, P. R. 1980. Contribuição ao estudo da geologia do Grupo Aguapeí, Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Balneário Camboriú, 1980. **Anais...**, Camboriú, v. 2, p. 808-825.
- Stephenson, J. F. & Ehmann, W. D. 1971. Neutron Activation analysis of gold in Archean igneous and metamorphic rocks of the Rice Lake - Beresford Lake area, southeastern Manitoba. **Economic Geology**, 66: 933-939.
- Tilling, R. I.; Gottfried, D. & Rowe, J. J. 1973. Gold abundance in igneous rocks: Bearing on gold mineralization. **Economic Geology**, 68: 168-186.
- Vernon, R. H. 1986. Evaluation of the "quartz-eye" hypothesis. **Economic Geology**, 81: 1520-1527.