

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**ESTUDO PETROGRÁFICO DAS ROCHAS
HIDROTERMALIZADAS E HOSPEDEIRAS DO DEPÓSITO
DE AU-CU DO TIPO PÓRFIRO DO PALITO, PROVÍNCIA
AURÍFERA DO TAPAJÓS, ESTADO DO PARÁ**

Felipe Brito Mapa

Orientador: Prof. Dr. Caetano Juliani
Co-orientador: Dra. Annabel Pérez-Aguilar

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF –2007/15)**

**SÃO PAULO
2007**

**TF
M297
FB.e**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO PETROGRÁFICO DAS ROCHAS HIDROTERMALIZADAS E
HOSPEDEIRAS DO DEPÓSITO DE AU-(CU) DO TIPO PÓRFIRO DO
PALITO, PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS, ESTADO DO PARÁ



FELIPE BRITO MAPA

ORIENTADOR: PROF. DR. CAETANO JULIANI

CO-ORIENTADORA: DRA. ANNABEL PEREZ-AGUILAR

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024089

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2007/15)

SÃO PAULO
2007

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE FOTOS.....	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	1
1.2 Localização da Área	2
1.3 Histórico da Área	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Geologia Regional	3
2.2 Alteração Hidrotermal ou Sistemas Hidrotermais - Generalidades.....	9
2.3 Mineralização Tipo Pórfiro.....	11
3 METODOLOGIA	13
3.1 Trabalho de Campo	13
3.2 Seleção de Amostras	13
3.3 Petrografia	13
3.4 Análises Laboratoriais	14
4 RESULTADOS OBTIDOS.....	14
4.1 Geologia Local e Mineralização.....	14
4.2 Trabalho de campo.....	16
4.3 Petrografia	18
4.3.1 Granito Palito	23
4.3.2 Granito Rio Roivo.....	26
4.3.3 Granodiorito Fofuquinha	27
4.3.4 Minério	28
4.4 QUÍMICA MINERAL	31
4.4.1 Feldspatos	31
4.4.2 Anfibólios	32
4.4.3 Micas.....	33
5 CONCLUSÕES	34
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização da Mina do Palito.....	2
Figura 2: Principais unidades tectônicas do Cráton Amazônico, com a localização da Província Aurífera do Tapajós (segundo Juliani <i>et al.</i> , 2005a, modificado de Santos <i>et al.</i> , 2000).....	4
Figura 3: Mapa geológico da Província Aurífera do Tapajós (Bahia & Quadros, 2000), incluindo os limites entre as províncias definidos por Tassinari & Macambira (1999) e Santos <i>et al.</i> (2000).....	5
Figura 04: Gráfico dos tipos de alteração hidrotermal em função da temperatura e da razão da atividade de K^+ e H^+ (Guilbert and Park 1985; Burnham and Ohmoto 1980 <i>apud</i> Pirajno, 1992).....	10
Figura 05: Ambientes geotectônicos de geração de sistemas pórfiros, mostrando as principais mineralizações de metais associados. 1. Zona de subducção em margem continental (Tipo Andes); 2. Zona de subducção em arco de ilha; 3. <i>Rift</i> de retro-arco posterior à subducção; 4. Zona de <i>rift</i> intracontinental; 5. rifteamento associado a colisão continental. (Sillitoe 1980 <i>apud</i> Pirajno, 1992).....	12
Figura 06: Modelo Lowell e Guilbert de mineralização zonada em sistema tipo pórfiro relacionado a quartzo monzonito. Alterações: K = potássica; A = argílica; QSP = sericitica (fílica) (quartzo-sericita pirita); P = propilítica; CSE = clorita-sericita-epidoto $\pm$ magnetita; QSC = quartzo-sericita-clorita $\pm$ feldspato potássico. (Lowell and Guilbert 1970 <i>apud</i> Pirajno, 1992).....	12
Figura 07: Mapa geológico da mina do Palito e arredores, sobreposto em imagem SRTM.....	15
Figura 08: Perfis E-W da mina do Palito, mostrando a relação dos veios (em vermelho) com a rocha encaixante	20
Figura 09: Diagramas ternários Albita-Anortita-Ortoclasio mostrando as composições dos plagioclásios no granito Palito (A) e no granito Rio Novo (B).	31
Figura 10: Diagramas ternários Albita-Anortita-Ortoclasio mostrando as composições dos plagioclásios no granito Fofuquinha (C) e dos feldspatos potássicos nos granitos Palito e Rio Novo (D).....	32
Figura 11: Diagrama binário mostrando a diferença entre anfibólio do granodiorito e do granito Palito.....	32
Figura 12: Diagrama binário mostrando a composição do grupo das flogopita-biotitas (A) e diagrama binário de Tischendorf <i>et al.</i> (1997) mostrando a composição das micas brancas (B).....	33
Figura 13: Diagrama binário mostrando a composição das cloritas dos granitos Palito e Rio Novo.	33

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01: Foto aérea da área da mina do Palito indicando as principais galerias e seus acessos.	16
Foto 02: Remoção de minério até o local do empilhamento.....	17
Foto 03: Fotografias dos veios de minério. Foto da esquerda mostra o veio de minério que será lavrado; foto da direita mostra parte do veio de minério já lavrado.....	18
Foto 04: (A): veio de minério com bandamento de sulfetos. (1) calcopirita; (2) pirita; (3) brecha de cisalhamento; (4) veio de quartzo e; (5) granito Palito hidrotermalizado brechado; (B) veio de fluorita (6) e quartzo (7).	19
Foto 05: Falhas que interrompem a continuidade do veio de minério. Foto da esquerda mostra falha interrompendo continuidade do veio e; foto da direita mostra falha deslocando o veio.....	21
Foto 06: Aspecto macroscópico do granito Palito mostrando a alteração potássica fraca (à esquerda) e forte (à direita).	22
Foto 07: Aspecto macroscópico do granito Rio Novo, mostrando a alteração potássica fraca (à esquerda) e moderada a forte (à direita).....	22
Foto 08: Aspecto macroscópico do granodiorito Fofuinha, com alteração potássica ausente (à esquerda) e forte (à direita). Notar a diferença do IC, em relação aos granitos.....	22
Foto 09: Aspecto macroscópico das rochas intrusivas nos granitos e no granodiorito. Riolito porfirítico com matriz afanítica (à esquerda) e dacito porfirítico (à direita).	23
Foto 10: Aspecto macroscópico dos veios de minério. Veio com quartzo, pirita, fluorita e calcopirita (à esquerda) e veio com quartzo, pirita, pirrotita e calcopirita (à direita).	23
Foto 11: Aspecto macroscópico da alteração potássica no granito Rio Novo (a direita), com sobreposição de alteração sericitica e propilitica fissural, com um veio de quartzo mineralizado, (cor clara) com pirita, pirrotita e calcopirita (a esquerda).	23
Foto 12: Aspecto microscópico da alteração potássica (Alt K) e propilitica (Alt Pr) no granito Palito. A porção vermelha, suja, são os grãos microclínio hidrotermal (FK). Notar os primeiros indícios da alteração propilitica, de com a cristalização de clorita (CL) e de clorita e epidoto (Alt. Pr.). Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.....	24
Foto 13: Aspecto microscópico da alteração potássica (Alt K) superimposta por cloritização no granito Palito. Notar grão de plagioclásio (PL) posterior em paragênese com a clorita (CL). Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador... ..	25
Foto 14: Aspecto microscópico da alteração sericitica no granito Palito, com grãos de feldspatos completamente substituídos por sericita (Ser). Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.....	25
Foto 15: Aspecto microscópico do granito Rio Novo, mostrando o mesmo grão de feldspato potássico (FK) parcialmente afetado pela alteração potássica. Parte do grão é pertita e outra parte é o microclínio hidrotermal. Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.	26
Foto 16: Aspecto microscópico do granito Rio Novo mostrando textura mirmequitica e a alteração potássica moderada. Foto da direita com analisador; foto da esquerda sem analisador.	27
Foto 17: Aspecto microscópico do granodiorito Fofuinha. A foto da esquerda mostra os minerais máficos acessórios, como a hornblenda (Hbl) e biotita (Bt). A foto da direita mostra o megacristal de plagioclásio, mineral com maior percentagem na rocha... ..	27
Foto 18: Aspecto microscópico do veio de minério com alteração cloritica (CL) associada, com carbonatos associados (CAL). Foto da direita se analisador; foto da esquerda sem analisador.	28
Foto 19: Aspecto microscópico do veio de minério associado com alteração sericitica e cloritica. Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.....	28
Foto 20: Aspecto microscópico do veio mineralizado mostrando a associação mineral mais comum. Calcopirita (CPY); Pirita (PY) Pirrotita (PIR) e Arsenopirita (API).....	29
Foto 21: Aspecto microscópico do veio de minério mostrando o ouro (Au) incluso na calcopirita (CPY).	29
Foto 22: Aspecto microscópico do veio de minério evidenciando grande quantidade de ouro (foto da esquerda) e possibilidade de associação com mineral de Bismuto (foto da direita).....	29
Foto 23: Aspecto microscópico do cisalhamento afetando o Granito Palito hidrotermalizado. Notar a fragmentação do feldspato potassificado, com porção túrbidas, que atestam que a alteração hidrotermal precedeu as zonas de cisalhamento.	30
Foto 24: Aspecto microscópico do cisalhamento afetando os minerais hidrotermalizado.....	30
Foto 25: Aspecto microscópico do veio de minério evidenciando que o cisalhamento veio após a mineralização.....	30

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Márcia Brito, por todos os ensinamentos passados ao longo desses vinte e cinco anos de minha vida, e pelo inestimável apoio e auxiliou. Mãe, por tudo que você é e me ensinou a ser, eu sou eternamente grato. Ao meu pai, Amauri Mapa, pelas inúmeras agradáveis discussões, ensinamentos, conselho e ajuda, sou também eternamente grato. A minha irmã, Lívia Brito mapa, amiga de todos os momentos (apesar de estar bem distante). Ao meu irmão, Alexandre e meus pais Cláudia e Antônio, obrigado pelo agradável convívio. Um agradecimento especial a todos vocês!

A minha companheira, a geóloga Marina Minozzo, um agradecimento muito especial (com muito amor) pelo excelente e maravilhoso convívio, e também pela excepcional e exclusiva assistência no momento mais importante de minha vida.

Ao geólogo, professor e orientador Doutor Caetano Juliani, pela oportunidade de trabalhar com uma magnífica e excelente pessoa e pelos inúmeros ensinamentos geológicos.

A todos meus amigos, geólogos e não-geólogos, que de alguma maneira me ajudaram a escrever esse trabalho e me incentivaram a tal feito.

Aos companheiros de CAGEO, CEPEGE, ENEGE e ENEGEO, pelas saudáveis discussões, bebedeiras e intermináveis reivindicações por uma educação mais justa e séria.

A todos os funcionários e professores da GEO que de alguma forma ajudaram a desenvolver esse trabalho.

A SERABI MINERAÇÃO pelo apoio e cooperação neste trabalho e pela oportunidade de trabalhar numa região de riquezas inestimáveis.

A todos aqueles que lutam por um futuro com iguais oportunidades para todos.

RESUMO

Este trabalho apresenta a descrição petrográfica das rochas e minérios que hospedam a mineralização de Au–(Cu) do Palito, o primeiro depósito de Au–(Cu) do tipo pórfiro (ou relacionado a sistemas mineralizantes do tipo pórfiro) descrito no Brasil. É também o primeiro depósito desse tipo localizado em terreno pré-cambriano. A mina do Palito localiza-se Província Aurífera do Tapajós, região sudoeste do Estado do Pará e é operada pela empresa australiana-brasileira SERABI MINERAÇÃO LTDA.

A geologia da área da mina é representada por unidades orogênicas do arco magmático cálcio-alcálico Parauari. As rochas que afloram na área da mina são o Granodiorito Fofinho e os granitos Rio Novo e Palito. O granodiorito é rocha encaixante do granito Rio Novo, enquanto o Granito Palito foi introduzido no contato do Granodiorito com o Granito Rio Novo.

O Granito Palito, principal hospedeiro da mineralização de Au–(Cu), tem como característica marcante a cor vermelha intensa, produto do forte metassomatismo potássico que o afetou, além de outros tipos de alteração sobrepostas como a propilítica, a sericitica, a argílica, em estilos predominantemente fissural. As rochas encaixantes, em especial o Granito Rio Novo, também apresentam as mesmas alterações hidrotermais e mineralizações de Au–(Cu). Entretanto as alterações hidrotermais diminuem de intensidade conforme se afasta do corpo granítico do Palito, assim como os teores e as dimensões dos veios de minério são menores que os presentes no mesmo.

A alteração hidrotermal é caracterizada por um forte metassomatismo potássico pervasivo inicial, seguido por alterações propilíticas relativamente intensas em fraturas e zonas de *stockworks* e alteração sericitica fissural, com a qual se associa a sulfetização e a mineralização de ouro.

A mineralização de Au–(Cu) ocorre em veios associados a zonas de alteração hidrotermal de cor cinza (sericitização e cloritização), com direção predominante NW–SE e deformados por zonas de cisalhamento tardias com a mesma direção. São veios compostos de clorita e sericita associados com calcopirita, pirita, pirrotita, quartzo, fluorita, carbonato, ouro, entre outros sulfetos, ou até mesmo veios de sulfetos maciços, por vezes formados quase que totalmente por calcopirita. O ouro aparece sempre incluso na calcopirita, principal sulfeto de cobre presente no minério.

Palavras-chave: mineralização tipo pórfiro, ouro, cobre, alteração hidrotermal

ABSTRACT

This work presents the petrographic description of rocks and ores containing Au-(Cu) mineralization of the Palito that is the first Au-(Cu) well preserved porphyry deposit (or related to porphyry system mineralization) described in Brazil. It's too the first deposit of this type located into Pre-Cambrian terrains. The Palito mine is located on Tapajós Gold Province, southwest region of Pará state, and is operated by the australian-brazilian SERABI MINERAÇÃO LTDA company.

The geological context of the mine area is represented by calc-alkaline plutonic to subvolcanic rocks of the Parauari magmatic arc. These rocks are represented by the Fofóinha Granodiorite, and Rio Novo and Palito granites. The granodiorite is the host rock of Rio Novo granite, while the Palito Granite was intruded on the granodiorite and Rio Novo Granite contact.

The Au-(Cu) mineralization is mainly hosted in the Palito Granite, which was affected by strong potassic metasomatism that imprinted an intense red color to the rocks. Propylitic, sericitic, and local argillic hydrothermal alteration, overprint the K-metasomatism, predominantly in fissural style. The host rocks, especially Rio Novo Granite, was affected by same hydrothermal alteration events, and host some similar Au-(Cu) mineralization veins. However, the intensity of the hydrothermal alteration decreases from the Palito Granite contact, as well size and Au content of the ore veins are minor than these hosted in the Palito Granite.

The hydrothermal alteration is characterized by an initial strong pervasive potassic metasomatism followed by a relatively intense fracture controlled propylitic and sericitic alteration, locally with stockworks zones.

The Au-(Cu) mineralization occurs in veins associated to hydrothermal sericitic chloritic alteration of gray color, with predominant orientation NW-SE, and deformed by late shear zones with the same orientation. Iron and copper sulfides (mainly pyrite and chalcopyrite) and gold mineralization are associated with sericitic alteration.

The veins are composed predominantly by chlorite and sericite with disseminated chalcopyrite, pyrite, pyrrhotite, quartz, fluorite, carbonate, gold. Locally massive pyrite or chalcopyrite gold-rich meter-thick veins are also present. The gold always occurs included in chalcopyrite.

Key words: porphyry mineralization, gold, copper, hydrothermal alteration

1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o desenvolvimento da pesquisa que está sendo realizada na Mina do Palito, de propriedade da empresa australiana Serabi Mineração, que é um exemplo tapajônico de um antigo garimpo que evoluiu para uma lavra subterrânea de ouro.

A mineralização de ouro-(cobre) se associa a veios e *stockworks* cisalhados hospedados em granitos paleoproterozóicos fortemente hidrotermalizados.

A mina insere-se na Província Aurífera do Tapajós, situada na região sudoeste do Estado do Pará, no limite oeste da porção central do Cráton Amazônico.

A Província tem sido alvo de diversas pesquisas durante as últimas décadas, que revelaram que as mineralizações de ouro são do tipo: **a) lode** orogênico mesotermal em zonas de cisalhamento, geralmente associados a granitóides; **b) epitermal** associado a rochas básicas intrusivas ou hospedada em metassedimentos e seqüências vulcano-sedimentares com rochas básicas; **c) intrusion-related gold systems** em rochas graníticas e; **d) epitermal** em zonas de cisalhamento (Coutinho *et al.*, 1998; Almeida *et al.*, 2000; Bahia & Quadros, 2000; Ferreira *et al.*, 2000; Klein & Vasquez, 2000; Vasquez & Klein, 2000; Santos *et al.*, 2001).

Entretanto, estudos mais recentes indicam também a presença de mineralizações auríferas e de metais de base **epitermais high- e low-sulfidation** hospedadas nas vulcânicas ácidas do Grupo Iriri e em granitos mesozonais da Suíte Parauari (Jacobi, 1999; Juliani *et al.*, 2000; 2002; 2004a; 2004b; 2005; Nunes, 2001; Juliani, 2002; Corrêa-Silva, 2002), e do tipo **pórfiro**, hospedadas nos granitos e granodioritos da Suíte Parauari, ao qual se relaciona o granito Palito (Silva, 2005; Juliani *et al.*, 2005b).

A mineralização Au-(Cu) da Mina do Palito associa-se a veios orientados segundo NW-SE, que cortam os granitos informalmente denominados Rio Novo e Palito e o Granodiorito Fofquinha. Essas rochas apresentam intensa alteração hidrotermal alcalina (sódico-potássica), propilítica, sericítica e argílica, por vezes menos intensas ou locais, em estilo e padrões que se assemelham aos das mineralizações do tipo pórfiro. Assim, o estudo desta mineralização, reveste-se de importância para definição do potencial metalogenético da Província Aurífera do Tapajós, pois esta mineralização poderá vir a constituir na primeira mineralização do tipo pórfiro reconhecida na Província.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é a caracterização dos litotipos relacionados ao depósito de Au-(Cu) da Mina do Palito, com base na descrição de seções delgadas e polidas de rochas e minérios e análise químicas das mesmas.

O estudo petrográfico e mineralógico dos litotipos e minérios permitirão definir as paragêneses minerais e os tipos e estilos de alteração hidrotermal presentes no depósito, e auxiliar na definição do sistema mineralizante que carregou e depositou ouro e cobre.

As análises químicas e laboratoriais, como química mineral, irão também auxiliar na

caracterização dos litotipos presentes e contribuir para o melhor entendimento da gênese do depósito e do conhecimento geológico local.

1.2 Localização da Área

A Mina de Au–(Cu) do Palito localiza-se entre os rios Rio Novo e Jamanxim, nas proximidades da vila Jardim do Ouro, que se situa 40 km a oeste de Moraes de Almeida (**Fig. 1**), sudoeste do Estado do Pará. O acesso à área é feito pela rodovia Cuiabá–Santarém (BR-163) até Moraes de Almeida, e dali pela estrada Transgarimpeira até Jardim do Ouro, de onde há um acesso a SERABI MINERAÇÃO.

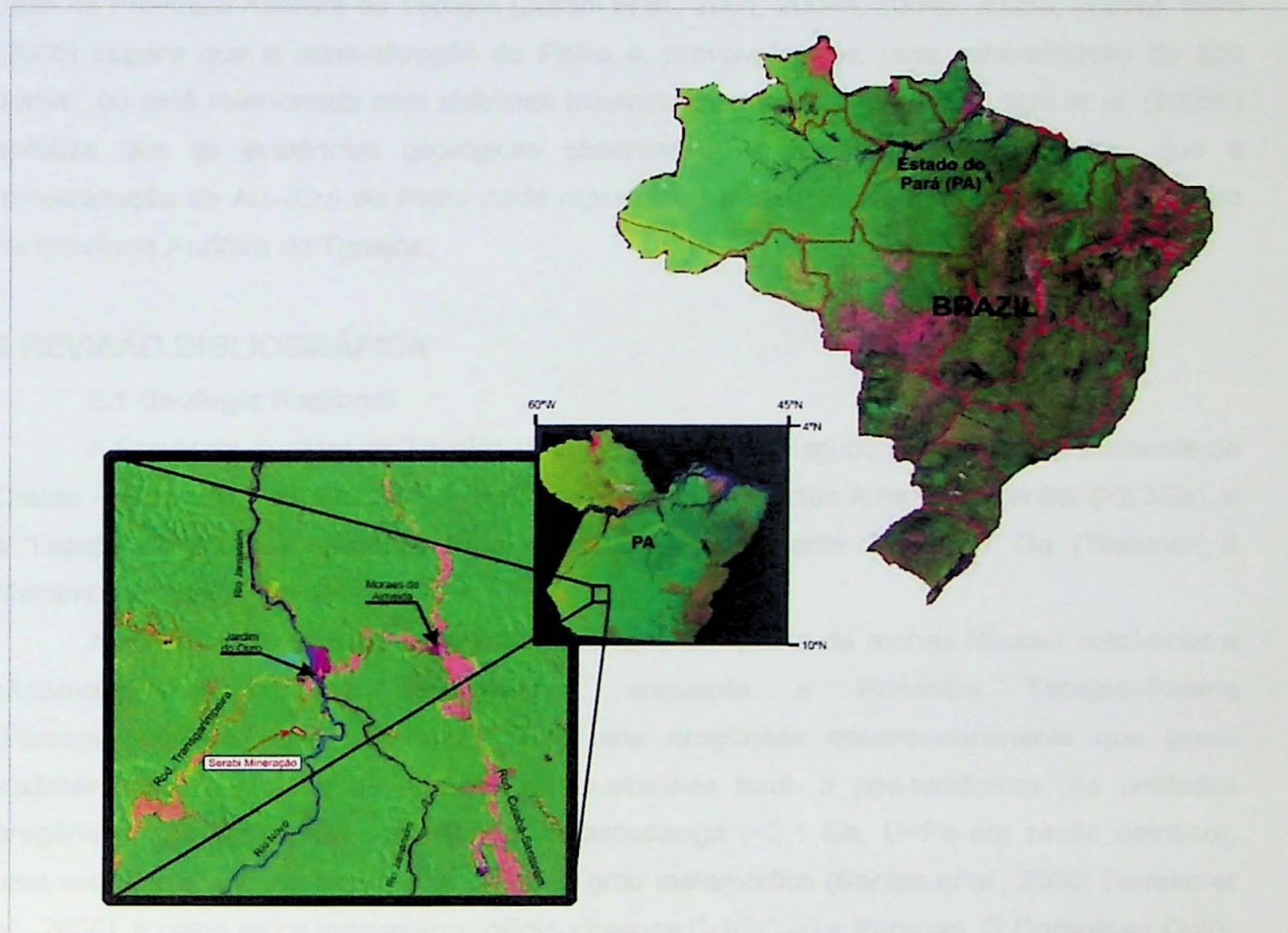


Figura 1: Mapa de Localização da Mina do Palito.

1.3 Histórico da Área

Após a descoberta dos veios mineralizados em ouro e outros minérios, diversos trabalhos científicos vêm sendo realizados na Província Aurífera do Tapajós, visando compreender melhor a granitogênese e vulcanismo paleoproterozóicos e da sua relação com a metalogênese do ouro.

Os trabalhos realizados sobre mineralizações auríferas *high-sulfidation* (quartzo–alunita) (Nunes, 2001; Juliani *et al.*, 2002) e de Cu–Mo–(Au) *low-sulfidation* (adulária–sericita) (Corrêa-Silva, 2002) associadas a granitos rasos da Suíte Parauari, e os realizados no Granito Batalha sugerem a existência de mineralizações do tipo pórfiro especializadas em ouro e em metais de base na Província Aurífera do Tapajós (Juliani *et al.*, 2001; 2004a; 2004b; 2005a; 2005b). Silva (2005) sugere que a mineralização do Palito é, provavelmente, uma mineralização do tipo pórfiro, ou está relacionada com sistemas mineralizantes do tipo pórfiro. Juliani *et al.* (2005b) enfatiza que as evidências geológicas observadas na Mina do Palito sugerem que a mineralização de Au–(Cu) do Palito pode representar a primeira mineralização do tipo pórfiro na Província Aurífera do Tapajós.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geologia Regional

A Província Aurífera do Tapajós situa-se na parte do Escudo Brasil Central, sudoeste do Cráton Amazônico e está localizada no limite entre as províncias Amazônia Central (>2,3Ga) e a Tapajós–Parima ou Ventuari–Tapajós de aproximadamente 2,10–1,87 Ga (Tassinari & Macambira, 1999) (Fig. 2).

A Província Amazônia Central (Arqueana) é composta de rochas félsicas vulcânicas e plutônicas e unidades sedimentares, enquanto a Província Tapajós–Parima (Paleoproterozóica) está relacionada com uma orogênese oceano–continente que gerou sedimentação e intrusão de granitos cálcio–alcalinos tardi- a pós-tectônicos. As unidades orogênicas são compostas pelo **Grupo Jacareacanga** (~2,1 Ga, U–Pb em zircão detrítico), uma seqüência vulcano-sedimentar de baixo grau metamórfico (Santos *et al.*, 2000; Ferreira *et al.*, 2000), e pelos arcos magmáticos cálcio–alcalinos Cuiú–Cuiú e Parauari. O **Complexo Cuiú–Cuiú** (Almeida *et al.*, 1998), que tem idade ao redor de 2.005 Ma (Santos *et al.*, 1997), é composto por migmatitos, gnaisses, anfibolitos e granitóides metassomáticos. Estes litotipos são cortados por granitos, granodioritos e tonalitos da **Suíte Intrusiva Creporizão** (Ricci *et al.*, 1999; Lamarão *et al.*, 1999; Klein & Vasquez, 2000), com idade de 1.974 ± 6 e 1.957 ± 6 Ma (Santos *et al.*, 2001). Todas essas rochas foram intrudidas por granitóides da **Suíte Intrusiva Parauari** e por rochas gabróicas da **Suíte Intrusiva Ingarana** (Almeida *et al.*, 2000; Bahia & Quadros, 2000).

Compõem a **Suíte Parauari** corpos de granito e monzogranito predominantes, com tonalito e diorito subordinados. Em geral estas rochas são cinza-claras e equigranulares, mas

por vezes são porfíricas, com megacrístais de plagioclásio e, localmente, de quartzo. Devido a grande variação composicional Almeida *et al.* (2000) subdividiram as rochas desta unidade em três fácies: a) *Granodiorítica*, representada por corpos isolados inseridos nas áreas de afloramento das rochas da fácies granítica, que apresentam contatos geralmente gradacionais. É constituída por biotita granodiorito, clinopiroxênio-biotita-hornblenda granodiorito e biotita monzogranito; b) *Granítica*, representada por batólitos de biotita monzogranito, biotita-hornblenda granodiorito, hornblenda-biotita monzogranito, álcali-feldspato granito, sienogranito, tonalito, microtonalito e micromonzogranito granofírico cálcio-alcálicos. Estas rochas são leucocráticas, equigranulares e localmente porfíricas e; c) *Granítica com titanita*, representada por corpos de biotita monzogranito, hornblenda-biotita monzogranito, granodiorito e sienogranito de cor rosa, essencialmente equigranulares e leucocráticos. Esta Suíte tem idades U–Pb em zircão de 1.883 ± 4 Ma a 1.870 ± 12 Ma e Pb–Pb em zircão de 1.880 ± 14 Ma (Santos *et al.*, 2001). Muitos dos granitos cinza desta Suíte, quando hidrotermalizados adquirem cor vermelha intensa como, por exemplo, o Granito Batalha (Corrêa-Silva *et al.*, 2000; Juliani *et al.*, 2001), semelhante à cor dos granitóides da Suíte Intrusiva Maloquinha.

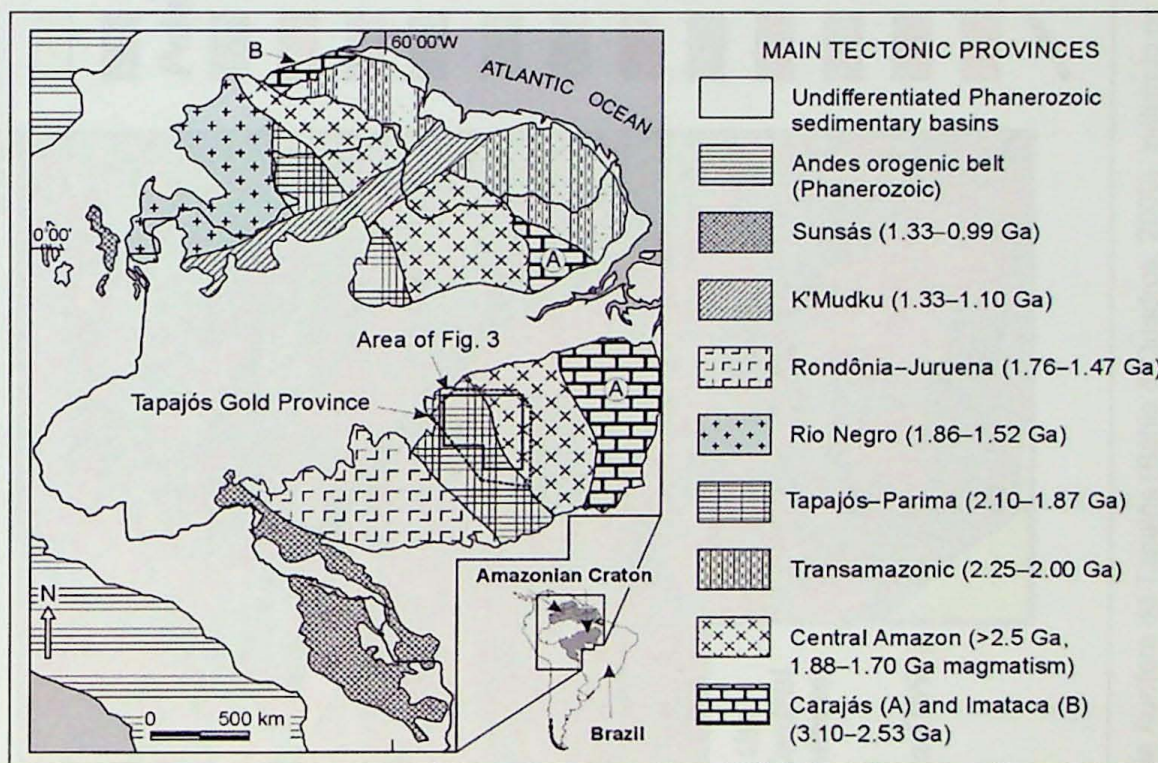


Figura 2: Principais unidades tectônicas do Cráton Amazônico, com a localização da Província Aurífera do Tapajós (segundo Juliani *et al.*, 2005a, modificado de Santos *et al.*, 2000).

O mapa geológico da Província Aurífera do Tapajós pode ser visto na **Figura 3**.

O **Granito Batalha** aflora como *stocks* circulares a elípticos intrusivos nos granitóides da Suíte Intrusiva Parauari e é composto por hornblenda-biotita monzogranito leucocrático com variações para sienogranito, de cor cinza, nas porções sem alteração hidrotermal, a vermelha nas porções mais intensamente hidrotermalizadas.

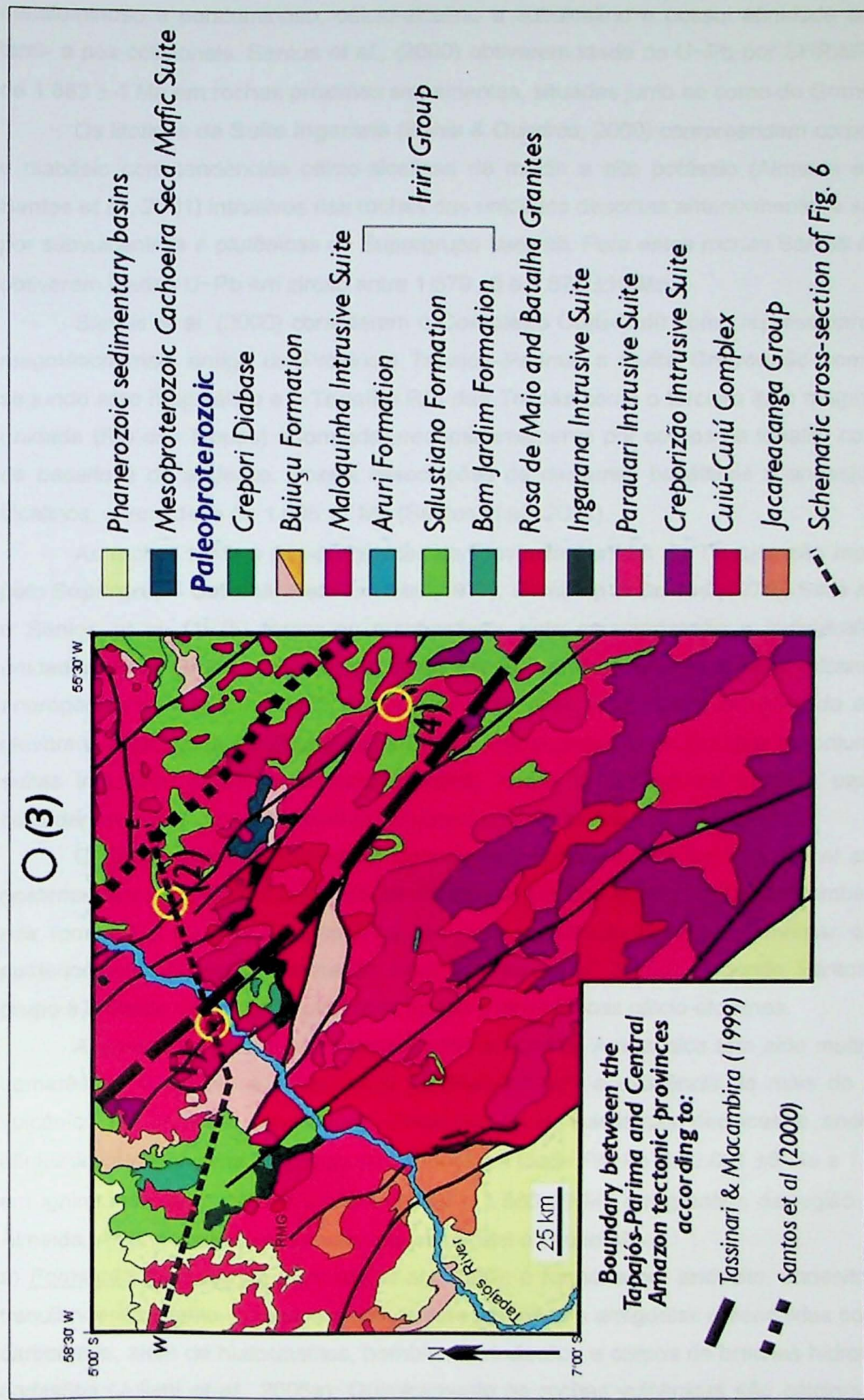


Figura 3: Mapa geológico da Província Aurífera do Tapajós (Bahia & Quadros, 2000), incluindo os limites entre as províncias definidos por Tassinari & Macambira (1999) e Santos et al. (2000)

Localmente, apresenta texturas rapakivi e granofíricas incipientes. Quimicamente é metaluminoso a peraluminoso, cálcio-alcálico a subalcalino e possui afinidade com granitos tardi- a pós-colisionais. Santos *et al.*, (2000) obtiveram idade de U–Pb por SHRIMP em zircão de 1.883 ± 4 Ma em rochas próximas semelhantes, situadas junto ao corpo do Granito Batalha.

Os litotipos da **Suíte Ingarana** (Bahia & Quadros, 2000) compreendem corpos de gabro e diabásio com tendências cálcio-alcálicas de médio a alto potássio (Almeida *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2001) intrusivos nas rochas das unidades descritas anteriormente, e são cortadas por subvulcânicas e plutônicas do Supergrupo Uatumã. Para estas rochas Santos *et al.* (2001) obtiveram idades U–Pb em zircão entre 1.879 ± 3 e 1.873 ± 10 Ma.

Santos *et al.* (2000) consideram o **Complexo Cuiú-Cuiú** como representantes do arco magmático mais antigo da Província Tapajós–Parima; a **Suíte Creporizão** como parte do segundo arco magmático e o **Tonalito Rio das Tropas** como o terceiro arco magmático. Essa unidade (Rio das Tropas) é formada predominantemente por corpos de tonalito com xenólitos de basalto e de andesito. Possui associações de derrames basálticos e andesíticos cálcio-alcálicos, e tem idade de 1.895 ± 7 Ma (Santos *et al.*, 2001).

As rochas tardi- a pós-orogênicas da Província Aurífera do Tapajós são representadas pelo **Supergrupo Uatumã**. Pessoa *et al.* (1977), Rambrag & Santos (1974), Silva *et al.* (1974) e Santos *et al.* (1975) foram os responsáveis pela caracterização e individualização das unidades deste Grupo, considerado como formado em um grande evento vulcano–plutônico anorogênico que afetou todo Cratón Amazônico. Melo *et al.* (1978, em Almeida *et al.*, 2000) elevaram a categoria do Grupo Uatumã para Supergrupo, uma vez que o conjunto engloba suítes intrusivas e extrusivas heterogêneas. Assim, o Supergrupo Uatumã passou a ser considerado como composto pela Suíte Intrusiva Maloquinha e pelo Grupo Iriri.

O **Grupo Iriri** foi inicialmente denominado Formação Iriri por Forman *et al.* (1972) e, posteriormente, elevado à categoria de Grupo por Pessoa *et al.* (1977), que também o dividiu nas formações Aruri e Salustiano, e em uma seqüência híbrida sedimentar e vulcânica, posteriormente nomeada Formação Aruri (Santos *et al.*, 2000). Segundo Santos (1984), o grupo é formado por rochas vulcânicas ácidas e piroclásticas cálcio-alcálicas.

A grande extensão do vulcanismo Iriri no Cratón Amazônico tem sido muito discutida. Lamarão *et al.* (1999) e Juliani *et al.* (2005a) indicam a existência de mais de um evento vulcânico na unidade denominada Grupo Iriri, pois vulcânicas dacíticas e andesíticas de afinidade cálcio-alcálica ou shoshonítica mostram idade Pb–Pb de 2.001 ± 6 Ma e 1.877 ± 4 Ma em ignimbritos, de 1.890 ± 2 Ma em riolitos e 1.880 ± 9 Ma em granitos da região de Moraes Almeida. As principais subunidades que compõem o Grupo são:

a) **Formação Bom Jardim** (Almeida *et al.*, 2000): é formada por andesito, andesito basáltico, traquiandesito e latito, localmente com textura porfírica e amígdalas preenchidas por quartzo e carbonatos, além de hialoclastitos, hornblenda riodacitos e corpos de brechas hidrotermais em andesitos (Juliani *et al.*, 2005a). Quimicamente as rochas vulcânicas são cálcio-alcálicas de

alto potássio e as rochas básicas são tholeiíticas e metaluminosas.

Devido à composição química intermediária, Almeida *et al.* (2000) propuseram que a Formação Bom Jardim fosse excluída do Supergrupo Uatumã, mas Santos *et al.* (2000) e Juliani *et al.* (2005a) consideram a Formação Bom Jardim como a unidade basal do Grupo Iriri e geneticamente relacionada à evolução do arco magmático Parauari.

b) Formação Salustiano (Pessoa *et al.*, 1977): é composta por derrames de riolito, riodacito, dacito e latito, localmente porfíricos, e por ignimbritos e tufos diversos, de composições cálcio-alcalina de alto potássio (Bahia & Quadros, 2000). O conjunto é comumente cortado por granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha e se encontra localmente hidrotermalizado em diferentes estilos, tipos e intensidades (Nunes *et al.*, 2000; Nunes, 2001; Corrêa Silva *et al.*, 2001; Juliani *et al.*, 2001). Santos *et al.* (2000) obteve idade de 1.870 ± 8 Ma (SHRIMP U–Pb em zircão) para os riolitos. Dall'Agnol *et al.* (1999) obteve idade de 1.888 ± 2 Ma (Pb–Pb em zircão) pelo método de evaporação.

c) Formação Aruri (Pessoa *et al.*, 1977): é constituída por rochas piroclásticas, incluindo tufos, ignimbritos e brechas vulcânicas, e epiclásticas, com tufitos e arenitos tufáceos. Bahia & Quadros (2000) atribuíram a gênese destas rochas ao caráter explosivo dos magmas ácidos da Formação Salustiano, que geraram grandes quantidades de material piroclástico, que teria sido, em parte, retrabalhado e redepositado em ambiente subaquático. Esta unidade hospeda sistemas epitermais *high-sulfidation* mineralizados em ouro quase que totalmente preservados (Juliani *et al.*, 2000, 2001; 2005a; Nunes *et al.*, 2000; 2001; Nunes, 2001). Corrêa-Silva *et al.* (2001) descreveram um sistema epitermal *low-sulfidation*, ou adularia-sericita, mineralizado em cobre e molibdênio, com ouro subordinado, hospedado também nesta unidade. Nos ignimbritos desta sequência (Lamarão, 1999) obteve idades de 1.877 ± 4 Ma (Pb–Pb em zircão).

d) Formação Moraes Almeida, composta por derrames de ignimbritos, lápili-tufos, riolito e traquito alcalinos, de idade Pb–Pb de 1.875 ± 4 Ma em zircão (Lamarão *et al.*, 2002).

A **Suíte Intrusiva Maloquinha** (Almeida *et al.*, 1977) foi inicialmente definida por Santos *et al.* (1974; 1975) como Granito Maloquinha. É composta por granitos sub-vulcânicos ortogênicos de tendências alaskíticas, associados ao vulcanismo ácido Uatumã. Tectonicamente foram gerados em ambientes anorogênicos e pós-colisionais e associam-se espacialmente às vulcânicas do Iriri (Almeida *et al.*, 1999a). A distribuição destes granitos no Cráton Amazônico e sua gênese foram descritas por Bettencourt & Dall'Agnol (1987), Bettencourt *et al.* (1995) e Dall'Agnol *et al.* (1994, 1997, 1999a).

A Suíte é composta por corpos de álcali-feldspato granito, sienogranito e monzogranito leucocráticos de cor rosa a vermelha, comumente de composição alaskítica, com predomínio de ortoclásio peritítico e raro microclínio, os quais afloram como batólitos elípticos a circulares ao longo de lineamentos regionais de direção NW–SE. Frequentemente estas rochas apresentam texturas rapakivi (Brito *et al.*, 1997) e são quimicamente peraluminosas subalcalinas a alcalinas. O padrão de terras raras sugere uma evolução por fusão parcial, e as

características petrográficas, químicas e os modelos de distribuição terras raras são semelhante aos granitos tipo A descritos por Eby (1992). Brito (1999) dividiu as rochas desta unidade em três fácies: *Biotita Granito*, *Hornblenda Granito* e *Riebeckita Granito*, sendo as duas primeiras mais abundantes.

Embora essas rochas tenham idades semelhantes às das vulcânicas do Grupo Iriri, os granitos são um pouco mais novos, pois as cortam em algumas regiões. Para estas rochas Santos *et al.* (1999) obtiveram idades ao redor de 1.870 Ma pelo método U–Pb em zircão.

A inclusão das rochas vulcânicas cálcio-alcálicas do Grupo Iriri no mesmo evento magmático alcalino da Suíte Intrusiva Maloquinha mostra-se inadequada. Juliani *et al.* (2005a), entretanto, consideram que as vulcânicas fazem parte do conjunto tardi- a pós-colisional do evento magmático cálcio-alcálico Parauari, que muitas vezes tem suas rochas confundidas com as do evento anorogênico Maloquinha, em função da cor vermelha intensa, adquirida pelo intenso metassomatismo potássico.

Outras unidades proterozóicas são descritas na província como:

a) **Granito Caroçal**, que foi separado dos granitos Maloquinha devido às suas distintas características químicas. São subalcálicos, mas possuem afinidade cálcio-alcálica de alto potássio. A idade U–Pb SHRIMP em zircão é de 2,6 a 2,7 Ga no núcleo dos cristais e 1,87 Ga nas bordas, esta interpretada como a idade do magmatismo (Santos, 1999, em Almeida *et al.*, 1999). Almeida *et al.* (1999a) consideram que as idades modelos de Sm–Nd ($\epsilon_{Nd} = -0,7$ a $-10,2$) entre 2,24 e 2,85 Ga obtidas por Sato & Tassinari (1997) indicam que a Suíte Intrusiva Maloquinha tem como origem uma crosta continental arqueana.

b) **Suíte Intrusiva Porquinho**: é composta por álcali-feldspato granito, biotita granito, riebeckita granito e hastingsita granito, com características químicas alcalinas (Bahia & Quadros, 2000).

c) **Granito Pepita** (Almeida *et al.*, 2000): composto por corpos de riebeckita–arfvedsonita álcali-feldspato granito a álcali-feldspato granito com formas circulares em mapa, intrusivos na Suíte Porquinho. Apresentam idade SHRIMP U–Pb de ~1,87 Ga (Santos *et al.*, 2000). Segundo Almeida *et al.* (2000) este granito assemelha-se aos granitos do tipo A de Eby (1990).

d) **Lamprófiro Jamanxim**: constitui diques com idade K–Ar em rocha total de 1.536 ± 31 Ma (Almeida *et al.*, 1978), encaixados nas rochas do Grupo Iriri e nas das suítes Ingarana e Parauari.

e) **Formação Buiúçu**: formada predominantemente por corpos de arenito e arenito arcoseano, além de conglomerado, siltito, argilito, tufos e tufitos com estratificação plano paralela, localmente cruzada e com marcas onduladas (Almeida *et al.*, 2000). A idade máxima desta unidade é considerada como sendo a mesma das vulcânicas ácidas do Grupo Iriri, já que encontram-se seixos desta unidade em conglomerados e, idade mínima, dada pela idade do Diabásio Crepori, que estão nela introduzidos.

f) **Diabásio Crepori** (Santos & Loguercio, 1984): constitui diques de diabásio, olivina diabásio e microgabro orientados predominante segundo a direção E-W, além de alguns *sills*. Para estas rochas Santos *et al.* (2000) obtiveram idade 1.778 ± 9 (U-Pb SHRIMP) em baddeleyita.

g) **Suíte Intrusiva Cachoeira Seca**: é composta por diques e derrames de olivina gabro, diorito, troctolito e diabásio troctolito, com idade K-Ar em plagioclásio de 1.072 ± 18 Ma (Pessoa *et al.*, 1977)

h) **Rochas Básicas Indiferenciadas**: (Quadros *et al.*, 1999) se referem a uma série de rochas básicas cujas informações ainda são insuficientes para agrupá-las como unidade ou para o estabelecimento de correlações. Incluem neste grupo diques de rochas básicas mesozóicas que ocorrem na porção meridional do Cráton Amazônico.

As **Coberturas Fanerozóicas** compreendem sedimentos mais novos que 590 Ma (Coutinho *et al.*, 1997; Vasquez *et al.*, 1996). O Paleozóico está representado pela Bacia do Tapajós, com as Formações Jatuarana e Ipixuna, o Mesozóico pela Formação Alter do Chão (seqüência de topo da Bacia Amazônica) e o Cenozóico pelas coberturas lateríticas terciárias, sedimentares fluviais e aluvionares pleistocênicas (Faraco *et al.*, 1997). Sedimentos clásticos, lateritas, alúvios e colúvios são englobados nesta unidade. Estas coberturas são importantes depósitos de ouro na Província Aurífera do Tapajós, notadamente os aluviões e coluviões, onde a atividade garimpeira foi responsável por grande parte da produção de ouro da região.

2.2 Alteração Hidrotermal ou Sistemas Hidrotermais - Generalidades

A descrição da alteração hidrotermal utilizada aqui é baseada no trabalho de Pirajno (1992), que considera que os tipos de alteração hidrotermal são frutos da interação das soluções hidrotermais, que afetam a mineralogia original da rocha em três principais estilos de alteração: **pervasivo**, que oblitera parcialmente ou totalmente a textura original da rocha; **pervasivo-seletivo**, que se refere à substituição de um mineral específico e; **não-pervasivo**, que se referem às porções da rocha que foram afetadas pelo fluido hidrotermal.

Alteração hidrotermal é um processo muito complexo que envolve mudanças mineralógica, químicas e texturais, geradas pela interação de fluidos quentes aquosos com rochas que passam através desses fluidos. São processos metassomáticos e reações de mudança de base, onde o mais importante, principalmente em sistemas hidrotermais ígneos, é o metassomatismo alcalino e de H^+ . Os produtos deste metassomatismo resultam em diferentes tipos de alteração hidrotermal, em função do ambiente de colocação da rocha e das atividades de K^+ e H^+ (aK^+/aH^+). Esta razão decresce conforme o sistema é submetido a baixas temperaturas e pressões, ou seja, com o incremento do metassomatismo de H^+ no sistema, a alteração pode migrar de alcalina a argílica (**Fig. 04**). Neste esquema, conforme decresce a razão $\log aK^+/aH^+$ (aumento do metassomatismo de H^+), podem ocorrer os seguintes tipos de alteração: (1) metassomatismo alcalino com alterações sódicas e potássicas

silicáticas; (2) alteração propilitica; (3) alteração sericitica (ou fílica); (3) alteração argílica intermediária e; (5) alteração argílica avançada.

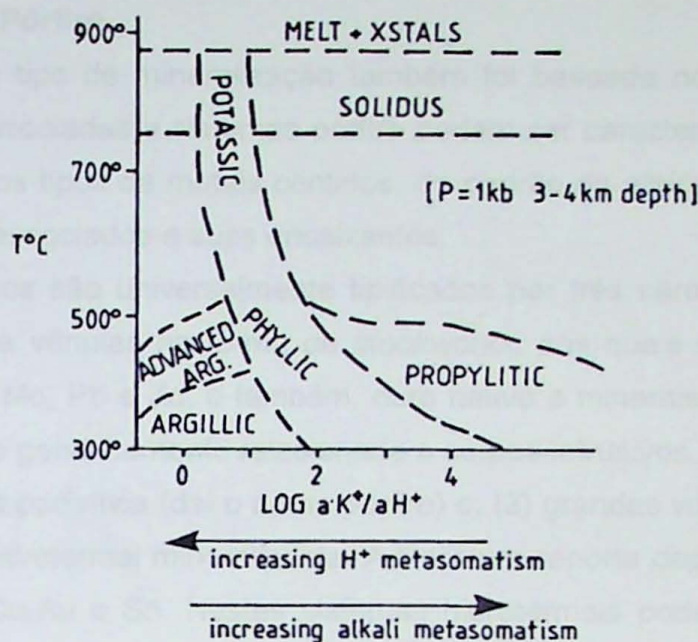


Figura 04: Gráfico dos tipos de alteração hidrotermal em função da temperatura e da razão da atividade de K⁺ e H⁺ (Guilbert and Park 1985; Burnham and Ohmoto 1980 *apud* Pirajno, 1992)

Assim, os principais tipos de alteração são:

- Alteração alcalina (sódica e potássica): alteração de mais alta temperatura (600 a 800 °C), bastante comum nos primeiros estágios pós-magmáticos. É causada pela interação dos fluidos residuais da cristalização magmática com os minerais formados a partir do próprio magma ou das rochas encaixantes. Esta interação resulta no crescimento de novos minerais no estado *subsolidus*, com a troca de bases nos feldspatos, mudanças na estrutura cristalina, albitização e/ou microclinização e crescimento de micas tri-octaédricas.
- Alteração propilitica: alteração caracterizada pela adição de H₂O e CO₂ e, localmente, S no sistema. Sua mineralogia típica é dada por assembléias com epidoto, clorita, albita, além de carbonatos, feldspato potássico, pirita e sericita subordinados. Eventualmente apresenta quartzo e finos cristais de actinolita. Esta alteração ocorre nas partes distais da fonte de calor (intrusão do magma) e em maiores profundidades.
- Alteração sericitica: este tipo de alteração foi anteriormente chamado de fílica. É caracterizada pela cristalização de sericita e quartzo, que são fases residuais de reações de desestabilização dos feldspatos, comumente causada por misturas de fluidos ígneos e meteóricos. Muitas vezes, esta alteração oblitera totalmente a mineralogia original da rocha.
- Alteração argílica: alteração de fase tardia nos sistemas hidrotermais, que resulta na decomposição dos feldspatos para argilo-minerais, produzidos por intensa lixiviação

ácida em baixas temperaturas (300 a 100 °C) e pela baixa atividade de íons alcalinos, especialmente potássio.

2.3 Mineralização Tipo Pórfiro

A descrição deste tipo de mineralização também foi baseada no trabalho de Pirajno (1992). Mineralizações associadas a sistemas pórfiro podem ser caracterizadas em função do ambiente geotectônico, dos tipos de metais contidos, do padrão da alteração hidrotermal e da natureza dos granitóides associados e suas encaixantes.

Os sistemas pórfiros são universalmente tipificados por três características principais: (1) a presença de veios e vênulas na forma de *stockworks*, aos quais se associam sulfetos disseminados de Fe, Cu, Mo, Pb e Zn, e também, ouro nativo e minerais de Bi, W e Sn; (2) a mineralização é espacial e geneticamente relacionada a corpos intrusivos, dos quais, ao menos um deles, possui a textura porfirítica (daí o nome pórfiro) e; (3) grandes volumes de rochas são afetados pela alteração hidrotermal mineralizante. A literatura reporta depósitos do tipo pórfiro de Cu, Cu-Mo, Mo, W, Cu-Au e Sn. Nestes sistemas hidrotermais podem ocorrer três tipos distintos de mineralização: (a) *stockwork* (sistemas de veios e vênulas); (b) em determinadas zonas de alteração hidrotermal (sericítica, por exemplo) e; (c) diretamente relacionada com a intrusão (*intrusion related*).

Sistemas pórfiro geralmente ocorrem em limites convergentes de placas tectônicas ou são relacionados à *rifts*. Nas margens convergentes eles se formam acima da zona de subducção, em margem continental e em arco de ilhas intra-oceânicos. Exemplos recentes ocorrem nos Andes e, mais antigos em ilhas do Pacífico. Geralmente estão associados a seqüências cálcio-alcalinas e contém Cu com Au e Mo subordinados. Já os pórfiros relacionados à *rifts* ocorrem em: (1) ambiente de retro-arco, após o fim da subducção, com associação de granitos alcalinos tipo A e riolitos; (2) zonas de *rifts* formados durante o início de um Ciclo de Wilson e; (3) zonas de *rifts* desenvolvidas em uma placa tectônica exumada seguida por colisão continental. Todos estes tipos se associam a magmas do tipo A e rochas graníticas que contém Cu + Mo e Mo ± W. A **Figura 05** apresenta os sistemas pórfiros relacionados aos seus respectivos ambientes geotectônico e o metal dominante.

A alteração hidrotermal e a mineralização são características essenciais dos depósitos do tipo pórfiro. Eles formam uma concha concêntrica centralizada na zona produtiva da intrusão. Os efeitos da alteração hidrotermal se estendem por um grande volume das rochas encaixantes ao redor e acima da intrusão, sendo que a natureza dos fluidos responsáveis pela alteração hidrotermal pode ser tanto de origem ígnea como meteórica.

A **Figura 06** mostra o modelo de Lowell e Guilbert (1970) de uma mineralização com os principais tipos de alterações e seus limites dentro da intrusão. Segundo este modelo, a primeira fase de alteração hidrotermal é a alcalina (geralmente potássica), que age de dentro para fora do corpo, resultando em um halo que envolve e afeta o plúton e as rochas

encaixantes. A alteração propilitica ocorre mais externamente, é mais difusa e é caracterizada pela mineralização disseminada ou em vênulas de sulfetos. Em um estágio mais tardio, como resultado da interação dos fluidos ígneos com água meteórica, podem ocorrer alterações sericitica e argílica, que obliteram as alterações anteriores e remobilizam a mineralização associada aos sulfetos.

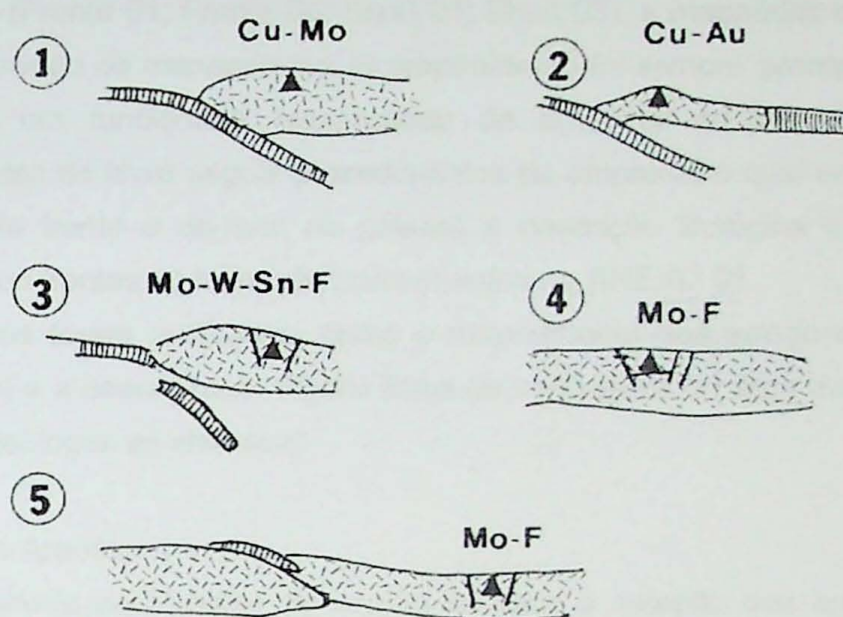


Figura 05: Ambientes geotectônicos de geração de sistemas pórfiros, mostrando as principais mineralizações de metais associados. 1. Zona de subducção em margem continental (Tipo Andes); 2. Zona de subducção em arco de ilha; 3. Rift de retro-arco posterior à subducção; 4. Zona de rift intracontinental; 5. rifting associado a colisão continental. (Sillitoe 1980 *apud* Pirajno, 1992)

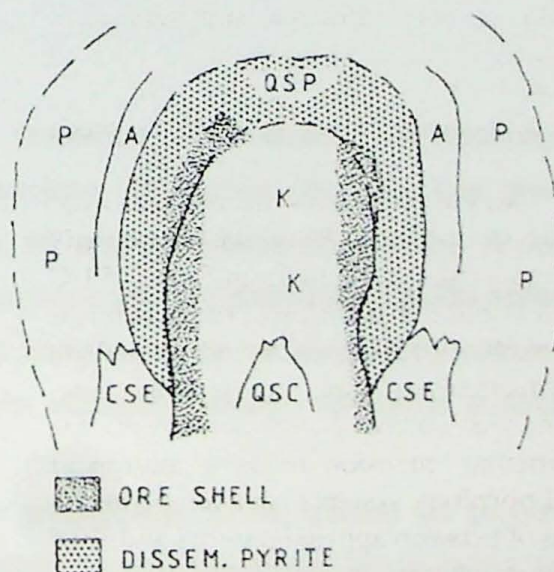


Figura 06: Modelo Lowell e Guilbert de mineralização zonada em sistema tipo pórfiro relacionado a quartzo monzonito. Alterações: K = potássica; A = argílica; QSP = sericitica (fílica) (quartzo-sericita pirita); P = propilitica; CSE = clorita-sericita-epidoto ± magnetita; QSC = quartzo-sericita-clorita ± feldspato potássico. (Lowell and Guilbert 1970 *apud* Pirajno, 1992)

3 METODOLOGIA

3.1 Trabalho de Campo

Durante o período de 30 dias (entre os dias 14/12/2005 e 12/01/2006) foi realizado o trabalho de campo na área da mina, cujo objetivo foi reconhecer as principais unidades litológicas e suas relações estratigráficas. O trabalho focalizou as galerias subterrâneas da mina, o qual compreendeu o mapeamento das frentes de lavra. Foram visitadas 4 (quatro) galerias subterrâneas (Frente 01; Frente 03; Shaft 01; Shaft 03), e mapeadas diversas frentes de lavra durante o período do mapeamento. O mapeamento foi sempre acompanhado de um geólogo de mina e um funcionário encarregado de amostrar as frentes de lavra. O mapeamento das frentes de lavra seguia procedimentos da empresa, o qual englobava croqui (desenho em perfil da frente e do teto da galeria) e descrição litológica e estrutural das mesmas. Os mapas das frentes de lavra são apresentados no ANEXO 01.

Outros trabalhos foram realizados, como o mapeamento nos arredores da mina (às margens do Rio Novo) e a descrição de alguns furos de sondagens da área da mina (também acompanhada pelos geólogos da empresa).

3.2 Seleção de Amostras

No mesmo período do trabalho de campo foi feita a seleção das amostras para o desenvolvimento deste trabalho. Foram coletadas 66 amostras entre amostras de frente de lavra, do mapeamento superficial e de testemunhos de sondagens. O ANEXO 02 apresenta a tabela das amostras coletadas e seus respectivos locais de coleta. O ANEXO 01 apresenta os pontos amostrados no mapa. Outras amostras coletadas pelo orientador também foram utilizadas para auxiliar este estudo

3.3 Petrografia

Todas as amostras coletadas foram descritas macroscopicamente. Para as descrições microscópicas foram preparadas 16 seções delgadas dos granitos Palito e Rio Novo e do granodiorito Fofuinha, e 16 seções polidas do minério. A descrição macroscópica dessas amostras e as seções delgadas e polidas preparadas estão apresentadas no ANEXO 02. Com o intuito de aperfeiçoar e complementar as descrições macro e microscópica dos litotipos envolvidos neste estudo foi utilizado também amostras e seções delgadas coletadas pelo orientador.

As amostras foram preparadas no laboratório de preparação de amostras do GMG-IGUSP. Os estudos petrográficos microscópicos foram feitos em microscópio Zeiss, modelo Axioplan PI, do Laboratório de Óptica do GMG-IGUSP. Para as fotomicrografias foi utilizado um microscópio Zeiss com uma câmera fotográfica digital acoplada a ele, modelo Olympus C5060 – ADU.

Nestes trabalhos foram utilizadas as obras de Kerr (1959), Troger (1979), Bard (1986),

Ixer (1990), Deer *et al.* (1993), Klein & Hurlbut (1993), MacKenzie & Adams (1994), Hibbard (1995), Melgarejo (1997) e Tröger (1979).

3.4 Análises Laboratoriais

Foram feitas 180 análises de química mineral em Microsonda Eletrônica para caracterização das variações composicionais dos diferentes minerais, como plagioclásio, feldspato potássico, anfibólio e micas (biotita, clorita, muscovita e sericita). Esses minerais foram separados em função do seu estágio de cristalização e grupos genéticos, magmático e hidrotermal. Para a realização destas análises foram utilizadas cinco seções delgadas polidas. As amostras foram preparadas no laboratório de preparação de amostras do GMG-IGUSP e as análises foram realizadas com a Microsonda Eletrônica JOEL, modelo JXA-8600 SuperProbe, do GMG-IGUSP.

Para o tratamento dos dados foi utilizado o software MINPET 2.02. Este programa calcula as fórmulas estruturais dos cristais a partir dos dados de peso de cada óxido obtidos em percentagem na microsonda. Os diagramas classificatórios, ternários para os feldspatos e binários para as micas e anfibólios foram feitos com o mesmo software. O ANEXO 03 apresenta os resultados obtidos em cada análise.

4 RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Geologia Local e Mineralização

A geologia da mina é composta pelos Granitos Palito, Rio Novo, e por uma rocha granodiorítica, localmente denominada com Granodiorito Fofquinha, todos possivelmente pertencentes à Suíte Intrusiva Parauari. Estas rochas são cortadas por diques de riolito porfírico e de rochas básicas. A **Figura 07** apresenta o mapa geológico preliminar dos arredores da mina do Palito.

O Granito Palito forma em planta um corpo alongado na direção N–S, situado no contato entre o Granodiorito Fofquinha e o Granito Rio Novo. O contato com o Granodiorito a oeste é vertical, enquanto o contato com o Granito Rio Novo, a leste, mergulha de ~35° para oeste. O Granito Palito parece constituir parte de um domo subvulcânico (parcialmente erodido) intrusivo em fraturas anelares na borda do Granito Rio Novo.

A mineralização de Au–(Cu) ocorre em veios associados a zonas de alteração hidrotermal de cor cinza, encaixados quase que essencialmente no Granito Palito, mas também no Granito Rio Novo, nas proximidades do contato entre ambos. Os veios possuem direção predominante NW–SE e são deformados por zonas de cisalhamento com a mesma direção (Silva, 2005).

O Granito Palito tem como característica marcante uma cor vermelha intensa, produto do forte metassomatismo potássico que o afetou, além de outros tipos de alteração sobrepostas, como a propilítica, a sericítica e a argílica, estas de caráter predominantemente

fissural. O Granito Palito mostra-se intensamente hidrotermalizado, mas a intensidade da alteração hidrotermal diminui substancialmente nas encaixantes (Granito Rio Novo), onde os veios mineralizados são também mais delgados e com menor teor de ouro e cobre.

A seqüência da alteração hidrotermal é caracterizada por um forte metassomatismo potássico pervasivo inicial, seguido por alterações propilíticas relativamente intensas em fraturas e zonas de *stockworks* e alteração sericítica fissural, com a qual se associa a sulfetização e a mineralização de ouro. Localmente, nas proximidades da cúpula e nas porções distais, ocorrem alterações argílicas em fissuras, com pirofilita, sericita e caolinita.

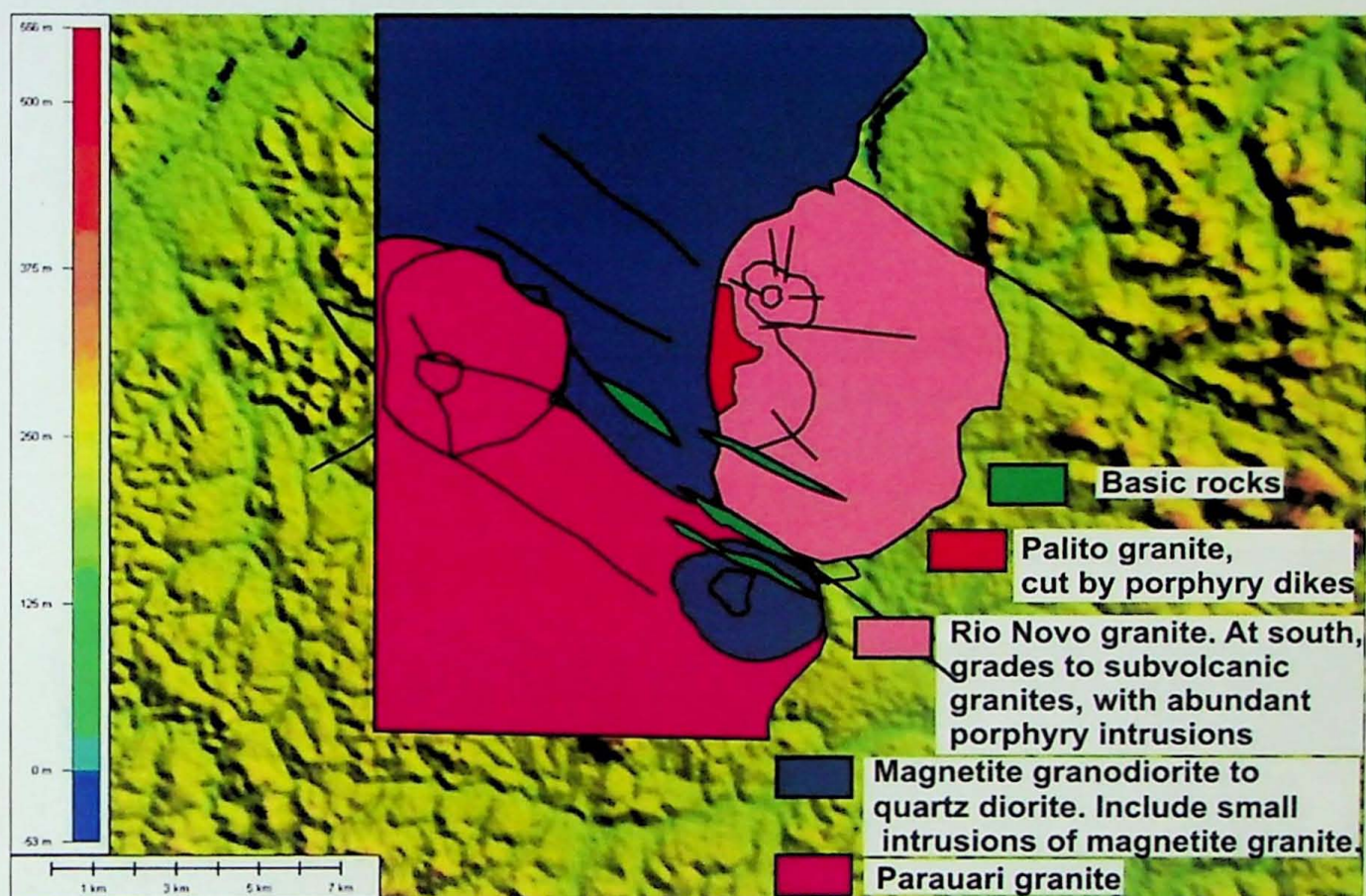


Figura 07: Mapa geológico da mina do Palito e arredores, sobreposto em imagem SRTM.

O Granito Rio Novo é a rocha encaixante do Granito Palito, sendo diferenciado deste último, pela textura porfirítica e granulação mais grossa, além da cor rosa clara a cinza-arroseado. Neste granito o metassomatismo potássico é, em essência, fissural e restrito às proximidades do contato com o Granito Palito. As alterações mais intensas são propilíticas, também concentradas nas proximidades do contato com o Granito Palito e as alterações sericíticas são bastante localizadas e associadas a zonas de fraturas. A distribuição das zonas de alteração hidrotermal, desta forma, indica uma origem a partir do Granito Palito, com atenuação da intensidade e da temperatura (alteração potássica para propilítica) em direção ao Granito Rio Novo, que o encaixa. Nele também ocorrem os veios de minério (Silva, 2005).

O granodiorito, denominado pelos geólogos da mina como Fofquinha, ocorre na porção nordeste da mina. Possui cor cinza, granulação média a grossa, índice de cor >15% e

tem sua composição pouco afetada pelas alterações hidrotermais que afetaram os outros dois litotipos.

Os veios hidrotermais apresentam cor cinza, nas porções com clorita e sericita e, amarela, nas porções com sulfetos (essencialmente pirita e calcopirita), além de veios quartzo e fluorita associados.

A mineralização está hospedada principalmente no Granito Palito, onde constitui veios de quartzo com pirita, calcopirita, rutilo, fluorita, carbonato e ouro, ou veios de sulfetos maciços, por vezes formados quase que totalmente por calcopirita e calcocita. Algumas vezes as zonas hidrotermais associam-se a brechas hidrotermais, próximo do contato do veio com a rocha.

Observam-se também brechas que cortam os veios sulfetados mineralizados, caracterizando um evento tectônico rúptil posterior a mineralização, que reativou uma ou mais vezes as falhas que hospedam os veios mineralizados.

4.2 Trabalho de campo

Entre os dias 14 de dezembro de 2005 e 12 de janeiro de 2006 foi realizado o trabalho de campo na área da mina do Palito (SERABI MINERAÇÃO), com o apoio da própria empresa, que custeou todas as despesas do aluno. O trabalho foi supervisionado por geólogos do departamento de geologia de exploração e do departamento de geologia de mina.

A área da mina é apresentada na **Foto 01**, com os principais acessos e entradas às galerias subterrâneas.

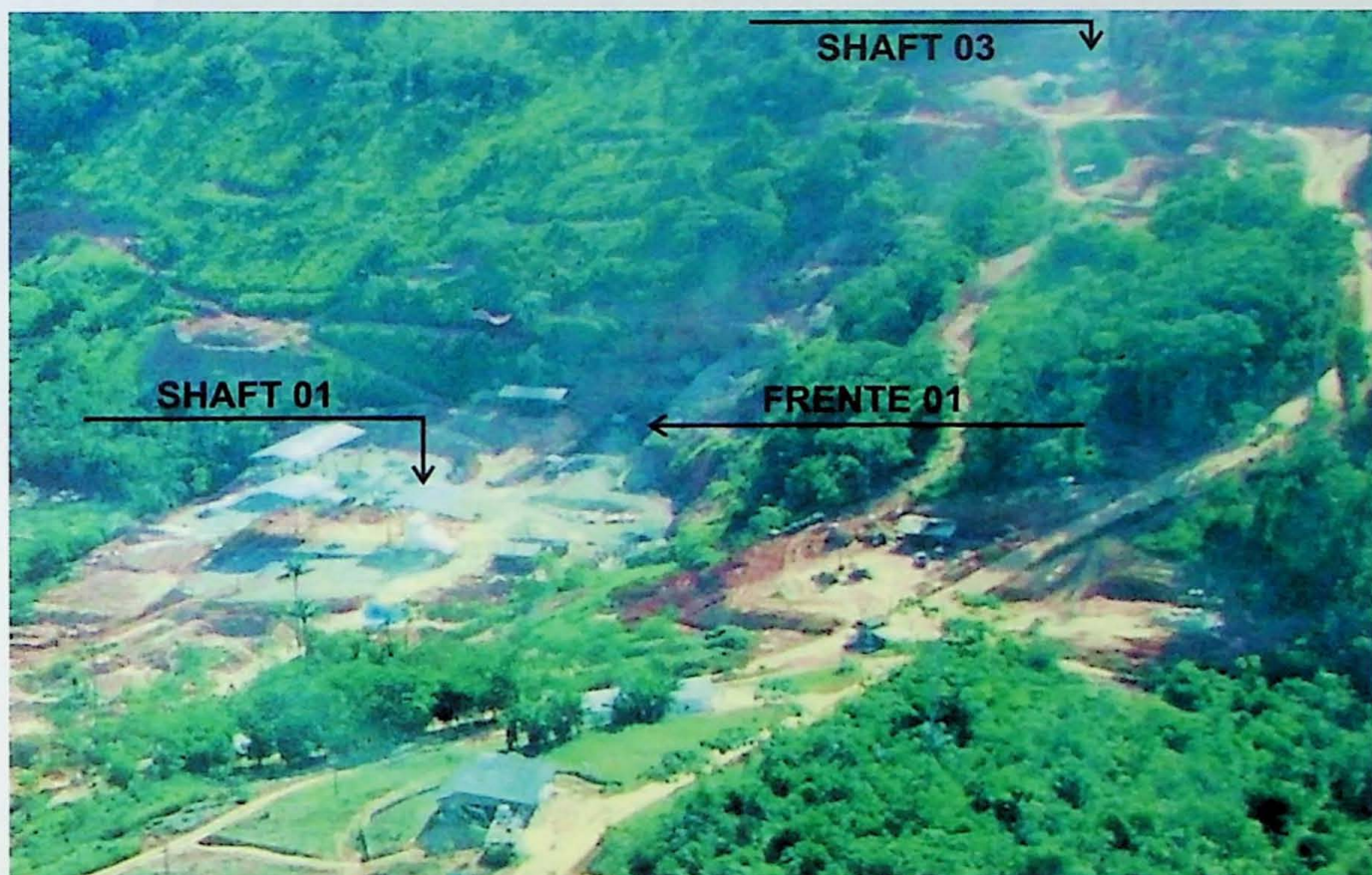


Foto 01: Foto aérea da área da mina do Palito indicando as principais galerias e seus acessos. Os trabalhos realizados contemplaram principalmente o acompanhamento dos serviços

realizados pelos geólogos de mina nas galerias subterrâneas como: (a) amostragem de frente de lavra (ou amostragem de canal); (b) locação de furos nas paredes das galerias para o mapeamento da mina, com sonda rotativa pequena (furos subterrâneos); (c) medição do desvio dos furos com equipamento digital. Além disso, foi possível acompanhar o dia-a-dia dos técnicos e mineiros, que fazem a perfuração e a explosão das paredes das frentes de lavra, e posteriormente retiram o material demolido (minério bruto) com carrinhos que correm em trilhos até o local de empilhamento do minério (**Foto 02**). Foram também acompanhados os serviços de rotina feitos pelos geólogos do departamento de geologia de exploração, que contemplam: (a) planejamento dos furos de sondagem de superfície; (b) execução dos furos de sondagens rotativas de superfície; (c) descrição dos furos de sondagem de superfície; (d) mapeamento geológico local na área do entorno da mina; (e) levantamentos topográficos da área da mina e arredores; (f) trabalhos de escritório, como elaboração de plantas e mapas da mina, perfis geológicos e relatórios.



Foto 02: Remoção de minério até o local do empilhamento

Durante esta etapa de campo foram coletadas amostras das frentes de lavra, tentando amostrar a mais completa variação existente entre o veio de minério e a rocha encaixante (granito Palito ou Rio Novo). Também foram coletadas algumas amostras dos furos de sondagem, mais precisamente das zonas mineralizadas, a fim de caracterizar petrograficamente os minerais presentes nessa zona. Ainda foram amostradas rochas do entorno da mina, às margens do Rio Novo (a leste da área da mina), com o intuito de verificar a extensão dos litotipos presentes na área da mina.

O acompanhamento do mapeamento geológico e topográfico foi breve, devido ao cronograma dos geólogos estarem focados nos relatórios de final de ano. Assim, este trabalho

de campo focou o mapeamento e a amostragem das galerias subterrâneas e a descrição e amostragem dos testemunhos de sondagens.

4.3 Petrografia

A descrição petrográfica se resume às rochas hospedeiras dos veios de minério que estão sendo atualmente lavrados e aos próprios veios de minério. Nesta etapa do trabalho foram feitas as descrições macroscópicas dos litotipos presentes na área e a descrição microscópica de seções delgadas dos granitos Rio Novo e Palito, do granodiotito Fofuquinha e das seções polidas dos veios de minério. Além da análise petrográfica, este estudo teve o intuito de observar também os principais produtos gerados pelo hidrotermalismo que afetou as rochas em questão.

As observações feitas durante o mapeamento de mina constataram que os veios de minério (**Foto 03**) têm orientação preferencialmente noroeste-sudeste, são centimétricos a métricos e compostos predominantemente por sericita, clorita (cor cinza), pirita e calcopirita (cor amarelo pálido, latão e cobre), que muitas vezes estão associados a veios de quartzo de cor branca fosca e, menos freqüente, a veios de fluorita de cor roxa. Às vezes os veio de minério são bandados, com zonamentos de pirita e da calcopirita (**Foto 04**), evidenciando pelo menos duas fases de percolação dos fluidos hidrotermais que precipitaram esses minerais.

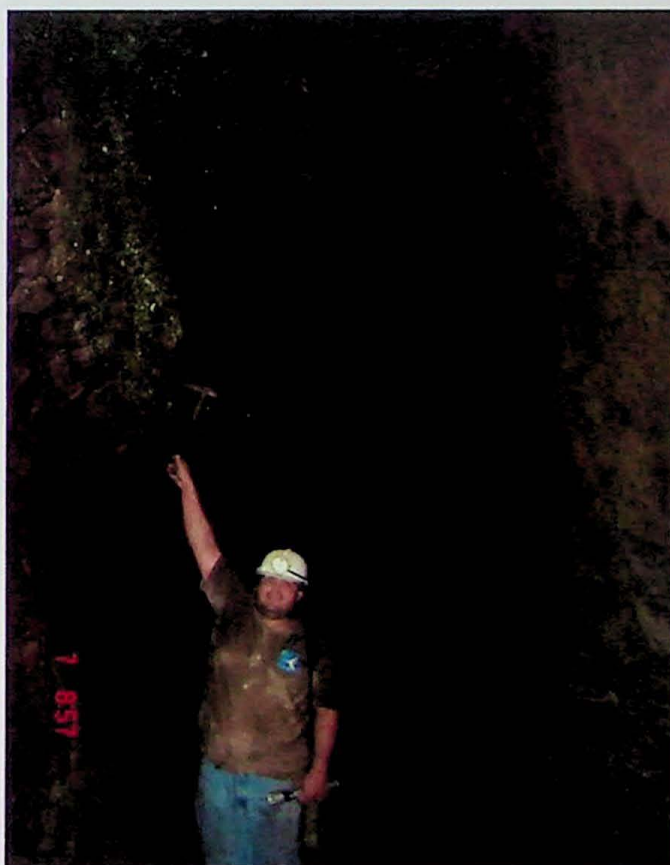


Foto 03: Fotografias dos veios de minério. Foto da esquerda mostra o veio de minério que será lavrado; foto da direita mostra parte do veio de minério já lavrado

Observa-se também que os veios não são contínuos e frequentemente são interrompidos por falhas (**Foto 05**). Os perfis mostrados na **Figura 08** mostram esse fato com maior clareza, onde a amarração das sondagens de superfície evidencia a descontinuidade dos veios de minério. A **Figura 08** apresenta dois perfis da área da mina, feitos com auxílio das sondagens e das análises dos intervalos mineralizados. Eles indicam a relação entre os veios de minério e as rochas encaixantes.

A rocha encaixante destes veios é, em quase toda a extensão das galerias, o granito Palito, que foi afetado por forte metassomatismo potássico, que confere a ele sua cor vermelha característica. A rocha tem textura equigranular fina e é composto predominantemente por feldspato potássico, quartzo e plagioclásio, quase sem minerais máficos, mas quando visíveis são predominantemente biotita. É comum observarem-se porções cinza e branca no granito, produto de alterações hidrotermais, respectivamente, sericitica e argílica.

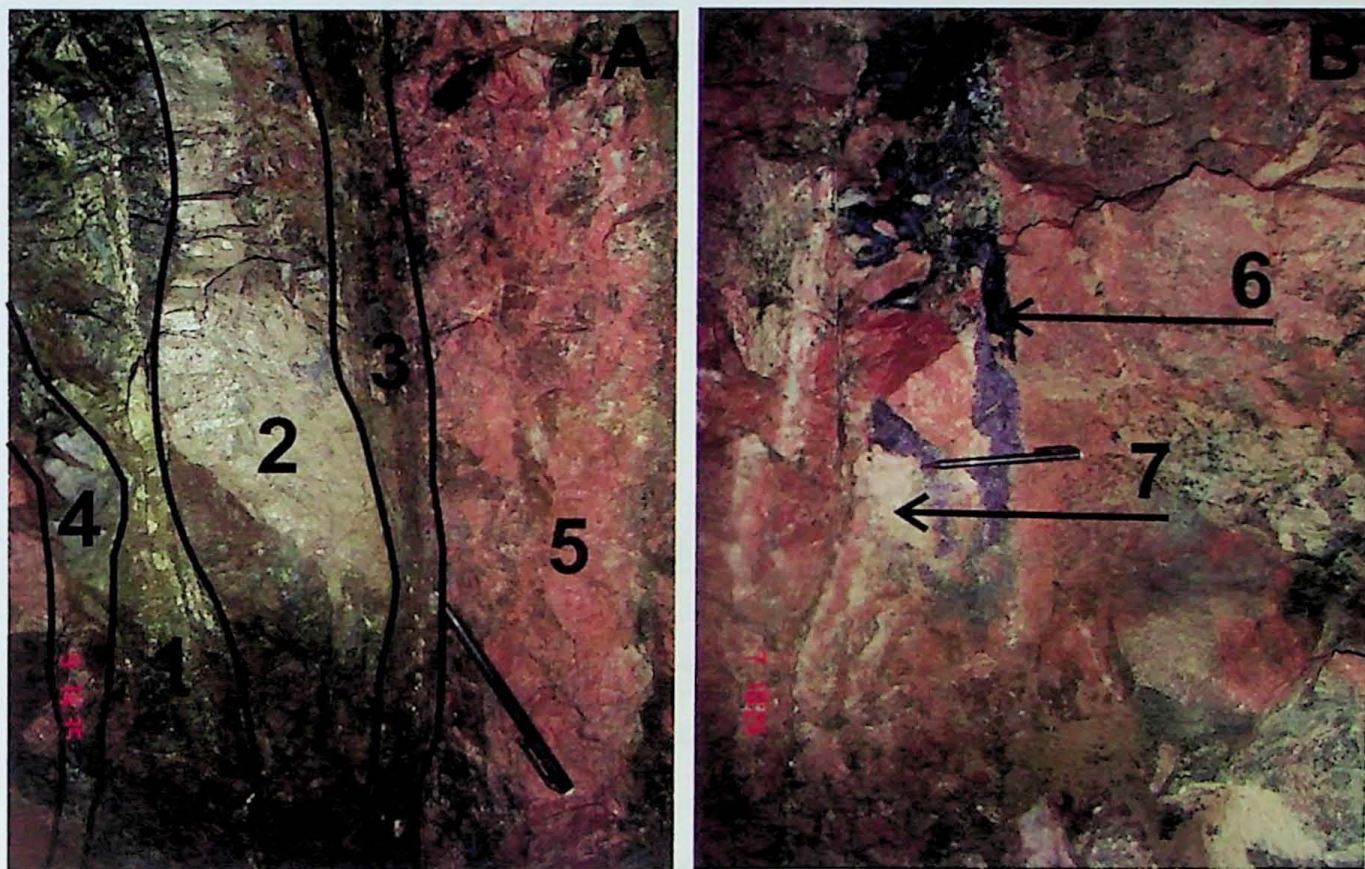


Foto 04: (A): veio de minério com bandamento de sulfetos. (1) calcopirita; (2) pirita; (3) brecha de cisalhamento; (4) veio de quartzo e; (5) granito Palito hidrotermalizado brechado; (B) veio de fluorita (6) e quartzo (7).

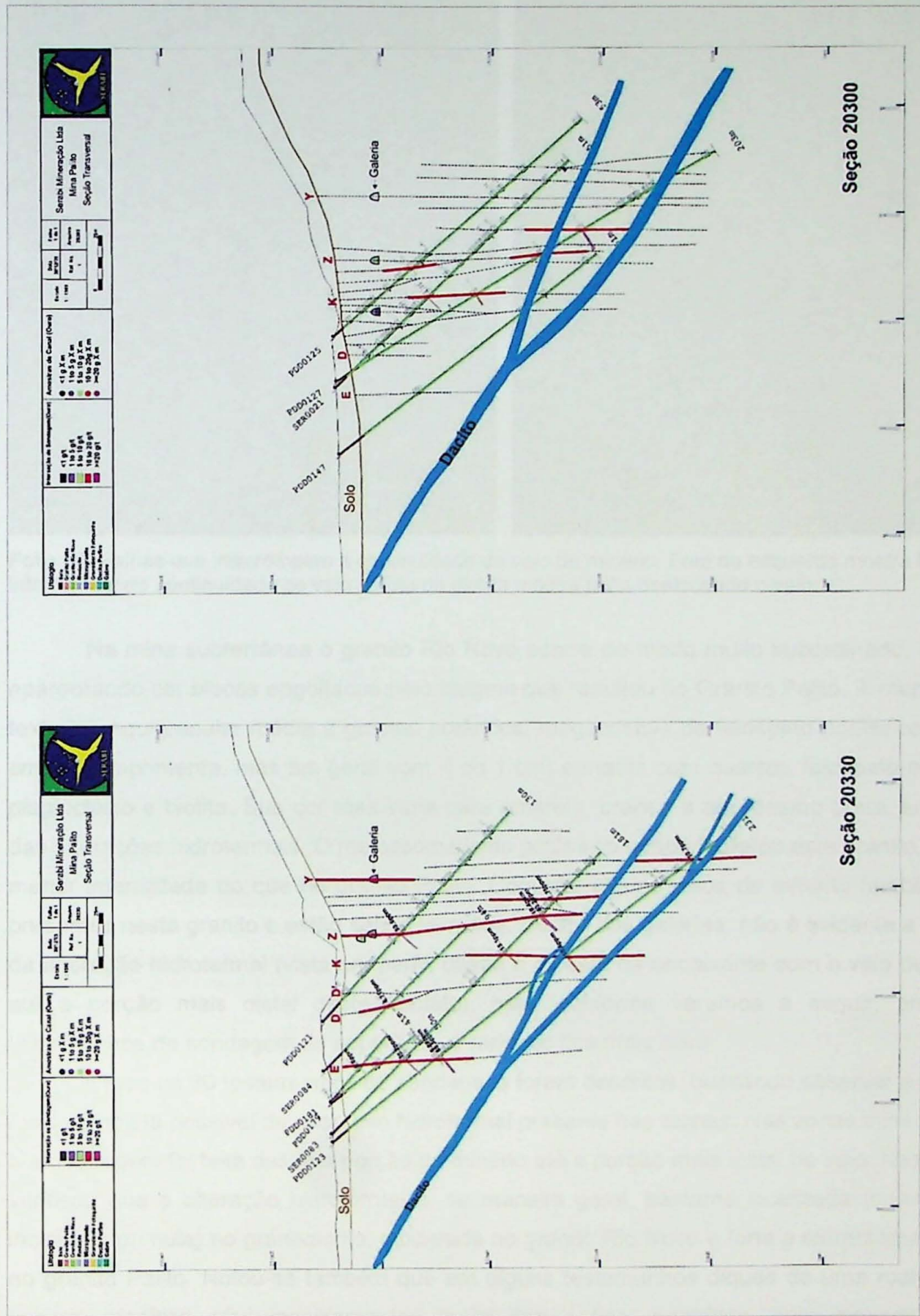


Figura 08: Perfis E-W da mina do Palito, mostrando a relação dos veios (em vermelho) com a rocha encaixante

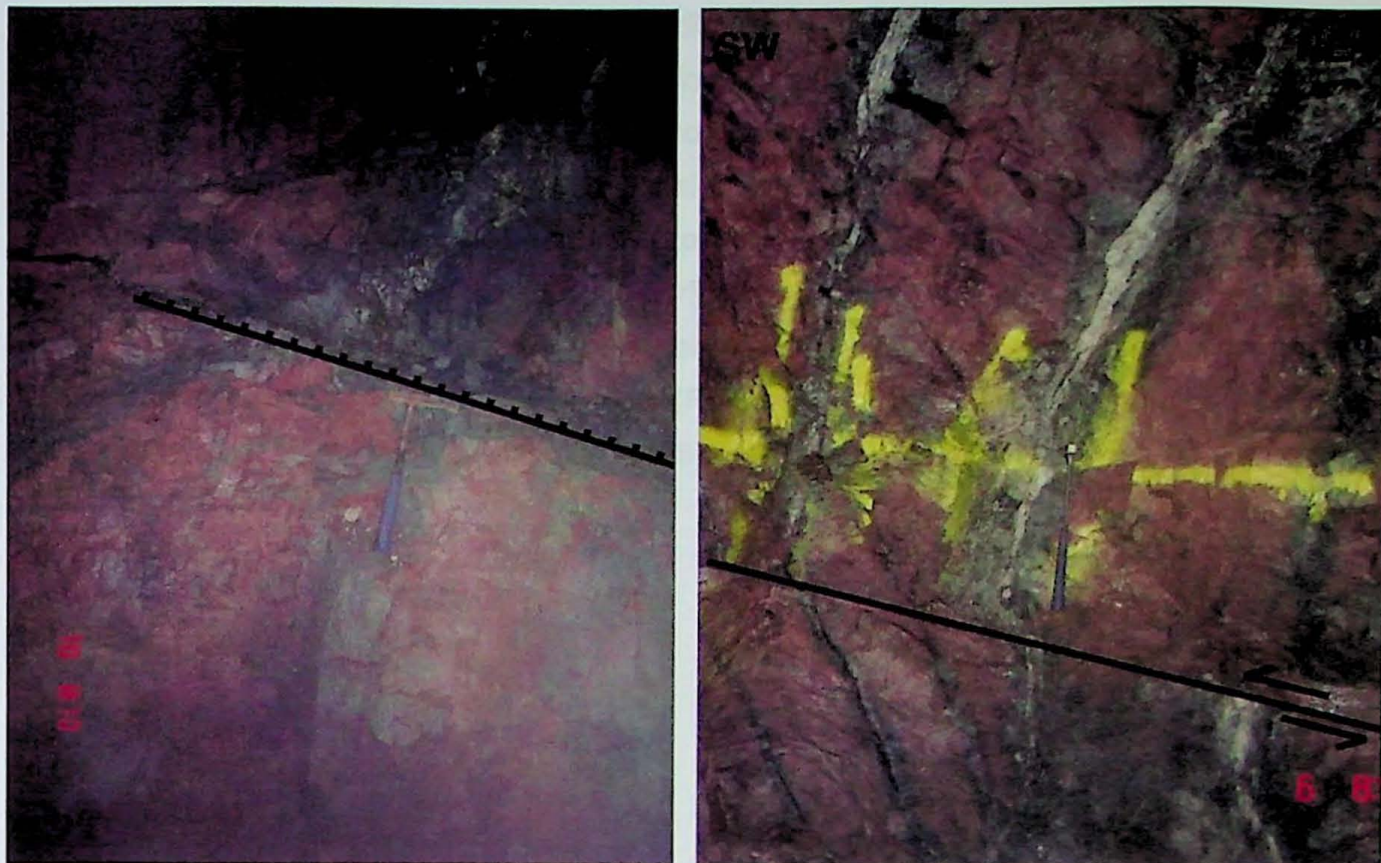


Foto 05: Falhas que interrompem a continuidade do veio de minério. Foto da esquerda mostra falha interrompendo continuidade do veio e; foto da direita mostra falha deslocando o veio.

Na mina subterrânea o granito Rio Novo ocorre de modo muito subordinado, às vezes aparentando ser blocos engolfados pelo magma que resultou no Granito Palito. A rocha possui textura inequigranular média a grossa, porfirítica, megacristais de feldspato potássico (até 1,5 cm de comprimento, mas em geral com < de 1 cm) e matriz com quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita. Sua cor rosa varia para amarela, branca e até mesmo preta, em função das alterações hidrotermais. O metassomatismo potássico também afetou este granito, mas em menor intensidade do que no granito Palito. Contudo, alguns veios de minério também estão presentes neste granito e estão sendo lavrados. Dentro das galerias, não é evidente a variação da alteração hidrotermal (vista em perfil, desde o contato da encaixante com o veio de minério até a porção mais distal deste contato), mas, conforme veremos a seguir, analisando testemunhos de sondagem de superfície, a variação fica mais clara.

Cerca de 30 testemunhos de sondagens foram descritos, buscando observar a variação mais completa possível da alteração hidrotermal presente nas rochas. Nas zonas mineralizadas a amostragem foi feita desde a porção do minério até a porção mais distal do veio. Nesta etapa verificou que a alteração hidrotermal é, de maneira geral, bastante localizada (normalmente incipiente ou nula) no granodiorito, moderada no granito Rio Novo e forte a extremamente forte no granito Palito. Notou-se também que em alguns testemunhos diques de uma rocha cinza-escura, afanítica e/ou inequigranular, muito fina a fina, porfirítica, com megacristais de plagioclásio e de feldspato potássico, cortam todas as rochas, com contatos retilíneos com as encaixantes. Estas rochas não estão afetadas pela alteração hidrotermal e foram classificadas

como dacito porfíritico, riolito afanítico porfíritico e riodacito porfíritico. As descrições dos testemunhos foram acompanhadas pelos geólogos da SERABI, que separam a geologia local em três principais tipos de rochas: o granito Palito, o granito Rio Novo e o granodiorito Fofuquinha. São as rochas que afloram no local onde estão sendo lavrados os veios de minério e onde os furos de sondagem estão sendo projetados. Além destas, tem-se também os veios de minério e os diques de dacito e riodacito porfíritico.

Com isso foi possível observar com mais clareza as texturas e variações existentes no granito Palito (**Foto 06**), no granito Rio Novo (**Foto 07**), no granodiorito Fofuquinha (**Foto 08**), nos diques de dacito e riolito porfíritico (**Foto 09**) e no minério (**Fotos 10 e 11**).

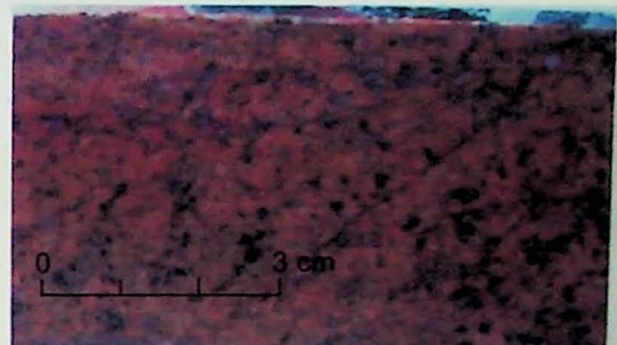
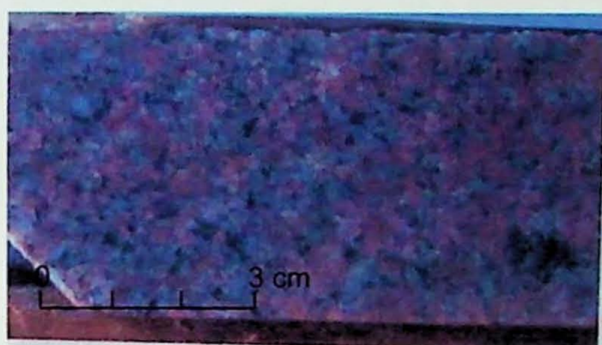


Foto 06: Aspecto macroscópico do granito Palito mostrando a alteração potássica fraca (à esquerda) e forte (à direita).

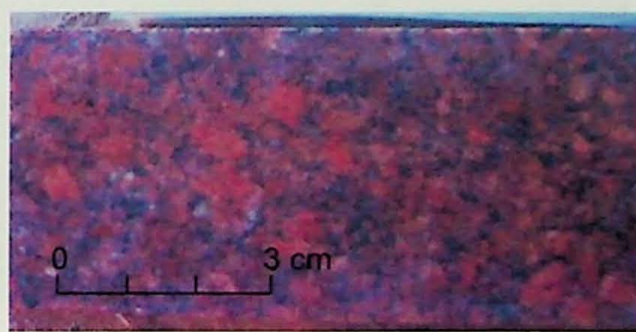
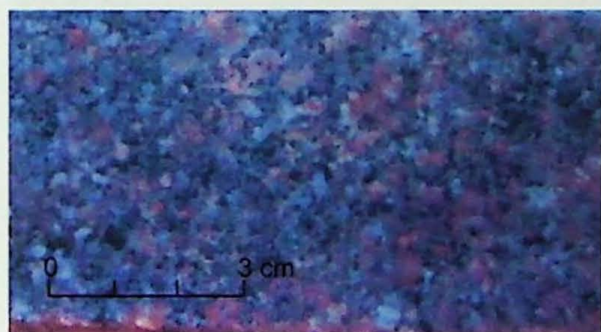


Foto 07: Aspecto macroscópico do granito Rio Novo, mostrando a alteração potássica fraca (à esquerda) e moderada a forte (à direita)

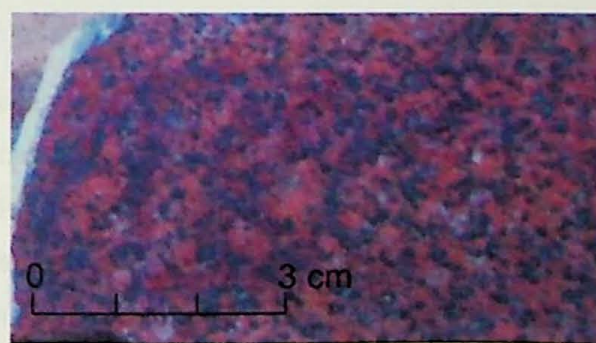
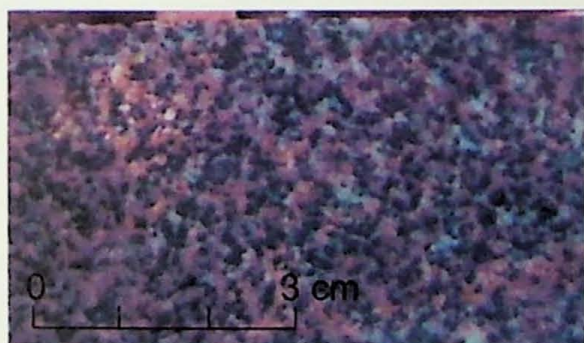


Foto 08: Aspecto macroscópico do granodiorito Fofuquinha, com alteração potássica ausente (à esquerda) e forte (à direita). Notar a diferença do IC, em relação aos granitos.

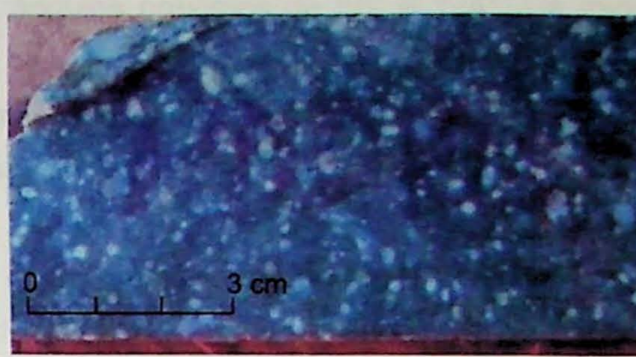
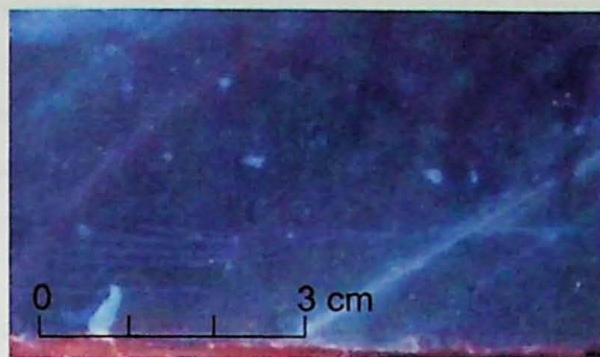


Foto 09: Aspecto macroscópico das rochas intrusivas nos granitos e no granodiorito. Riolito porfírico com matriz afanítica (à esquerda) e dacito porfírico (à direita).

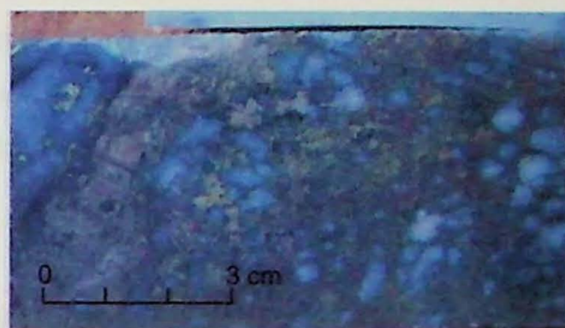
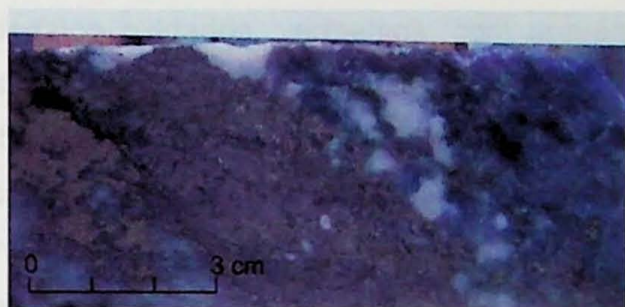


Foto 10: Aspecto macroscópico dos veios de minério. Veio com quartzo, pirita, fluorita e calcopirita (à esquerda) e veio com quartzo, pirita, pirrotita e calcopirita (à direita).



Foto 11: Aspecto macroscópico da alteração potássica no granito Rio Novo (a direita), com sobreposição de alteração sericítica e propilítica fissural, com um veio de quartzo mineralizado, (cor clara) com pirita, pirrotita e calcopirita (a esquerda).

4.3.1 Granito Palito

O granito Palito, a rocha mais afetada pelo hidrotermalismo, apresenta macroscopicamente estrutura maciça, textura fanerítica fina e média equigranular e cor vermelha intensa característica. Ao microscópio, foi observado que o granito Palito tem na sua mineralogia essencial feldspato potássico (50%), subeuhédricos de granulação variada (0,5 – 2 mm), por vezes pertíticos, comumente com geminação Carlsbad; oligoclásio (10%) subeuhédricos, com granulação entre 0,5 e 2 mm, com extinção entre 15-20°; quartzo anhédrico a subeuhédrico, com extinção ondulante nos interstícios dos feldspatos; e minerais máficos (5%) como biotita subeuhédrica a euhédrica, com forte pleocroísmo variando de vermelho a marrom e anfibólio (tschemakita) euhédrico a subeuhédrico, com pleocroísmo verde

a verde claro e planos de clivagem formando ângulos próximos de 56° e 124° . Os minerais acessórios são zircão, geralmente euhédrico e com halos pleocróicos, e apatita subeuhédrica, com forte relevo e baixa birrefringência. Outros minerais como opacos (pirita, calcopirita), fluorita, serita, clorita, epidoto, e carbonato, são frutos do hidrotermalismo que modificou a mineralogia original e as texturas primárias.

Nas secções descritas, a mineralogia original está completamente substituída pelos minerais hidrotermais, não sendo possível identificar, na maioria das vezes, os minerais originais. Geralmente, só se observa os minerais hidrotermais. Os feldspatos potássicos originais foram substituídos por microclínio hidrotermal, assim como oligoclásio e albita. Esta substituição hidrotermal ocorreu durante o metassomatismo potássico e é evidenciada pelo feldspatos oxidados, vermelhos, com aparência turva (**Fotos 12 e 13**). Esporadicamente é possível observar anfibólios sem alteração. A maioria deles foi substituído por clorita e/ou biotita, mas a forma original do cristal fica preservada. Essa textura é comum a quase todas as secções descritas do granito Palito. Isso acontece devido a percolação de fluidos altamente pervasivos.

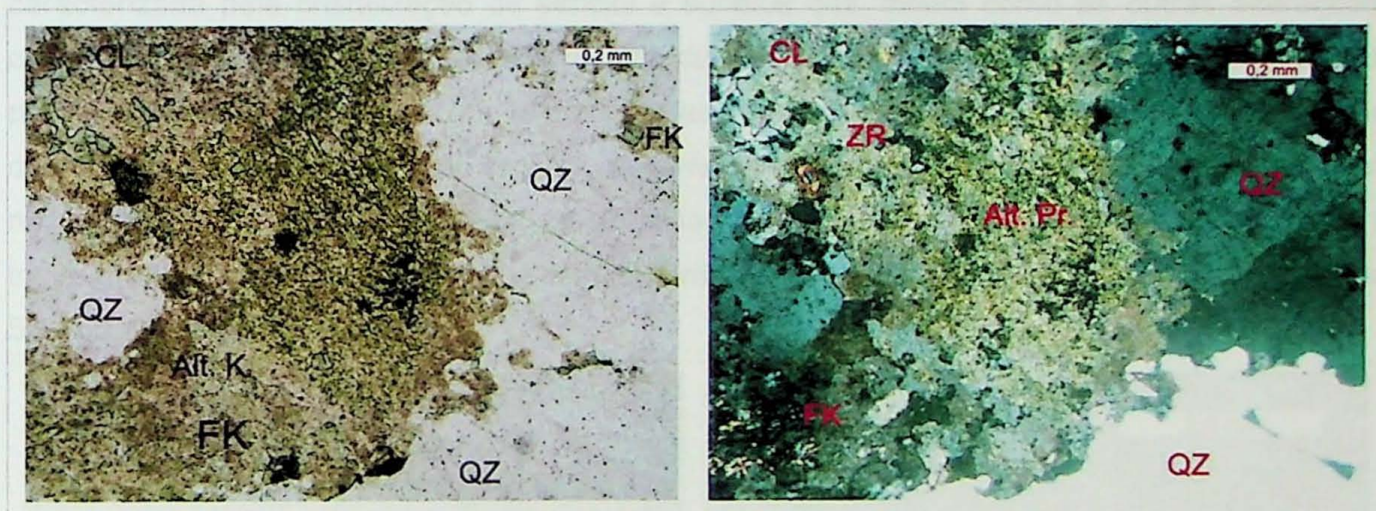


Foto 12: Aspecto microscópico da alteração potássica (Alt K) e propilítica (Alt Pr) no granito Palito. A porção vermelha, suja, são os grãos microclínio hidrotermal (FK). Notar os primeiros indícios da alteração propilítica, de com a cristalização de clorita (CL) e de clorita e epidoto (Alt. Pr.). Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.

É também evidente um novo pulso metassomático superposto à alteração potássica pervasiva. Esta, já de caráter fissural, tem a paragênese formada por clorita, albita e epidoto predominante, o que permite classificá-la como do tipo propilítico. A clorita é o mineral mais comum nesta alteração e geralmente ocorre numa massa muito fina ($<0,01\text{mm}$), verde, podendo, muitas vezes constituir vênulas tardias, em um tipo de alteração hidrotermal que evolui da propilitização para cloritização (**Foto 13**). Muito embora a alteração propilítica seja bastante comum, é evidente que ela não afeta a rocha por completo, ficando restrita aos locais onde já houvera uma alteração anterior, o que permite inferir uma evolução contínua do sistema metassomático-hidrotermal de temperaturas mais altas para mais baixas, mas com a repetição de diversos pulsos de influxo de fluidos.

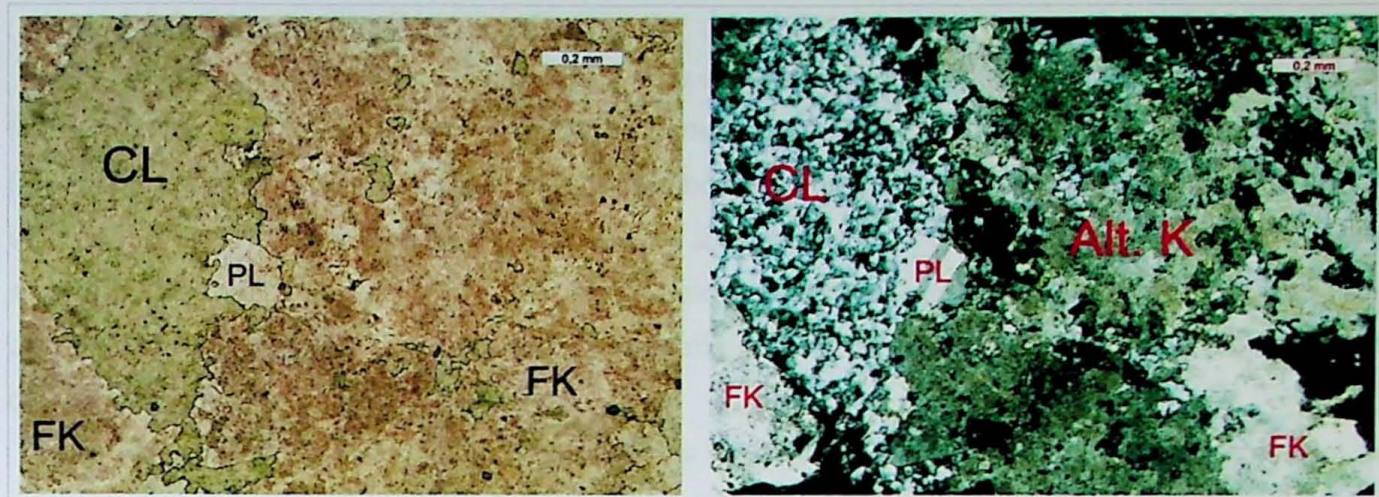


Foto 13: Aspecto microscópico da alteração potássica (Alt K) superimposta por cloritização no granito Palito. Notar grão de plagioclásio (PL) posterior em paragênese com a clorita (CL). Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.

Uma terceira alteração hidrotermal, de caráter pervasivo seletivo, afetou exclusivamente os feldspatos hidrotermais do granito Palito (**Foto 14**). Esta é uma típica alteração sericítica, caracterizada pela cristalização de sericita e sulfetos que, assim como as outras alterações, oblitera parcial ou completamente a textura da rocha. A sericita tem granulação muito fina, podendo, às vezes, aparecer argilo-minerais associados, indicando, com isso, uma evolução deste fluido para uma alteração argílica, possivelmente devido ao influxo de águas meteóricas no sistema hidrotermal. As secções delgadas descritas desta rocha apresentam textura inequigranular muito fina a média, seriada, com percentagem de minerais máficos menor que 5%, ou até mesmo ausente.

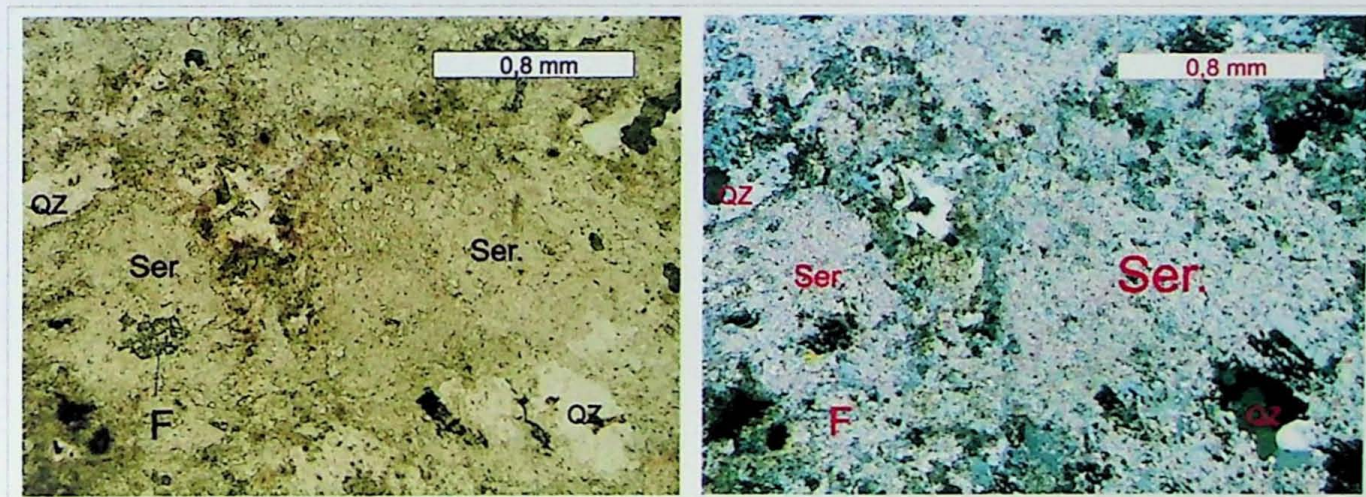


Foto 14: Aspecto microscópico da alteração sericítica no granito Palito, com grãos de feldspatos completamente substituídos por sericita (Ser). Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.

4.3.2 Granito Rio Roivo

O granito Rio Novo é caracterizado pela sua textura macroscópica porfírica, com matriz fanerítica inequigranular média a grossa, e mineralogia composta essencialmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita, anfibólio e megacrists de feldspato potássico. A alteração geralmente é menos intensa do que a observada no Granito Palito e sua cor é rosa, amarela, vermelha, cinza e branca. Eventualmente pode apresentar alteração mais forte, adquirindo uma cor vermelha intensa, semelhantemente ao observado no granito Palito, o que dificulta a distinção de ambos em campo.

Ao microscópio torna-se característica sua textura porfírica, com megacrists de microclínio subeuédrico com até 5 mm. A mineralogia essencial tem o quartzo (25%) anhédrico com extinção ondulante, o oligoclásio (20%) subeuédrico, com geminação, feldspato potássico (45%) subeuédrico, pertítico, a biotita (10%), pleocróica, marrom a vermelha, e o anfibólio (3%) euhédrico, verde-escuro a acastanhado. Nesta rocha evidencia-se com clareza o metassomatismo potássico gradando de fissural a pervasivo, indicando uma menor disponibilidade de fluidos hidrotermais, com o afastamento do Granito Palito, que é a fonte dos fluidos. Os feldspatos potássicos originais foram parcial a totalmente substituídos por microclínio hidrotermal, mas ainda preservam suas texturas originais, como relíquias de pertita (**Foto 15**) e geminações no plagioclásio. Os minerais máficos ígneos (biotita e anfibólio) usualmente estão fracamente alterados, mas parte da biotita, em especial a cor mais clara, pode ter sua cristalização relacionada ao evento hidrotermal. Texturas mirmequíticas do quartzo (**Foto 16**) evidenciam um ambiente subvulcânico de colocação. O minerais opacos podem também apresentar intercrescimentos simplectíticos.

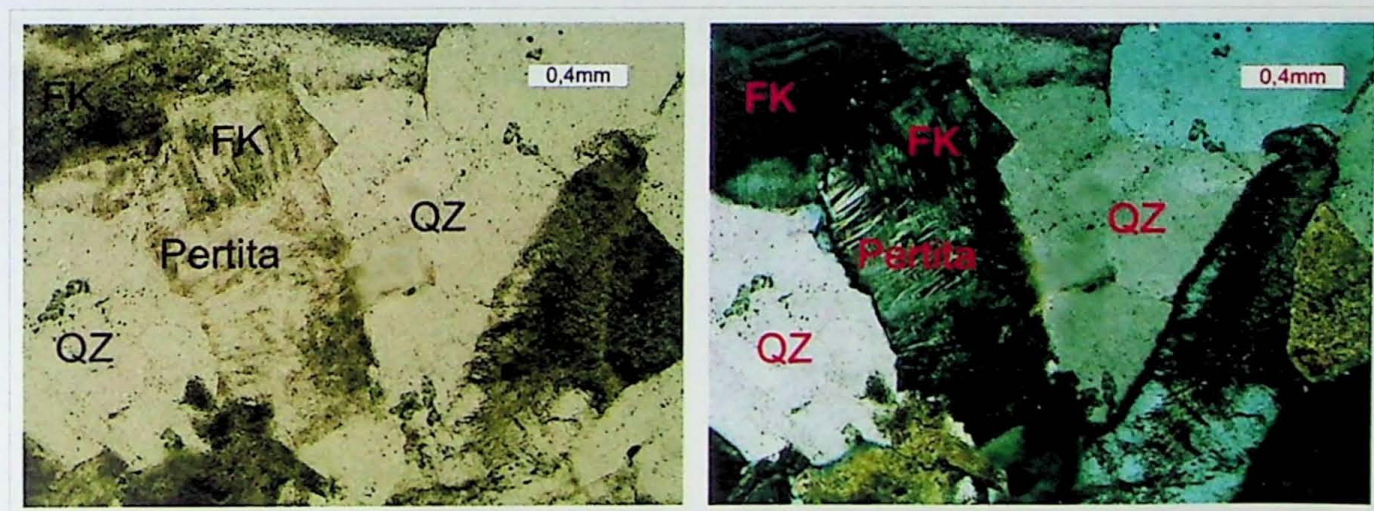


Foto 15: Aspecto microscópico do granito Rio Novo, mostrando o mesmo grão de feldspato potássico (FK) parcialmente afetado pela alteração potássica. Parte do grão é pertita e outra parte é o microclínio hidrotermal. Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.

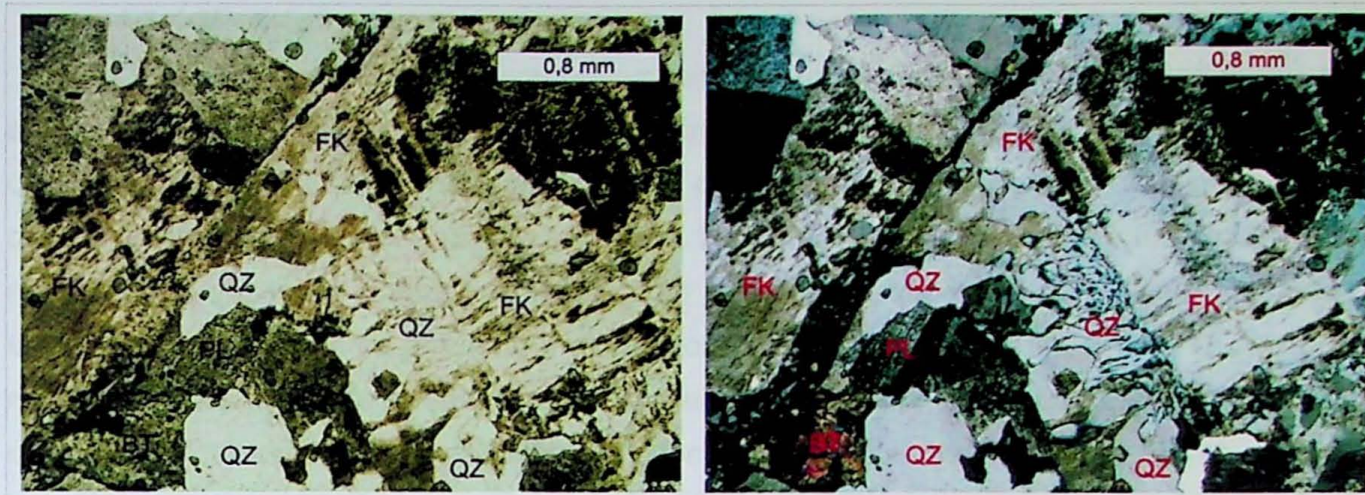


Foto 16: Aspecto microscópico do granito Rio Novo mostrando textura mirmequítica e a alteração potássica moderada. Foto da direita com analisador; foto da esquerda sem analisador.

4.3.3 Granodiorito Fofóquina

O granodiorito Fofóquina é formado por rochas leucocráticas até quase, localmente, mesocráticas, facilmente distinguida das demais devido ao índice de coloração ($M > 15$). Sua textura macroscópica é maciça de matriz fanerítica média, inequigranular, composta essencialmente por plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, anfibólio e biotita. Sua cor é cinza, preta e branca. A alteração é mais fraca, porém pode apresentar porções com alteração mais forte, pervasiva, principalmente próximo do contato com o granito Palito. À medida que se afasta deste contato, observam-se apenas pequenas porções alteradas. Microscopicamente (**Foto 17**), a rocha apresenta megacristais de plagioclásio. A mineralogia essencial tem quartzo (25%), plagioclásio (30%) subeuhédrico, com geminação, feldspato potássico (35%) subeuhédrico, pertítico, biotita (6%), pleocróica, marrom a vermelha, e anfibólio (9%) euhédrico, verde-escuro a acastanhado. A alteração pervasiva desta amostra, evidenciado pelos feldspatos com aspecto sujo, manchado, reflete a pequena distância em que esta se localiza da fonte hidrotermal.



Foto 17: Aspecto microscópico do granodiorito Fofóquina. A foto da esquerda mostra os minerais máficos acessórios, como a hornblenda (Hbl) e biotita (Bt). A foto da direita mostra o megacristal de plagioclásio, mineral com maior percentagem na rocha.

4.3.4 Minério

Os veios de minério são predominantemente formados pelos fluidos tardios, ou seja, associam-se à alteração propilítica, sericítica, argílica e clorítica, em especial, com a sericitização, que embaíha os veios, ou está mineralizada por sulfetos disseminados. Nas **Fotos 18 e 19** duas dessas fases hidrotermais são evidentes. Na primeira delas os sulfetos distribuem-se em meio a uma massa de clorita, juntamente com calcita e apatita abundantes e, na segunda os sulfetos percolam fraturas em meio à alteração sericítica bastante forte. Ambas as alterações estão seguidas por sulfetização, fluidos ricos em ferro e cobre que cristalizam pirrotita, pirita, calcopirita e calcocita, com ouro associado principalmente aos minerais de cobre.

As observações feitas nas seções polidas do minério mostram que, em geral, as seções polidas apresentam a calcopirita, a pirita e a pirrotita como os sulfetos mais comuns (**Foto 20**). O principal mineral de minério, o ouro, está intimamente associado à calcopirita e pode apresentar grãos com até 0,05 mm e quantidade de até 5% em algumas seções (**Foto 21**). Seu brilho amarelo intenso se destaca entre os demais minerais (como a pirita e a calcopirita, que também possuem cor e brilho amarelos). Associado ao ouro ocorre um mineral cinza claro, possivelmente a bismutinita (**Foto 22**).

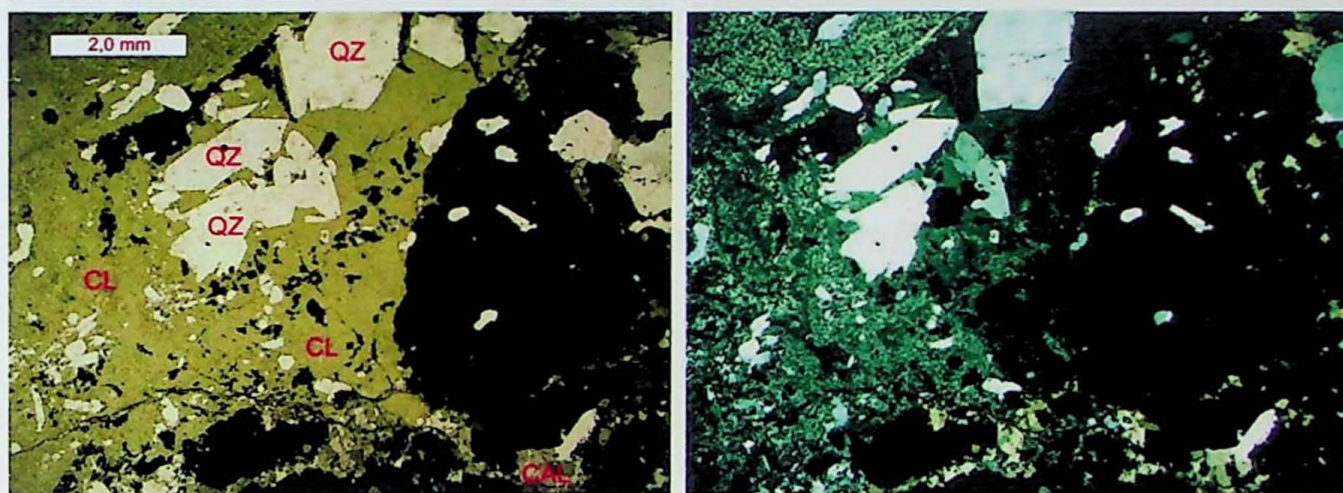


Foto 18: Aspecto microscópico do veio de minério com alteração clorítica (CL) associada, com carbonatos associados (CAL). Foto da direita se analisador; foto da esquerda sem analisador.

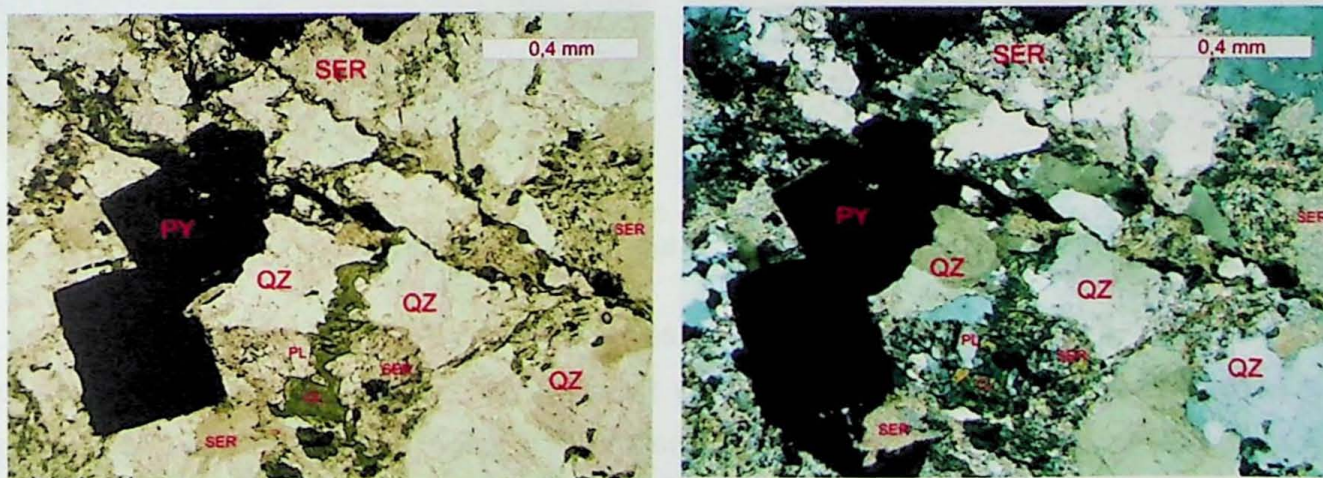


Foto 19: Aspecto microscópico do veio de minério associado com alteração sericítica e clorítica. Foto da direita sem analisador; foto da esquerda com analisador.

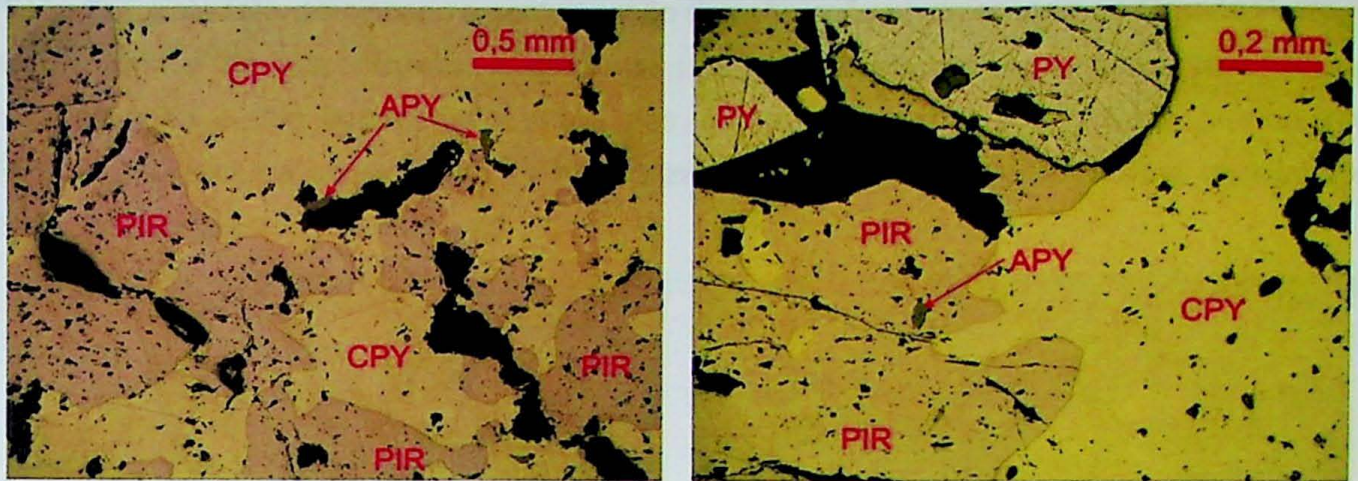


Foto 20: Aspecto microscópico do veio mineralizado mostrando a associação mineral mais comum. Calcopirita (CPY); Pirita (PY) Pirrotita (PIR) e Arsenopirita (API)

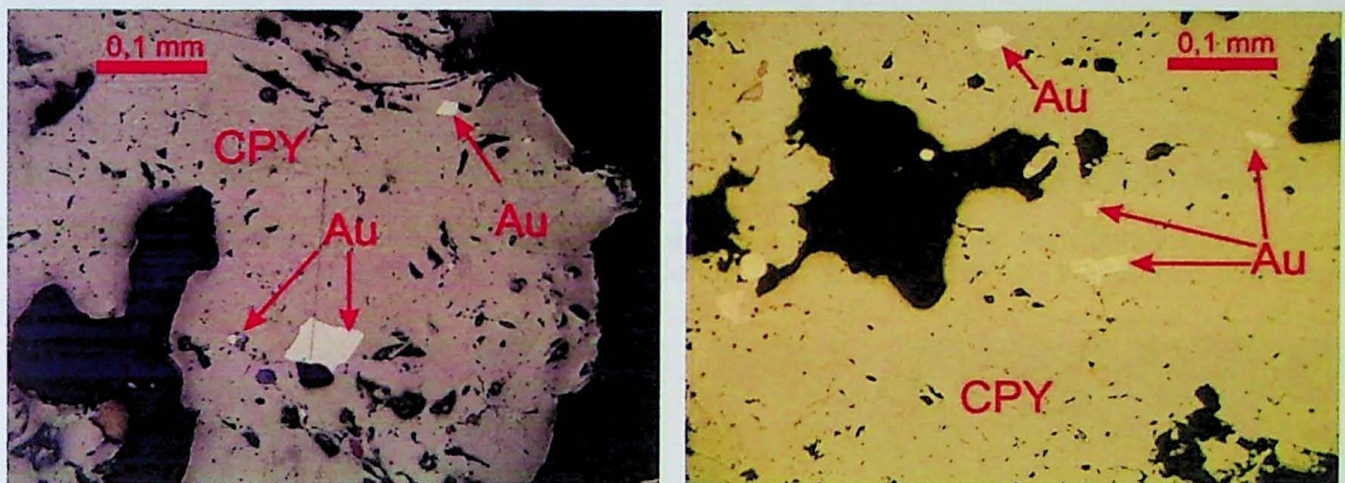


Foto 21: Aspecto microscópico do veio de minério mostrando o ouro (Au) incluído na calcopirita (CPY).

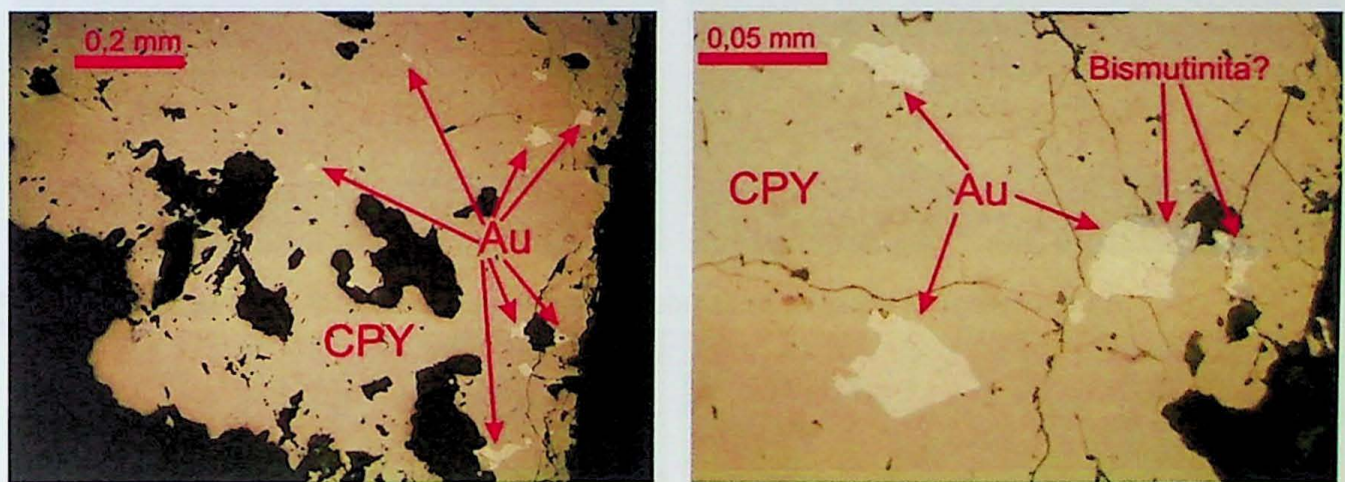


Foto 22: Aspecto microscópico do veio de minério evidenciando grande quantidade de ouro (foto da esquerda) e possibilidade de associação com mineral de bismuto (foto da direita)

Destaca-se ainda que todas estas fácies de alteração hidrotermal, bem como todos os tipos de veios de minérios, foram afetadas por um cisalhamento tardio. Nas observações das seções delgadas do granito Palito, são nítidos os feldspatos hidrotermalizados quebrados, estirados e alongados ao longo de zonas de falha (**Fotos 23 e 24**). Isso também é evidenciado nas seções polidas, onde os veios já mineralizados são cortados por zonas de cisalhamento

(Foto 25). Este fato, adicionado a centralização das alterações hidrotermais no Granito Palito, a forma dômica de sua intrusão, o ambiente raso da intrusão e pouca penetratividade da mineralização e dos fluidos hidrotermais nas encaixantes granito Rio Novo e granodiorito Fofuquinha, exclui a possibilidade da mineralização ter sido originada por fluidos canalizados ao longo de zonas de cisalhamento.



Foto 23: Aspecto microscópico do cisalhamento afetando o Granito Palito hidrotermalizado. Notar a fragmentação do feldspato potássificado, com porção túrbidas, que atestam que a alteração hidrotermal precedeu as zonas de cisalhamento.

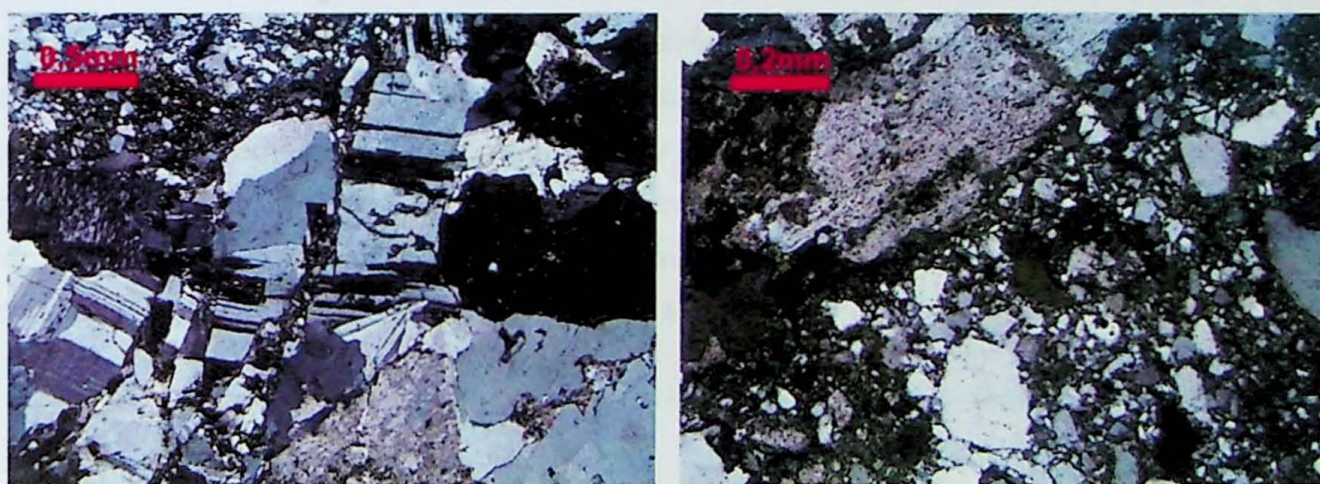


Foto 24: Aspecto microscópico do cisalhamento afetando os minerais hidrotermalizados

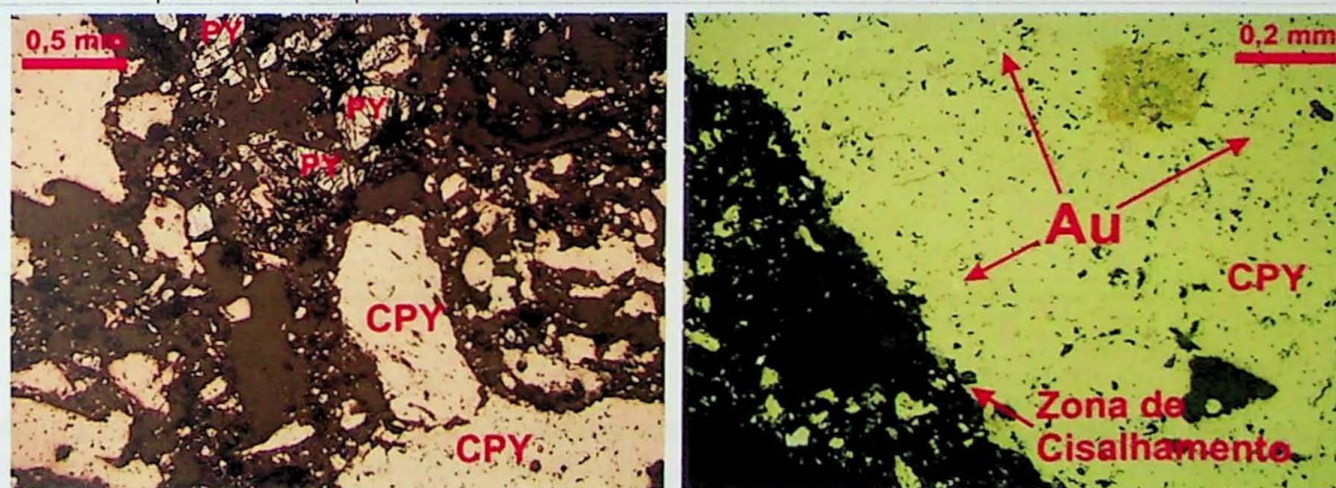


Foto 25: Aspecto microscópico do veio de minério evidenciando que o cisalhamento veio após a mineralização.

4.4 QUÍMICA MINERAL

Esta etapa do trabalho consiste na análise pontual dos minerais presentes nos litotipos observados na área de estudo. Ao todo, foram feitas 182 análises de química mineral a fim de caracterizar quimicamente os minerais das rochas. Das 180 análises, 98 são de minerais do granito Palito (plagioclásio, feldspato potássico, anfibólio, clorita, biotita e muscovita), 44 são do granito Rio Novo (plagioclásio, feldspato potássico, clorita, biotita e muscovita) e 38 são do granodiorito Fofquinha (plagioclásio e anfibólio).

No granito Palito, das 98 análises realizadas, 32 foram feitas em anfibólio, 26 em plagioclásio, 24 em biotita, 8 em feldspato potássico, 4 em clorita e 4 em muscovita. No granito Rio Novo das 44 análises realizadas, 16 foram realizadas em plagioclásio, 8 em biotita, 9 em feldspatos potássico, 9 em clorita e 2 em sericita. No granodiorito Fofquinha, das 38 análises realizadas, 30 foram feitas em anfibólio e 8 em plagioclásio. Abaixo, são apresentados os digramas composicionais para cada mineral analisado e a sua respectiva classificação.

4.4.1 Feldspatos

Nos resultados das análises feitas em plagioclásios, observamos que as composições desses minerais nos granitos Palito e Rio Novo são muito parecidas, conforme evidenciado pelos diagramas A e B (**Figura 09**), o qual classifica a maioria do plagioclásio como oligoclásio e albita em ambas as rochas, ou seja, minerais com a percentagem de anortita entre 0% e 30%, aproximadamente. Já a composição do plagioclásio no granodiorito se diferencia dos demais pelo maior teor de anortita, conforme evidenciado pelo diagrama C (**Figura 10**), o que classifica os minerais como oligoclásio, andesina e, raramente, labradorita. No granodiorito a percentagem de anortita varia entre 20 e 50%, aproximadamente.

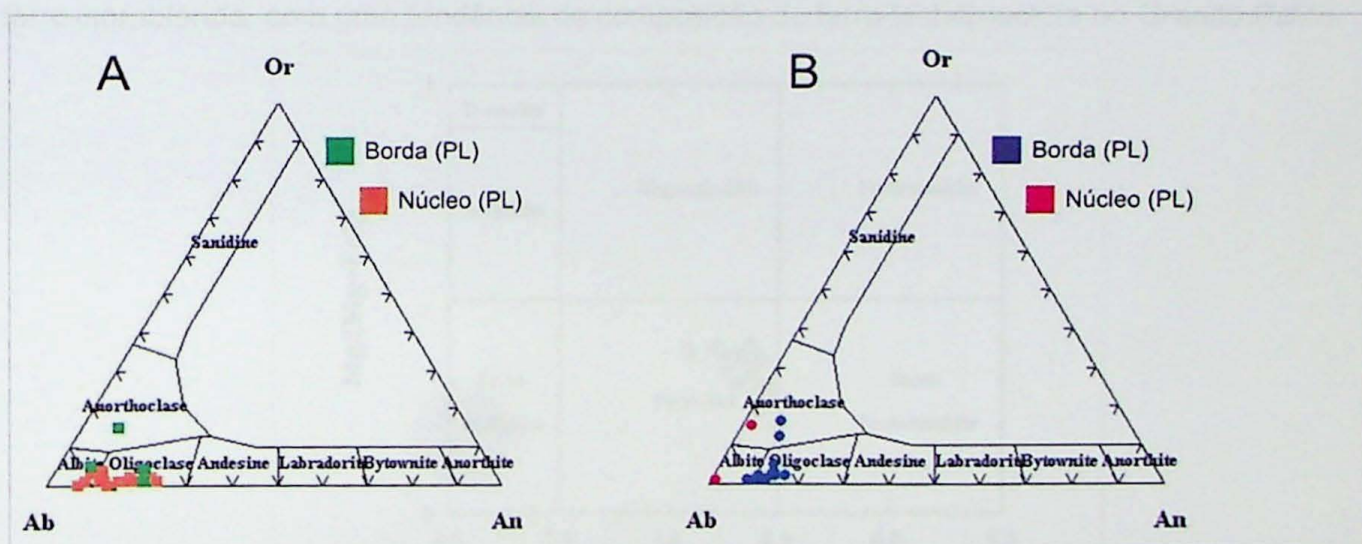


Figura 09: Diagramas ternários Albite-Anortita-Ortoclasio mostrando as composições dos plagioclásios no granito Palito (A) e no granito Rio Novo (B).

Nos resultados das análises feitas em feldspato potássico, observa-se que suas composições nos granitos Palito e Rio Novo também são semelhantes, conforme evidenciado pelo diagrama D (**Figura 10**), onde os teores de albita mais elevados podem representa análises mistas, com exsoluções de albita indistinguíveis ao microscópio. Nota-se também que as análises feitas em feldspato pertítico contêm maior quantidade de ortoclásio que os demais minerais, sugerindo que a imiscibilidade não foi efetiva em alguns minerais.

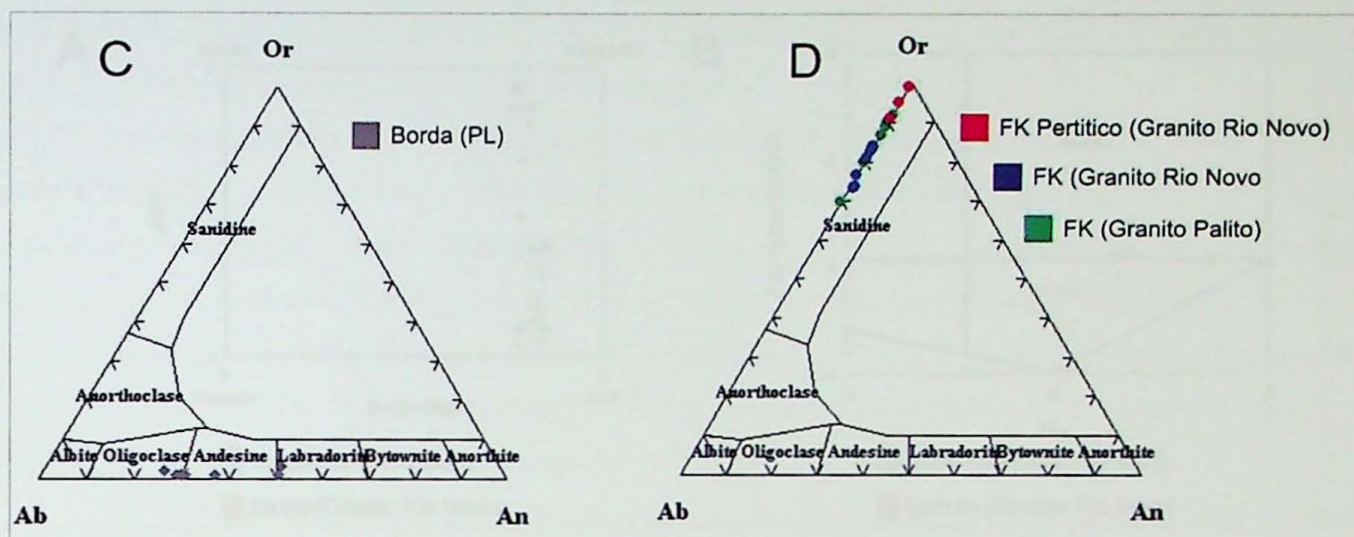


Figura 10: Diagramas ternários Albite-Anortita-Ortoclasio mostrando as composições dos plagioclásios no granito Fofuquinha (C) e dos feldspatos potássicos nos granitos Palito e Rio Novo (D).

4.4.2 Anfibólios

Os anfibólios tem composição distinta no Granitos Palito e no Granodiorito Fofuquinha. O primeiro apresenta anfibólios mais evoluídos, com maior quantidade de ferro, enquanto o segundo é menos evoluído, ou seja, menor quantidade de ferro. Ambos são classificados como ferro-hornblenda, com uma tendência de composição de ferro-tschemackita no Granito Palito.

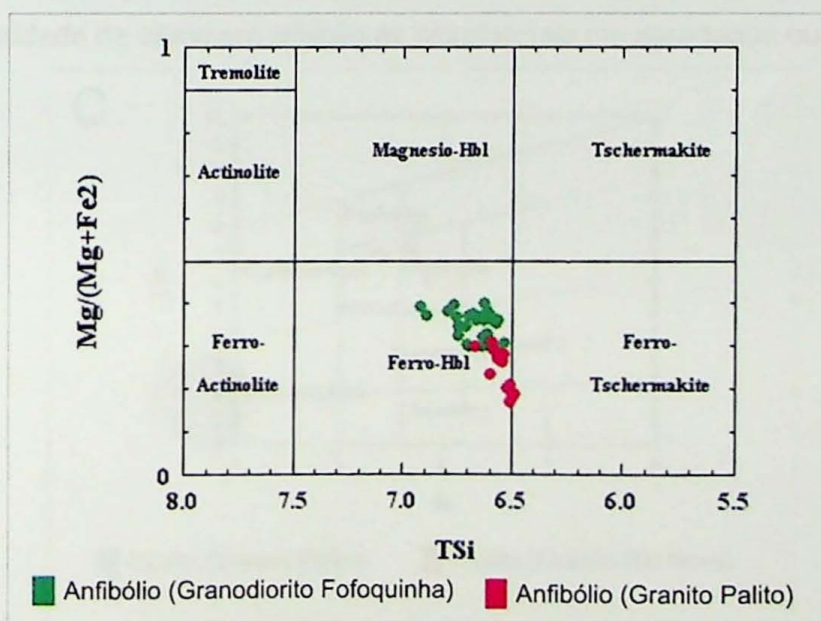


Figura 11: Diagrama binário mostrando a diferença entre anfibólio do granodiorito e do granito Palito.

4.4.3 Micas

Nos resultados das análises de micas, observamos que as composições da biotita no Granito Palito são ricas em ferro, conforme evidenciado no diagrama A (**Figura 12**). No diagrama B da **Figura 12** observa-se a composição da muscovita do Granito Palito e da sericita do Granito Rio Novo. Apesar da pequena quantidade de análises nota-se uma maior quantidade de Alumínio na sericita em relação à muscovita.

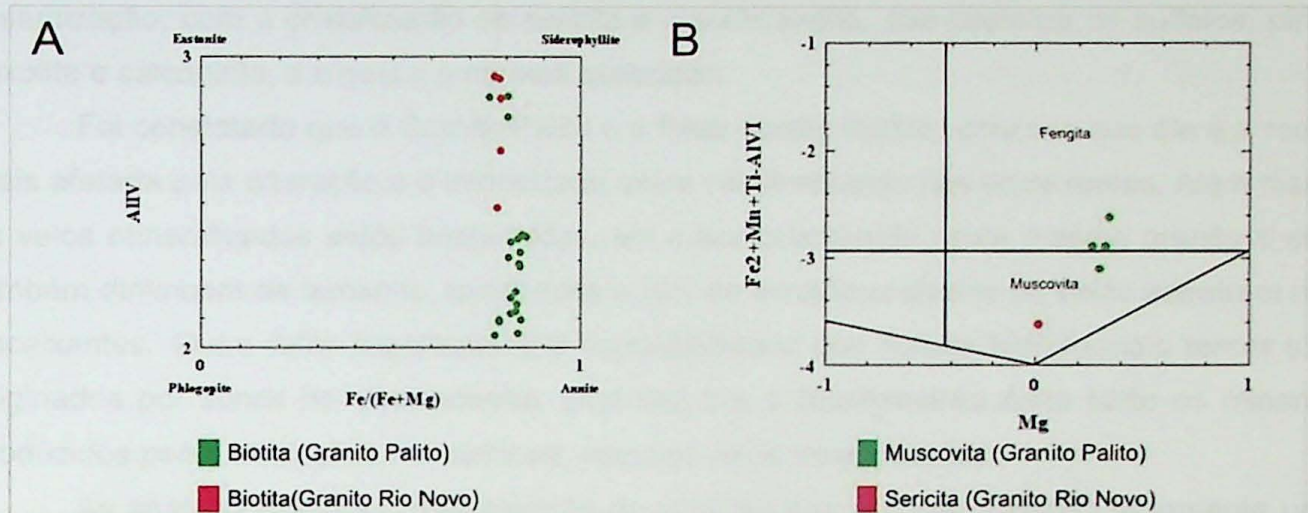


Figura 12: Diagrama binário mostrando a composição do grupo das flogopita-biotitas (à direita) e diagrama binário de Tischendorf *et al.* (1997) mostrando a composição das micas brancas (à esquerda)

Os resultados das análises feitas em clorita hidrotermal em cristais isolados ou produto da substituição da biotita são apresentados nos diagramas da **Figura 13**. O diagrama C mostra a composição das cloritas nos granitos Palito e Rio Novo. Observa-se que a clorita do Granito Palito é mais rica em ferro total do que a clorita do Granito Rio Novo. No mesmo diagrama observa-se a composição de clorita que substitui biotita (Granito Palito). Comparando as composições das cloritas, nota-se que aquelas que são produtos da alteração de biotita contêm uma maior quantidade de silício em relação às hidrotermais em agregados ou veios.

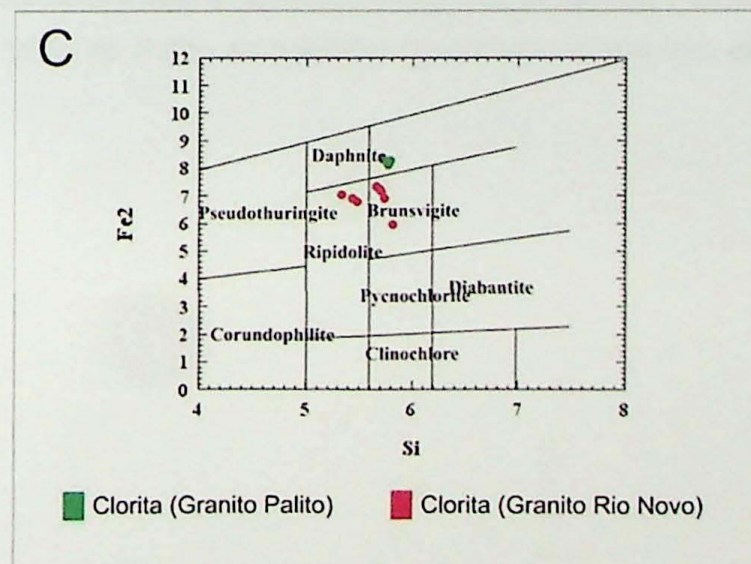


Figura 13: Diagrama binário mostrando a composição das cloritas dos granitos Palito e Rio Novo

5 CONCLUSÕES

As rochas hospedeiras do depósito de ouro e cobre da Mina do Palito foram intensamente hidrotermalizadas, o que gerou diferentes tipos e estilos de alterações hidrotermais. Na descrição petrográfica das rochas que estão associadas ao minério de Au–(Cu), foram identificados alguns dos principais tipos de alteração hidrotermal que imprimiram nas rochas uma identidade única. São as alterações potássica, com a recristalização de microclínio hidrotermal, a propilitização, com a cristalização de clorita, albita, epidoto e sericita, a seritização, com a cristalização de sericita e a sulfetização, que cristaliza os sulfetos, pirita, pirrotita e calcopirita, e a qual o ouro está associado.

Foi constatado que o Granito Palito é a fonte destes fluidos, uma vez que ele é a rocha mais afetada pela alteração e a intensidade desta vai diminuindo nas encaixantes. Além disso, os veios mineralizados estão hospedados, em maior quantidade neste mesmo granito e eles também diminuem de tamanho, quantidade e teor de minério conforme os veios adentram nas encaixantes. Outro fator importante é a impossibilidade dos fluídos hidrotermais terem sido originados por zonas de cisalhamento, uma vez que o cisalhamento corta tanto os minerais produzidos pelas alterações hidrotermais, como os veios mineralizados.

As análises químicas mineralógicas do conjunto dos granitos sugerem fortemente uma filiação cálcio-alcálica para os magmas que geraram a mineralização de Au–(Cu) do Palito, o que permite, inferir uma associação com o evento tardio da granitogênese Parauari. Entretanto, para afirmar com certeza que essa filiação é realmente cálcio-alcálica, são necessários estudos litoquímicos, e estudos geocronológicos para definição da associação da mineralização com os eventos Maloquinha ou Parauari.

Por fim, conclui-se que as rochas que hospedam a mineralização de Au–(Cu) do tipo pórfiro da mina do Palito estão seguindo todos os requisitos característicos dos sistemas pórfiros, e que a principal disposição e relação das alterações hidrotermais impressas nas rochas e descritas, corrobora com o modelo de depósito proposto. Portanto, o depósito de Au–(Cu) tipo pórfiro da Mina do Palito se constitui no primeiro deste tipo descrito na região e no Brasil.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser o primeiro depósito deste tipo descrito no Brasil, é necessária a descrição caracterização detalhada de um modelo próprio para este tipo de depósito, pois esse o modelo tipo pórfiro em terrenos arqueanos/paleoproterozóicos ainda não foi descrito na literatura mundial.

A Província Aurífera do Tapajós tem grande potencial metalogenético, mas está localizada numa região de floresta densa e de difícil acesso. A região tem sido alvo de importantes estudos nos últimos anos, e diversas empresas nacionais e estrangeiras tem se instalado ali. Embora seja uma região rica em diversos tipos de minérios, são necessárias novas pesquisas para aperfeiçoar o conhecimento geológico desta região. Desta maneira, é importantíssimo o papel que as empresas que ali se instalaram representam para o avanço desse conhecimento, uma vez que são elas é, na maior parte das vezes, detentora das informações necessárias para a realização das pesquisas. Assim, é extremamente necessário que haja uma parceria harmônica entre os pesquisadores acadêmicos e os profissionais de mercado (parceria empresa–escola), com o intuito de ambos sempre buscarem lucro, tanto no campo do conhecimento quanto no campo financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.A.S.; COLLYER, T.A.; PEREIRA, J.A.L.; SEABRA, A.S.; FURTADO, A.M.M.; SOUBÉS, L.F. (1977) *Relatório final de reconhecimento (1). Projeto Santarém-Cachimbo*. Pesquisa Mineral. Pólo Amazônia/Pólo Tapajós. Convênio SUDAM/IDESP.
- ALMEIDA, F.F.M. DE (1978) A evolução dos Crátons Amazônico e São Francisco comparada com a de seus homólogos do Hemisfério Norte, Congresso Brasileiro de Geologia. Anais, Recife, p. 2393-2399.
- ALMEIDA, M.E.; BRITO, M.F.L.; FERREIRA, A.L.; MONTEIRO, M.A.S.; POPINI, M.V.F. (1998) Mineralizações auríferas associadas a vulcanismo ácido e intermediário na Folha Vila Mamãe Anã, Província Mineral do Tapajós. In: Congresso Brasileiro de Geologia. *Boletim de Resumos Expandidos...*, Belo Horizonte, p. 148.
- ALMEIDA, M.E.; BRITO, M.F.L.; MACAMBIRA, M.J.B. (1999a) Caróial Granite: 207Pb/206Pb zircon evaporation age in post-colisional granitoids of Tapajós Gold Province, Amazonian Region, Brazil. In: South American symposium on Isotope Geology, 2, Buenos Aires, 1999. *Actas.*, p. 3-6.
- ALMEIDA, M.E.; BRITO, M.F.L.; FERREIRA, A.L.; MONTEIRO, M.A.S. (2000) *Geologia e Recursos Minerais da Folha Mamãe Anã (SB.21-V-D). Estados do Amazonas e Pará. Escala 1:250.000*. Nota explicativa. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. PROMIM Tapajós/CPRM, Brasília.
- BAHIA, R.B.C. & QUADROS, M.L.E.S. (2000) *Geologia e recursos minerais da Folha Caracol - (SB-21-X-C). Estado do Pará Escala 1:250.000*. Nota explicativa. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. PROMIM Tapajós/CPRM, Brasília.
- BARD, J.P. (1986) *Microtextures of igneous and metamorphic rocks*. D. Reidel Publishing company, Dordrecht.
- BETTENCOURT, J.S. & DALL'AGNOL, R. (1987) The Rondonian tin-bearing anorogenic granites and associated mineralization. In: Internatinal Symposium on Granites and Associated Mineralizations. *Excursion Guides...*, Salvador CBPM/Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, p. 49-87.
- BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.M.; LEITE JR.; W.B.; PAYOLLA, B.L. (1995) Overview of the rapakivi granites of the Rondônia Tin Province (RTP). In: J.S. Bettencourt and R. Dall'Agnol (Eds.), Symposium on rapakivi granites and related rocks. *Excursion guide: The rapakivi granites of the Rondônia Tin Province and associated mineralization*. Center of Geosciences, Federal University of Pará, Brazil., Belém.
- BRITO, M.F.L.; ALMEIDA, M.E.; FERREIRA, A.L.; MONTEIRO, M.A.S.; POPINI, M.V.F. (1997) Petrografia e litogeoquímica da Suíte Intrusiva Maloquinha - registro de magmatismo tipo A na Província do Tapajós. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica. *Anais...*, Salvador, p. 847-851.
- CORRÊA-SILVA, R.H. (2002) *Caracterização de um Sistema epitermal low-sulfidation (adulária-sericita) mineralizado em Au-Cu-Mo em vulcânicas paleoproterozóicas na Província Aurífera do Tapajós: Implicações metalogenéticas e tectônicas*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.
- CORRÊA-SILVA, R.H.; JULIANI, C.; BETTENCOURT, J.S.; NUNES, C.M.D.; ALMEIDA, T.I.R. (2001) Caracterização de um sistema epitermal low-sulfidation (ou adulária-sericita) hospedado em vulcânicas e vulcanoclásticas do Grupo Iriri na Província Aurífera do Tapajó, PA. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 7. *Resumos...*, Belém. [CD-ROM]
- CORRÊA-SILVA, R.H.; JULIANI, C.; NUNES, C.M.D. (2000) Hydrothermal alteration associated to gold mineralization in rapakivi like granites from Garimpo do Batalha, Tapajós Province, Amazon Craton, Brazil. In: International Geological Congress, 31, *Abstracts...*, Rio de Janeiro, p. 242-245. [CD-ROM].
- COUTINHO, M.G.; DREHER, A.M.; MARINI, S. (1996) Controle das mineralizações de ouro da Província do Tapajós: resultados preliminares. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39. *Anais...*, Salvador.
- COUTINHO, M.G.; LIVERTON, T.; SOUZA, E.C. (1997) Granitic magmatism and related gold mineralization on the Tapajós Mineral Province, Amazonian Area, Brazil. 2nd Int. Symp. Gran. Ass. Miner. Salvador, Brazil, Abstr. Rogr., p. 46-47.
- DALL'AGNOL, R.; LAFON, J.M.; MACAMBIRA, M.J.B. (1994) Proterozoic anarogenic magmatism in the central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, geochemical aspects. *Mineralogy and Petrology*, 50: 113-138.
- DALL'AGNOL, R.; PICHAVANT, M.; CHAMPENOIS, M. (1997) Iron-titanium oxide minerals of the Jamon Granite, Eastern Amazonian region, Brazil: implications for the oxygen fugacity in Proterozoic

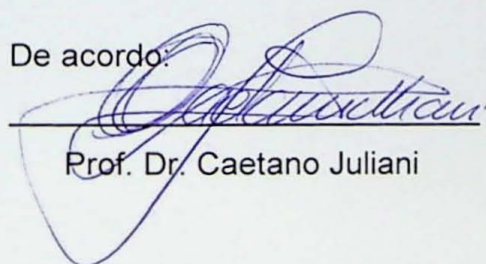
- A-Type granites. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 69: 325–347.
- DALL'AGNOL, R.; RAMO, O.T.; MAGALHÃES, M.S.; MACAMBIRA, M.J.B. (1999a) Petrology of the anorogenic oxidized Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: Implications for the genesis of Proterozoic A-type granites. *Lithos*, 46: 431–462.
- DALL'AGNOL, R.; SILVA, C.M.G.; SCHELLER, T. (1999b) Fayalite-hedembergite rhyolites of Iri Formation, tapajós Gold Province, Amazonian Craton: implications for the Uatuma Volcanism. In: Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 1. *Boletim de Resumos...*, Gramado.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. (1967) *Rock forming Minerals*. Longman, London.
- EBY, G.N. (1990) A-Type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos*, 26: 115–34.
- EBY, G.N. (1992) Chemical subdivision of A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20: 641–644.
- FARACO, M.T.L.; CARVALHO, J.M.A.; KLEIN, E.L. (1997) Carta Metalogenética da Província Aurífera do Tapajós. In: COSTA, M.L.C. & ANGÉLICA, R.S. (Eds.), *Contrib. Geol. Amazônia. FINEP/SBG-NO*, Belém, Brazil, p.423–437.
- FERREIRA, A.L.; ALMEIDA, M.E.; BRITO, M.F.L.; MONTEIRO, M.A.S. (2000) *Geologia e recursos minerais da Folha Jacareacanga (SB.21-Y-B). Estados do Amazonas e Pará Escala 1: 250.000*. Nota explicativa. Projeto Especial Província Mineral Do Tapajós. PROMIM Tapajós/CPRM, Manaus. [CD-ROM].
- FORMAN, J.H.A.; NARDI, J.I.S.; MARQUES, J.P.M.; LIMA, M.I.C. (1972) *Pesquisa mineral no Iri/Curuá*. SUDAM/GEOMINERAÇÃO, Belém, 62 p.
- HIBBARD, M.J. (1995) *Petrography to petrogenesis*. Prentice-Hall, New Jersey.
- HUTCHINSON, C.S. (1974) *Laboratory handbook of petrographic techniques*. Wiley-Interscience Publication, New York.
- IXER, R.A. (1990) *Atlas of opaque and ore minerals in their associations*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- JACOBI, P. (1999) The discovery of epithermal Au-Cu-Mo Proterozoic deposits in the Tapajós Province, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 29: 277–279.
- JULIANI, C.; NUNES, C.M.D.; BETTENCOURT, J.S.; CORRÊA-SILVA, R.H.; MONTEIRO, L.V.S.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A.; RYE, R.O. (2000) Early Proterozoic volcanic-hosted quartz-alunite epithermal deposits in the Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *Geol. Soc. Am., Abstr. Progr.* 32(7): A-49.
- JULIANI, C., (2001). Metalogênese do ouro e metais de base associadas com o vulcano-plutonismo da porção W da Província Aurífera do Tapajós. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 7. *Resumos...*, Belém. [CD-ROM]
- JULIANI, C., (2002). *Alteração hidrotermal e metalogênese em sistemas vulcano-plutônicos paleoproterozóicos na Província Aurífera do Tapajós, Cráton Sul Amazônico, Pará*. Tese de Livre-docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- JULIANI, C.; CORRÊA-SILVA, R.H.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; NUNES, C.M.D., (2001). Gênese e evolução da alteração hidrotermal no Granito Batalha, Província Aurífera do Tapajós (PA). Simpósio de Geologia da Amazônia, 7. *Boletim de Resumos...*, Belém. [CD-ROM].
- JULIANI, C.; CORRÊA-SILVA, R.H.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; NUNES, C.M.D., (2002). The Batalha Au-Granite system - Tapajós Province, Amazonian Craton, Brazil: Hydrothermal alteration and regional implication. *Precambrian Research*, 119: 225–256.
- JULIANI, C.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; CORRÊA-SILVA, R.H. (2004a) Paleoproterozoic epithermal high- and low-sulfidation and porphyry-related Au mineralizations in the Tapajós Gold Province: exploration perspectives. In: Simpósio Brasileiro de Exploração Mineral. ADIMB/DNPM/SBGf/SBG. *Memória...* Ouro Preto [CD-ROM].
- JULIANI, C.; BETTENCOURT, J.S.; MONTEIRO, L.V.S. (2004b) Modelos conceituais de depósitos paleoproterozóicos high- e low-sulfidation (Au; Cu-Mo+Au) e do tipo pórfiro (Au-Cu; Cu-Mo) na Província Aurífera do Tapajós (PA). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 42. *Anais...*, Araxá [CD-ROM].
- JULIANI, C.; RYE, R.O.; NUNES, C.M.D.; SNEE, L.W.; CORRÊA-SILVA, R.H.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A., (2005a). Paleoproterozoic volcanic-hosted quartz-alunite epithermal deposits in the Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *Chemical Geology*, 225(1–4): 95–126.
- JULIANI, C.; BETTENCOURT, J.S.; MONTEIRO, L.V.S. (2005b) Ash-flow Caldera and porphyry-

- related paleoproterozoic gold and base metal mineralizations in the Tapajós Gold Province: potencialities and exploration guidelines. In: Primeiro Simpósio Brasileiro de Metalogenia. Gramado [CD-ROM].
- KLEIN, C. & HURLBUT, C.S.J. (1993) *Manual of Mineralogy (After J. D. Dana)*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- KLEIN, E.L. & VASQUEZ, M.L. (2000) *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Riozinho - SB.21-Z-A. Estado do Pará Escala 1:250.000*. Nota explicativa. In: E.L. Klein (Ed.), Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. PROMIM Tapajós/CPRM, Brasília. [CD-ROM]
- LAMARÃO, C.N.; DALL'AGNOL, R.; LAFON, J.M.; LIMA, E.F. (2002) Geology, geochemistry and Pb–Pb zircon geochronology of the paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil. *Precambrian Research*, 119: 189–223.
- LAMARÃO, C.N.; LAFON, J.M.; LIMA, E.F. (1999) As associações vulcânicas e plutônicas de Vila Riozinho e Morais Almeida, Província Aurífera do Tapajós, SW do Estado do Pará. Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 1. *Boletim de Resumos...*, Gramado, p. 93.
- MACKENZIE, W.S. & ADAMS, A.E. (1994) *A color atlas of rocks and minerals in thin section*. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- MELGAREJO, J.C. (1997) *Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada*. Edicions de La Universitat de Barcelona, Barcelona.
- NUNES, C.M.D. (2001) *Caracterização de um sistema epitermal high-sulfidation paleoproterozóico na Província Aurífera do Tapajós, Pará*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NUNES, C.M.D.; JULIANI, C.; CORRÊA-SILVA, R.H.; BETTENCOURT, J.S.; JACOBI, P. (2000) Paleoproterozoic quartz–alunite epithermal gold mineralization from Tapajós (Brazil), In: International Geological Congress, 31. *Abstracts...*, Rio de Janeiro, Brazil. [CD-ROM]
- NUNES, C.M.D.; JULIANI, C.; CORRÊA-SILVA, R.H.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; NEUMANN, R.; ALCOVER NETO, A.; RYE, R.O. (2001) Caracterização de um sistema epitermal high-sulfidation vulcânico paleoproterozóico da Província Aurífera do Tapajós, Pará. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 7. *Resumos...*, Belém. [CD-ROM]
- PESSOA, M.R.; SANTIAGO, A.F.; ANDRADE, A.; NASCIMENTO, J.O.; SANTOS, J.O.; OLIVEIRA, J.R.; LOPES, R.C.; PRAZERES, W.V. (1977) *Projeto Jamaxim. Relatório Final*. 1(A), DNPM/CPRM.
- PIRAJNO, F. (1992) *Hydrothermal Mineral Deposits*, Springer-Verlag.
- QUADROS, M.L.E.S.; BAHIA, R.B.C.; KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ALMEIDA, M.E.; RICCI, P.S.F.; MONTEIRO, M.A.S. (1999) As intrusões básicas da Província Mineral do Tapajós (PMT) e possibilidades de mineralizações associadas. 6th Simp. Geol. Amazônia, Manaus, Brazil. SBG/NN. *Anais*, p. 567-569.
- RAMBRAG, G.E. & SANTOS, J.O.S. (1974) O Grupo Uatumã. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, *Anais...*, Porto Alegre, p. 87–94.
- RICCI, P.S.F., SANTOS, A., KLEIN, E.L., JORGE-JOÃO, X.S.; MARTINS, R.C. (1999) Suíte Intrusiva Creporizão - Província Tapajós: proposta e critérios de definição. In: S.N. Norte (Editor), Simpósio de Geologia da Amazônia, 6. *Anais...*, Manaus, p. 519–522.
- SANTOS, J.O.S. (1984) A parte setentrional do Cráton Amazônico (Escudo das Guiana) e a Bacia Amazônica. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Derze, G.R., Asmus, H.E. (Coord.) *Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa Geológico do Brasil e da área adjacente incluindo depósitos minerais*, Escala 1:2.500.00. Brasília, DNPM/MME. p. 58-91.
- SANTOS, J.O.S.; BORGES, O.C.; SOUZA, M.M.; PESSOA, M.R. (1974) Projeto Norte da Amazônia, Domínio Baixo Rio Negro. Relatório Final, Manaus, CPRM 4V., il.
- SANTOS, D.B.; FERNANDES, P.E.C.A.; DREHER, A.M.; CUNHA, F.B.; BASEI, M.A.S.; TEIXEIRA, J.B.G. (1975) *Geologia - Folha SB.21 Tapajós*, Projeto RADAM, Levantamento de recursos naturais 7, DNPM, Rio de Janeiro, p. 15–99.
- SANTOS, J.O.S. & LOGUÉRCIO, S.O.C. (1984) A parte meridional do Cráton Amazônico (Escudo Brasil Central) e as bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu. In: C.C. Schobbenhaus, D. A.; Derze, G. R.; Asmus, H. E. (Eds., *Geologia do Brasil: Texto Explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Adjacente Incluindo Depósitos Minerais*, Escala 1:2.500.000. DNPM/MME, Brasília, p. 93–127.
- SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A.; GAUDETTE, H.E. (1997) Reconnaissance U/Pb in zircon; Pb/Pb in sulfides and review of Rb/Sr geochronology in the Tapajós Gold Province; Pará/Amazonas States, Brazil. South American Symposium on Isotope Geology. *Extended abstracts...*, Campos de Jordão, p. 280–282.

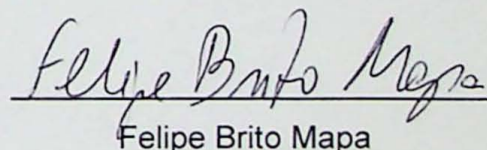
- SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; MACNAUGHTON, N.; FLETCHER, I.R. (1999) Uma inesperada idade cambriana para o enxame gigante de diques máficos na Província Aurífera do Tapajós, obtida pela geocronologia U-Pb em baddeleyita e zircão. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, Manaus, *Anais*, 482-485.
- SANTOS, J.O.S.; HARTMANN, L.A.; GAUDETTE, H.E.; GROVES, D.I.; MACNAUGHTON, N.; FLETCHER, I.R. (2000) A new understanding of the Provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, 3: 453-488.
- SANTOS, J.O.S.; GROVES, D.I.; HARTMANN, L.A.; MOURA, M.A.; MCNAUGHTON, N.J. (2001) Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, 36: 453-488.
- SATO, K.; TASSINARI, C.C.G. (1997) Principais eventos de acreção continental no Cráton amazônico baseados em idades-modelo Sm-Nd, calculada em evolução de estágio único e estágio duplo. In: M.L.A. Costa, R. S. (ed), *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém, FINEP/SBG-NO, 91-142.
- SILVA, J.M e (2005) Petrogênese da mineralização aurífera filoniana do Palito (SW do Estado do Pará) e de suas rochas hospedeiras: alteração hidrotermal e gênese. Trabalho de Formatura, Universidade de São Paulo.
- SILVA, G.G.; LIMA, M.I.L.; ANDRADE, A., F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. (1974) *Geologia - Folha SB.22 Araguaia e parte da SC.22 Tocantins*. Projeto Radam, Levantamentos de recursos minerais 4, Rio de Janeiro, p. 1-60.
- TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. (1999) Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3): 174-182.
- TRÖGER, W.E. (1979) *Optical determination of rock-forming minerals*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- VAZQUEZ, M.L.; SANTOS, A. DOS; KLEIN, E.L.; FRAGA, L.M.; MAIA, R.G.N.; MARTINS, R.C. (1996) Reconhecimento Geológico na Região do Médio Tapajós. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5., Belém, 1996. *Anais*. Belém, SBG. p.117-118.
- VASQUEZ, M.L. & KLEIN, E.L. (2000). *Geologia e recursos minerais da Folha Rio Novo - SB.21 - Z-C. Estado do Pará Escala 1:250.000*. Nota explicativa. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. PROMIM Tapajós/ CPRM, Brasília. [CD-ROM].

São Paulo, 07 de novembro de 2007.

De acordo:



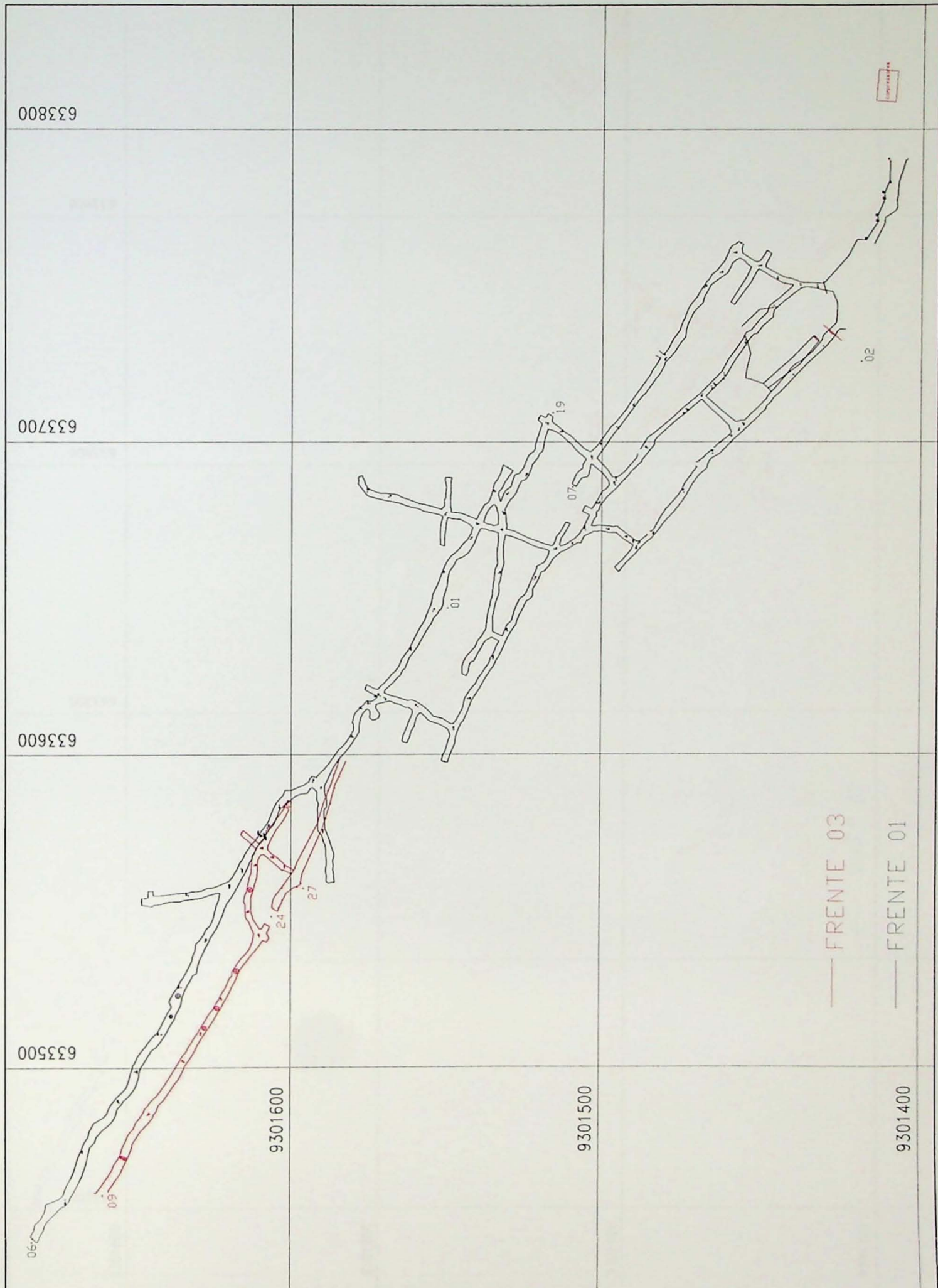
Prof. Dr. Caetano Juliani

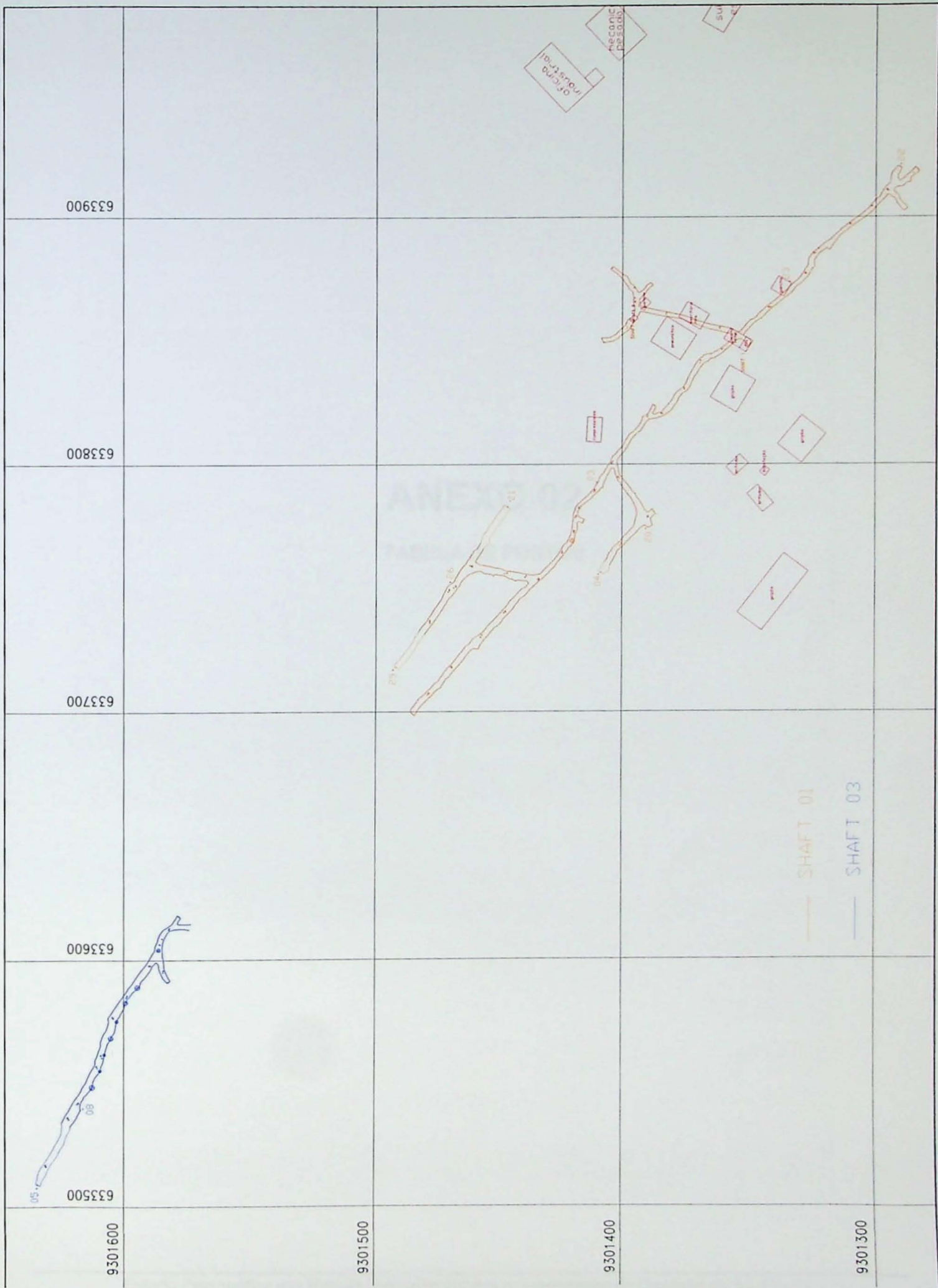


Felipe Brito Mapa

ANEXO 01

MAPA DE PONTOS E DAS GALERIAS SUBTERRÂNEAS





ANEXO 02

TABELA DE PONTOS

AMOSTRA	LITOTIPO	LOCALIZAÇÃO (UTM E x N)
01A	Granito Palito	Frente 01 (633645 x 9301549)
01B	Minério	Frente 01 (633645 x 9301549)
02A	Minério	633726 x 9301417
02B	Granito Palito	633726 x 9301417
03A	Minério	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03B	Granito Palito	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03C	Minério	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03D	Minério	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03E	Minério	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03F	Minério	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03G	Minério	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03H	Minério	Shaft 01 (633796 x 9301406)
03I	Granito Palito	Shaft 01 (633796 x 9301406)
04A	Granito Rio Novo	Shaft 01 (633757 x 9301407)
04B	Granito Rio Novo	Shaft 01 (633757 x 9301407)
04C	Granito Rio Novo	Shaft 01 (633757 x 9301407)
04D	Minério	Shaft 01 (633757 x 9301407)
05A	Granito Palito	Shaft 03 (633508 x 9301633)
05B	Minério	Shaft 03 (633508 x 9301633)
05C	Minério	Shaft 03 (633508 x 9301633)
05D	Minério	Shaft 03 (633508 x 9301633)
06A	Granito Palito	Frente 01 (633445 x 9301679)
06B	Granito Palito	Frente 01 (633445 x 9301679)
06C	Granito Palito	Frente 01 (633445 x 9301679)
06D	Granito Palito	Frente 01 (633445 x 9301679)
06E	Granito Palito	Frente 01 (633445 x 9301679)
06F	Minério	Frente 01 (633445 x 9301679)
07	Granito Palito	Frente 01 (633686 x 9301508)
08A	Minério com veio de quartzo	Shaft 03 (633543 x 9301613)
08B	Brecha de minério	Shaft 03 (633543 x 9301613)
08C	Fluorita	Shaft 03 (633543 x 9301613)
08D	Granito Palito	Shaft 03 (633543 x 9301613)
09A	Minério	Frente 03 (633459 x 9301656)
09B	Granito Palito	Frente 03 (633459 x 9301656)
09C	Granito Palito	Frente 03 (633459 x 9301656)
10A	Minério	Sondagem PDD-159 (633671 x 9301370)
10B	Minério	Sondagem PDD-159 (633671 x 9301370)
10C	Minério	Sondagem PDD-159 (633671 x 9301370)
10D	Minério	Sondagem PDD-159 (633671 x 9301370)
11A	Minério	Sondagem PDD-130 (633581 x 9301696)
11B	Minério	Sondagem PDD-130 (633581 x 9301696)
12	Granito vermelho equigranular (Granito Palito?)	636462 x 9300209
13A	Granito vermelho equigranular (Granito Palito?)	636471 x 9299790
13B	Granito vermelho equigranular (Granito Palito?)	636471 x 9299790
13C	Granito vermelho equigranular (Granito Palito?)	636471 x 9299790
14	Granito vermelho equigranular (Granito Palito?)	636537 x 9299744
15	Granito vermelho equigranular (Granito Palito?)	636370 x 9299402
16	Granito róseo porfirítico (Granito Rio Novo?)	636568 x 9300577
17	Granito vermelho equigranular (Granito Palito?)	638004 x 9300637
18	Granodiorito magnético mesocrático	638996 x 9301953
19	Granito Palito	Frente 01 (633707 x 9301516)
20	Granito Rio Novo	Shaft 01 (633775 x 9301389)
21A	Granito Rio Novo	Shaft 01 (633782 x 9301447)
21B	Brecha de minério	Shaft 01 (633782 x 9301447)
21C	Brecha de minério	Shaft 01 (633782 x 9301447)
21D	Brecha de minério	Shaft 01 (633782 x 9301447)
21E	Brecha de minério	Shaft 01 (633782 x 9301447)
22	Veios de fluorita e quartzo	Shaft 01 (633919 x 9301291)
23A	Granito Rio Novo	Shaft 01 (633866 x 9301339)
23B	Minério com malaquita	Shaft 01 (633866 x 9301339)
24	Minério com malaquita e azurita	Frente 03 (633549 x 9301606)
25	Brecha de minério e de granito Rio Novo	Shaft 01 (633718 x 9301491)
26A	Brecha de minério	Shaft 01 (633753 x 9301468)
26B	Brecha de minério	Shaft 01 (633753 x 9301468)
27A	Granito Palito	Frente 03 (633561 x 9301595)
27B	Minério com malaquita e azurita	Frente 03 (633561 x 9301595)
28	Granodiorito Fofquinha	633192 x 9301937

ANEXO 03

ANÁLISES QUÍMICAS DE MINERAIS

Sample	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	PALITO	PALITO	PALITO
Analysis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Location	BORDA	NUCLEO	NUCLEO	BORDA	BORDA	BORDA	BORDA	BORDA	NUCLEO	NUCLEO	BORDA
Mineral	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO
SiO2	61.168	60.738	60.676	61.223	50.511	54.623	49.677	60.641	64.514	64.975	64.574
Al2O3	23.898	24.335	24.236	23.813	27.114	25.328	27.396	24.640	22.245	22.235	22.565
TiO2	0.03	0.045	0.075	0.055	0.015	0.015	0.04	0	0	0.02	0
Fe2O3	0.117	0.046	0.056	0.085	0.203	0.123	0.455	0.259	0.111	0.09	0.102
MnO	0	0.005	0.003	0	0.015	0	0	0.025	0.004	0.024	0.004
MgO	0.028	0	0	0	0.003	0	0.026	0	0.01	0	0
CaO	5.431	6.210	6.235	6	10.093	7.479	10.096	6.322	3.443	3.074	3.676
Na2O	8.369	8.171	7.945	8.272	5.311	7.160	5.411	7.922	9.627	10.159	9.613
K2O	0	0	0	0	0.566	0	0	0	0	0	0
Total	99.39	99.89	99.52	99.73	93.83	95	93.4	100.08	100.3	100.72	100.88
Si	10.937	10.833	10.850	10.923	9.763	10.323	9.654	10.793	11.359	11.383	11.314
Al	5.032	5.111	5.104	5.003	6.172	5.637	6.270	5.165	4.612	4.588	4.656
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2											
Mn	0	0.001	0	0	0.002	0	0	0.004	0.001	0.004	0.001
Mg	0.007	0	0	0	0.001	0	0.008	0	0.003	0	0
Ba											
Ca	1.040	1.187	1.195	1.145	2.090	1.514	2.102	1.206	0.649	0.577	0.69
Na	2.902	2.826	2.755	2.862	1.990	2.624	2.039	2.734	3.287	3.451	3.266
K	0.079	0.077	0.066	0.066	0.14	0.065	0.075	0.062	0.077	0.032	0.077
Cations	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
X	15.989	15.956	15.972	15.944	15.966	15.979	15.996	15.993	15.986	15.986	15.983
Z	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ab	72	69	69	70	47	62	48	68	82	85	81
An	25.9	29	29.8	28.1	49.5	36	49.9	30.1	16.2	14.2	17.1
Or	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2

Sample	PALITO 12		PALITO 13		PALITO 14		PALITO 15		PALITO 16		PALITO 17		PALITO 18		PALITO 19		PALITO 20		PALITO 21		PALITO 22
Analysis	BORDA		NUCLEO		BORDA		BORDA		BORDA		NUCLEO		NUCLEO		BORDA		BORDA		BORDA		NUCLEO
Location	PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO
Mineral	PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO		PLAGIOCLASIO
SiO2	65.226	62.836	22.479	0.055	0.035	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	62.026
Al2O3	21.890	22.479	0.055	0.035	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	22.531
TiO2	0.07	0.055	0.035	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.005
Fe2O3	0.049	0.128	0	0	0	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.111	0.111	0.155	0.155	0.116	0.116	0.269	0.269	0.067	0.067	0.123
MnO	0.001	0	0.014	0.014	0.014	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.024	0.024	0.011	0.011	0	0	0	0	0.013	0.013	0.006
MgO	0	0	0	0	0	0	0	0	0.005	0.005	0	0	0	0	0	0	0.004	0.004	0.004	0.004	0.009
CaO	2.810	4.307	4.307	1.463	1.463	1.779	1.779	1.779	2.077	2.077	3.238	3.238	2.034	2.034	2.695	2.695	2.488	2.488	2.035	2.035	3.906
Na2O	10.187	8.958	8.958	10.050	10.050	10.247	10.247	10.247	9.984	9.984	9.785	9.785	10.089	10.089	10.089	10.089	10.349	10.349	10.255	10.255	9.434
K2O	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0.698	0.698	0.227	0.227	0.35	0.35	0.535	0.535	0.328
Total	100	99.12	100	100	100	99.66	99.66	99.66	98.75	98.75	99.04	99.04	98.47	98.47	98.68	98.68	100.06	100.06	97.6	97.6	98.37
Si	11.449	11.222	11.222	12.091	12.091	11.614	11.614	11.614	11.578	11.578	11.375	11.375	11.621	11.621	11.474	11.474	11.557	11.557	11.526	11.526	11.176
Al	4.525	4.728	4.728	3.880	3.880	4.365	4.365	4.365	4.403	4.403	4.575	4.575	4.333	4.333	4.483	4.483	4.365	4.365	4.440	4.440	4.781
Fe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.021	0.021	0.016	0.016	0.036	0.036	0.009	0.009	0.017
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.003	0.003	0	0	0.005	0.005	0.001
Fe2																					
Mn	0	0	0	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0	0	0.004	0.004	0.002	0.002	0	0	0	0	0.002	0.002	0.001
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
Ba																					
Ca	0.528	0.824	0.824	0.274	0.274	0.337	0.337	0.337	0.397	0.397	0.619	0.619	0.39	0.39	0.516	0.516	0.47	0.47	0.394	0.394	0.754
Na	3.467	3.102	3.102	3.401	3.401	3.510	3.510	3.510	3.453	3.453	3.384	3.384	3.501	3.501	3.495	3.495	3.537	3.537	3.593	3.593	3.296
K	0.035	0.081	0.081	0.015	0.015	0.14	0.14	0.14	0.147	0.147	0.062	0.062	0.159	0.159	0.052	0.052	0.079	0.079	0.123	0.123	0.075
Cations																					
X	15.989	15.974	15.974	15.976	15.976	16.015	16.015	16.015	16.004	16.004	15.972	15.972	15.975	15.975	15.976	15.976	15.958	15.958	15.980	15.980	15.975
Z																					
Ab	86	77	77	92	92	88	88	88	86	86	83	83	86.4	86.4	86	86	86.6	86.6	87.4	87.4	79.9
An	13.1	20.6	20.6	7.4	7.4	8.5	8.5	8.5	9.9	9.9	15.2	15.2	9.6	9.6	12.7	12.7	11.5	11.5	9.6	9.6	18.3
Or	1	2	2	0	0	4	4	4	4	4	2	2	3.9	3.9	1.3	1.3	1.9	1.9	3	3	1.8

Sample Analysis	PALITO 23		PALITO 24		PALITO 25		PALITO 26		PALITO 27		PALITO 28		PALITO 29		PALITO 30		PALITO 31		PALITO 32		PALITO 33	
	NUCLEO	PLAGIOCLASIO	NUCLEO	PLAGIOCLASIO	BORDA	PLAGIOCLASIO	BORDA	PLAGIOCLASIO	BORDA	PLAGIOCLASIO	BORDA	PLAGIOCLASIO	BORDA	PLAGIOCLASIO	NUCLEO	PLAGIOCLASIO	BORDA	PLAGIOCLASIO	BORDA	PLAGIOCLASIO	NUCLEO	
Location																						
Mineral																						
SiO2	60.480	58.634	58.849	61.944	62.231	63.788	63.120	63.992	63.102	66.154												
Al2O3	23.039	24.314	22.972	21.023	22.826	21.994	22.488	21.994	21.773	20.649												
TiO2	0.015	0.075	0	0.015	0	0.025	0.075	0	0	0.05												
Fe2O3	0.184	0.372	0.24	0.164	0.145	0.145	0.134	0.237	0.136	0.1												
MnO	0	0	0.023	0.023	0.023	0.007	0	0.012	0.01	0.024												
MgO	0	0	0	0	0	0	0.004	0.028	0	0.006												
CaO	4.564	1.640	4.864	2.148	4.678	3.718	3.838	1.492	3.251	1.816												
Na2O	8.811	8.242	8.582	9.757	9	9.645	9.448	9.916	9.782	10.753												
K2O	0	2.458	0.324	0.727	0.407	0.369	0.347	1	0.322	0.194												
Total	97.38	95.74	95.85	95.8	99.25	99.66	99.45	98.67	98.38	99.75												
Si	11.025	10.902	10.927	11.424	11.128	11.328	11.236	11.437	11.342	11.661												
Al	4.946	5.324	5.023	4.566	4.807	4.594	4.714	4.629	4.609	4.287												
Fe3	0.025	0.052	0.033	0.023	0.019	0.019	0.018	0.032	0.018	0.013												
Ti	0.002	0.01	0	0.002	0	0.003	0.01	0	0	0.007												
Fe2																						
Mn	0	0	0.004	0.004	0.003	0.001	0	0.002	0.002	0.004												
Mg	0	0	0	0	0	0	0.001	0.007	0	0.002												
Ba																						
Ca	0.891	0.327	0.968	0.424	0.896	0.707	0.732	0.286	0.626	0.343												
Na	3.114	2.971	3.090	3.489	3.100	3.321	3.261	3.436	3.409	3.675												
K	0.067	0.583	0.077	0.171	0.093	0.084	0.079	0.228	0.074	0.044												
Cations																						
X	15.998	16.288	15.983	16.015	15.954	15.944	15.978	16.098	15.969	15.968												
Z																						
Ab	76.5	76.6	74.7	85.4	75.8	80.8	80.1	87	83	90.5												
An	21.9	8.4	23.4	10.4	21.9	17.2	18	7.2	15.2	8.4												
Or	1.6	15	1.9	4.2	2.3	2	1.9	5.8	1.8	1.1												

Sample Analysis Location	PALITO 34	RIO NOVO 35	RIO NOVO 36	RIO NOVO 37	RIO NOVO 38	RIO NOVO 39	RIO NOVO 40	RIO NOVO 41	RIO NOVO 42	RIO NOVO 43	RIO NOVO 44
	NUCLEO	BORDA	BORDA	BORDA	NUCLEO	BORDA	BORDA	BORDA	BORDA	BORDA	BORDA
Mineral	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO	PLAGIOCLÁSIO
SiO2	63.167	65.225	64.241	65.297	63.175	65.034	64.395	65.031	65.618	65.689	64.622
Al2O3	22.793	21.249	21.632	22	22.631	21.681	21.510	21.363	22	20.770	21.166
TiO2	0.04	0.03	0	0.08	0.01	0.02	0	0.06	0	0.04	0.04
Fe2O3	0.276	0.168	0.154	0.124	0.33	0.158	0.103	0.095	0.139	0.106	0.116
MnO	0.003	0	0.013	0.032	0	0	0	0	0	0.013	0.001
MgO	0	0.012	0.002	0.01	0.349	0.004	0	0	0.005	0.005	0.003
CaO	4.301	2.320	2.851	2.799	1	2.714	2.624	2.373	2.803	1.867	2.191
Na2O	9.154	10.204	9.503	9.802	8.746	9.974	9.570	10	9.818	10.601	10.146
K2O	0.339	0.401	0.634	1	2.428	0.282	0.905	0.257	0.374	0.253	0
Total	100.07	99.61	99.03	100.39	98.18	99.87	99.11	99.28	100.66	99.34	98.55
Si	11.185	11.537	11.446	11.471	11.367	11.474	11.473	11.527	11.481	11.630	11.539
Al	4.753	4.426	4.539	4.496	4.795	4.505	4.513	4.459	4.513	4.331	4.451
Fe3	0.037	0.022	0.021	0.016	0.045	0.021	0.014	0.013	0.018	0.014	0.016
Ti	0.005	0.004	0	0.011	0.001	0.003	0	0.008	0	0.005	0.005
Fe2											
Mn	0	0	0.002	0.005	0	0	0	0	0	0.002	0
Mg	0	0.003	0.001	0.003	0.094	0.001	0	0	0.001	0.001	0.001
Ba											
Ca	0.816	0.44	0.544	0.527	0.098	0.513	0.501	0.451	0.525	0.354	0.419
Na	3.143	3.500	3.283	3.339	3.051	3.412	3.306	3.471	3.331	3.639	3.513
K	0.077	0.09	0.144	0.115	0.557	0.063	0.206	0.058	0.083	0.057	0.059
Cations											
X	15.980	15.989	16.006	15.994	16.208	16.003	16.000	16.007	16.012	15.980	16.011
Z											
Ab	77.9	86.8	82.7	83.9	82.3	85.6	82.4	87.2	84.6	89.9	88
An	20.2	10.9	13.7	13.2	2.6	12.9	12.5	11.3	13.3	8.7	10.5
Or	1.9	2.2	3.6	2.9	15	1.6	5.1	1.5	2.1	1.4	1.5

Sample	RIO NOVO 45		RIO NOVO 46		RIO NOVO 47		RIO NOVO 48		RIO NOVO 49		RIO NOVO 50	
Analysis	BORDA		BORDA		NUCLEO		BORDA		BORDA		BORDA	
Location	PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO	
Mineral	PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO		PLAGIOCLÁSIO	
SiO2	64.761		63.570		67.575		66		63.867		64.997	
Al2O3	21.238		22.243		20.025		20.581		21.948		21.425	
TiO2	0.01		0.01		0		0.1		0		0	
Fe2O3	0.067		0.16		0.046		0.103		0.066		0.187	
MnO	0		0.009		0.018		0		0.007		0.01	
MgO	0.019		0.015		0.01		0.016		0		0	
CaO	2.134		3.416		0		1.799		3.144		2.455	
Na2O	8.969		9.567		11.296		8.756		9.868		10.207	
K2O	2.115		0.38		0		2.959		0.402		0.269	
Total	99.31		99.37		99.53		100.38		99.3		99.55	
Si	11.543		11.309		11.875		11.673		11.366		11.504	
Al	4.458		4.660		4.144		4.282		4.600		4.466	
Fe3	0.009		0.021		0.006		0.014		0.009		0.025	
Ti	0.001		0.001		0		0.013		0		0	
Fe2												
Mn	0		0.001		0.003		0		0.001		0.001	
Mg	0.005		0.004		0.003		0.004		0		0	
Ba												
Ca	0.408		0.651		0.062		0.341		0.599		0.466	
Na	3.100		3.300		3.849		3.000		3.405		3.503	
K	0.481		0.086		0.053		0.667		0.091		0.061	
Cations												
X	16.011		15.991		16.025		15.982		15.975		15.995	
Z												
Ab	77.7		81.7		97.1		74.9		83.2		86.9	
An	10.2		16.1		1.6		8.5		14.6		11.6	
Or	12.1		2.1		1.3		16.6		2.2		1.5	

Sample Analysis	PALITO 1		PALITO 2		PALITO 3		PALITO 4		PALITO 5		PALITO 6		PALITO 7		PALITO 8		RIO NOVO 9		RIO NOVO 10		RIO NOVO 11	
Location	NUCLEO		BORDA		NUCLEO		BORDA		BORDA		NUCLEO		BORDA		NUCLEO		NUCLEO		NUCLEO		NUCLEO	
Mineral	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO
SiO2	65.721	65.059	65.373	64.672	65.037	65.172	65.346	64.695	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	64.280	63.662
Al2O3	18.559	18.599	18.502	18.184	18.328	18.444	18.468	18.326	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.581	18.320
TiO2	0.04	0.02	0.04	0.04	0.01	0.04	0	0	0.03	0.03	0.03	0	0	0.03	0.03	0	0.11	0.11	0.11	0.11	0.04	
Fe2O3	0.046	0.027	0.07	0.104	0.035	0.132	0.031	0.026	0.122	0.122	0.122	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	
MnO	0	0	0	0	0	0.01	0.041	0.004	0	0	0.01	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.026	
MgO	0.003	0.005	0.007	0	0.01	0	0.001	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0	
CaO	0.02	0.055	0	0.013	0.026	0.042	0.002	0	0.073	0.073	0.073	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106	
Na2O	3.387	1.322	2.319	0.946	1.88	1.531	1.187	1.210	2.159	2.159	2.159	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	1.926	
K2O	11.998	15.069	13.668	15.871	14.3	14.983	15.689	15.544	13.392	13.392	13.392	13.845	13.845	13.845	13.845	13.845	13.845	13.845	13.845	13.845	13.845	
BaO	0	0	0.033	0.079	0	0.463	0.074	0.056	0	0	0	0.946	0.946	0.946	0.946	0.946	0	0	0	0	0.946	
SrO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0	0	0	0	0.077	
Total	99.77	100.16	100.01	99.91	99.63	100.82	100.84	99.86	98.64	98.64	98.64	99.03	99.03	99.03	99.03	99.03	97.73	97.73	97.73	97.73	99.03	
Si	11.995	11.963	11.982	11.979	11.994	11.955	11.976	11.971	11.937	11.937	11.937	11.905	11.905	11.905	11.905	11.905	11.894	11.894	11.894	11.894	11.905	
Al	3.989	4.028	3.994	3.967	3.980	3.984	3.986	3.993	4.064	4.064	4.064	4.035	4.035	4.035	4.035	4.035	4.117	4.117	4.117	4.117	4.035	
Fe3	0.006	0.004	0.01	0.014	0.005	0.018	0.004	0.004	0.017	0.017	0.017	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	
Ti	0.005	0.003	0.006	0.006	0.001	0.006	0	0	0.004	0.004	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.015	0.015	0.015	0.015	0.006	
Fe2																						
Mn	0	0	0	0	0	0.002	0.006	0.001	0	0	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0	0	0	0	0.004	
Mg	0.001	0.001	0.002	0	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ba	0	0	0.002	0.006	0	0.033	0.005	0.004	0	0	0.003	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0	0	0	0	0.069	
Ca	0.004	0.011	0	0.003	0.005	0.008	0	0	0.015	0.015	0.015	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.04	0.04	0.04	0.04	0.021	
Na	1.199	0.471	0.824	0.34	0.672	0.545	0.422	0.434	0.777	0.777	0.777	0.698	0.698	0.698	0.698	0.698	0.998	0.998	0.998	0.998	0.698	
K	2.794	3.535	3.196	3.750	3.364	3.506	3.668	3.669	3.173	3.173	3.173	3.303	3.303	3.303	3.303	3.303	2.886	2.886	2.886	2.886	3.303	
Cations																						
X	15.995	15.998	15.992	15.966	15.980	15.963	15.966	15.968	16.022	16.022	16.022	15.957	15.957	15.957	15.957	15.957	16.037	16.037	16.037	16.037	15.957	
Z																						
Ab	30	11.7	20.5	8.3	16.6	13.4	10.3	10.6	19.6	19.6	19.6	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	25.4	25.4	25.4	25.4	17.4	
An	0.1	0.3	0	0.1	0.1	0.2	0	0	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	
Or	69.9	88	79.5	91.6	83.2	86.4	89.7	89.4	80	80	80	82.1	82.1	82.1	82.1	82.1	73.5	73.5	73.5	73.5	82.1	

Sample	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO
Analysis	12	13	14	15	16	17	
Location	NUCLEO	BORDA	BORDA	PERTITA	PERTITA	PERTITA	
Mineral	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	K-FELDSPATO	
SiO2	63.899	63.517	63.837	63.852	64.170	64.657	
Al2O3	18.951	18.439	18.427	18.214	18.307	18.093	
TiO2	0.07	0.02	0	0.04	0	0	
Fe2O3	0.119	0.119	0.041	0.036	0.052	0.058	
MnO	0.02	0.013	0.007	0.016	0.015	0	
MgO	0.006	0.015	0	0	0.006	0.002	
CaO	0.257	0.068	0.088	0.045	0	0	
Na2O	2.832	2.597	1.824	1.022	0.583	0.183	
K2O	12.121	12.921	13.818	15.271	16.142	16.724	
BaO	1.669	0.71	1.120	0.009	0.065	0.035	
SrO	0	0.019	0	0	0.028	0	
Total	99.94	98.44	99.16	98.51	99.37	99.75	
Si	11.821	11.889	11.916	11.962	11.960	12.013	
Al	4.129	4.065	4.051	4.019	4.018	3.959	
Fe3	0.017	0.017	0.006	0.005	0.007	0.008	
Ti	0.01	0.003	0	0.006	0	0	
Fe2							
Mn	0.003	0.002	0.001	0.003	0.002	0	
Mg	0.002	0.004	0	0	0.002	0.001	
Ba	0.121	0.052	0.082	0.001	0.005	0.003	
Ca	0.051	0.014	0.018	0.009	0	0	
Na	1.016	0.943	0.66	0.371	0.211	0.066	
K	2.861	3.085	3.291	3.650	3.838	3.964	
Cations							
X	15.977	15.974	15.973	15.992	15.985	15.980	
Z							
Ab	25.9	23.3	16.6	9.2	5.2	1.6	
An	1.3	0.3	0.5	0.2	0	0	
Or	72.8	76.3	82.9	90.6	94.8	98.4	

Sample	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA	FOFOQUINHA
Analysis	12	13	14	.15	16	17	18	19	20	21	22
Location	BORDA	BORDA	NUCLEO	BORDA	BORDA	NUCLEO	NUCLEO	NUCLEO	NUCLEO	BORDA	BORDA
Mineral	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA
SiO2	42.623	42.717	43.430	42.896	42.565	42.971	42.106	42.340	43.124	42.689	41.787
TiO2	1.435	1.268	1.210	1.104	1.305	1.361	1.466	1.379	1.206	1.635	1.320
Al2O3	8.121	7.841	7.614	7.830	8.201	80.992	7.993	7.798	7.999	8.390	8.902
FeO	26.770	25.140	25.662	26.754	25.954	23.956	25.597	24.795	24.572	24.788	25.518
MnO	0.629	0.665	0.74	0.639	0.653	0.488	0.548	0.503	0.462	0.628	0.541
MgO	4.915	5.965	5.909	4.981	5.370	6.937	5.548	6.247	6.442	6.036	5.322
CaO	10.390	10.309	10.646	10.470	10.634	10.734	10.498	10.643	10.777	10.742	10.730
Na2O	1.523	1.670	1.560	1.523	1.512	1.517	1.693	1.469	1.463	1.592	1.673
K2O	0.952	1.021	0.983	0.988	1.032	1.362	1.006	0.986	1.343	1.254	1.098
F	0.322	0.225	0.467	0.392	0.29	0.219	0.459	0.184	0.324	0.681	0.464
Cl	0.16	0.167	0.162	0.218	0.234	0.14	0.208	0.195	0.193	0.257	0.213
Total	97.84	96.99	98.38	97.79	97.75	97.78	97.12	96.54	97.91	98.69	97.57
O F Cl	0.17	0.13	0.23	0.21	0.17	0.12	0.24	0.12	0.18	0.34	0.24
O F	0.14	0.09	0.2	0.17	0.12	0.09	0.19	0.08	0.14	0.29	0.2
O Cl	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.04	0.04	0.06	0.05
CTotal	97.67	96.86	98.15	97.58	97.58	97.66	96.88	96.42	97.73	98.35	97.33
TSi	6.635	6.660	6.705	6.695	6.629	6.625	6.614	6.629	6.674	6.602	6.545
TAl	1.365	1.340	1.295	1.305	1.371	1.375	1.386	1.371	1.326	1.398	1.455
TFe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TTi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.124	0.099	0.089	0.135	0.134	0.095	0.092	0.066	0.132	0.13	0.187
CCr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CFe3	0.791	0.792	0.742	0.751	0.721	0.697	0.697	0.767	0.634	0.603	0.627
CTi	0.168	0.149	0.141	0.13	0.153	0.158	0.173	0.162	0.14	0.19	0.156
CMg	1.141	1.386	1.360	1.159	1.247	1.594	1.299	1.458	1.486	1.392	1.243
CFe2	2.694	2.486	2.571	2.741	2.660	2.392	2.666	2.480	2.546	2.603	2.715
CMn	0.083	0.088	0.097	0.084	0.086	0.064	0.073	0.067	0.061	0.082	0.072
CCa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BFe2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BMn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCa	1.733	1.722	1.761	1.751	1.775	1.773	1.767	1.785	1.787	1.780	1.801
BNa	0.267	0.278	0.239	0.249	0.225	0.227	0.233	0.215	0.213	0.22	0.199
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANa	0.193	0.227	0.228	0.212	0.231	0.227	0.282	0.231	0.226	0.257	0.309
AK	0.189	0.203	0.194	0.197	0.205	0.268	0.202	0.197	0.265	0.247	0.219
Sum_A	0.382	0.43	0.422	0.409	0.436	0.494	0.484	0.428	0.491	0.505	0.528
Sum_cat	15.382	15.430	15.422	15.409	15.436	15.494	15.484	15.428	15.491	15.505	15.528
CCI	0.042	0.044	0.042	0.058	0.062	0.037	0.055	0.052	0.051	0.067	0.057
CF	0.159	0.111	0.228	0.193	0.143	0.107	0.228	0.091	0.159	0.333	0.23
OH											
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000

[illegible]

[illegible]

Sample Analysis Location	PALITO 45	PALITO 46	PALITO 47	PALITO 48	PALITO 49	PALITO 50	PALITO 51	PALITO 52	PALITO 53	PALITO 54	PALITO 55
	BORDA HORNBLENDA	NUCLEO HORNBLENDA	NUCLEO HORNBLENDA	BORDA HORNBLENDA	BORDA HORNBLENDA	BORDA HORNBLENDA	NUCLEO HORNBLENDA	BORDA HORNBLENDA	BORDA HORNBLENDA	NUCLEO HORNBLENDA	BORDA HORNBLENDA
Mineral	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA	HORNBLENDA
SiO2	41.829	41.697	41.572	20.826	40.296	40.277	40.690	40.073	41.423	41.999	41.818
TiO2	1.640	1.780	1.616	0.533	1.834	0.965	1.102	1.311	2.033	1.690	1.784
Al2O3	8.722	8.680	8.952	58.057	8.771	8.353	8.619	8.706	9.009	8.882	8.541
FeO	26.936	26.798	26.386	13.538	27.234	29.815	29.810	28.678	26.456	26.389	27.296
MnO	0.55	0.534	0.6	0.435	0.753	1.027	0.778	0.999	0.431	0.447	0.563
MgO	4.654	4.672	4.455	1.607	3.733	2.681	2.915	2.617	4.697	4.782	4.409
CaO	10.409	10.485	10.295	5.147	10.162	9.573	10.006	10.302	10.429	10.463	10.403
Na2O	1.751	1.887	1.839	0.705	1.706	1.751	1.697	1.313	1.972	1.890	1.793
K2O	1.114	1.091	1.226	0.616	1.122	1.082	1.084	1.065	1.185	1.091	1.026
F	0.522	0.914	0.43	0.141	0.459	0.858	0.424	0.249	0.708	0.675	0.326
Cl	0.107	0.081	0.112	0.209	0.109	0.116	0.159	0.165	0.071	0.081	0.058
Total	98.23	98.62	97.48	101.81	96.18	96.5	97.28	95.48	98.41	98.39	98.02
O F Cl	0.24	0.4	0.21	0.11	0.22	0.39	0.21	0.14	0.31	0.3	0.15
O F	0.22	0.38	0.18	0.06	0.19	0.36	0.18	0.1	0.3	0.28	0.14
O Cl	0.02	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01
CTotal	97.99	98.22	97.27	101.7	95.96	96.11	97.07	95.34	98.1	98.09	97.87
Tsi	6.531	6.524	6.547	2.611	6.469	6.493	6.482	6.508	6.484	6.554	6.542
TAl	1.469	1.476	1.453	5.389	1.531	1.507	1.518	1.492	1.516	1.446	1.458
TFe3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TTI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAI	0.134	0.123	0.207	3.184	0.127	0.079	0.099	0.174	0.144	0.186	0.116
CCr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CFe3	0.715	0.628	0.58	1.420	0.705	1.117	0.994	0.778	0.56	0.575	0.686
CTi	0.193	0.209	0.191	0.05	0.221	0.117	0.132	0.16	0.239	0.198	0.21
CMg	1.083	1.090	1.046	0.3	0.893	0.644	0.692	0.634	1.096	1.112	1.028
CFe2	2.802	2.879	2.895	0	2.951	2.902	2.977	3.117	2.903	2.869	2.886
CMn	0.073	0.071	0.08	0.046	0.102	0.14	0.105	0.137	0.057	0.059	0.075
CGa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BFe2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BMn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BCa	1.741	1.758	1.737	0.691	1.748	1.653	1.708	1.793	1.749	1.749	1.744
BNa	0.259	0.242	0.263	0.171	0.252	0.347	0.292	0.207	0.251	0.251	0.256
Sum_B	2.000	2.000	2.000	0.863	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANa	0.271	0.33	0.299	0	0.279	0.201	0.232	0.206	0.347	0.321	0.288
AK	0.222	0.218	0.246	0.099	0.23	0.223	0.22	0.221	0.237	0.217	0.205
Sum_A	0.493	0.548	0.545	0.099	0.509	0.423	0.452	0.427	0.584	0.538	0.492
Sum_cat	15.493	15.548	15.545	13.961	15.509	15.423	15.452	15.427	15.584	15.538	15.492
CCl	0.028	0.021	0.03	0.044	0.03	0.032	0.043	0.045	0.019	0.021	0.015
CF	0.258	0.452	0.214	0.056	0.233	0.437	0.214	0.128	0.35	0.333	0.161
OH											
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	21.484	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	PALITO 56		PALITO 57		PALITO 58		PALITO 59		PALITO 60		PALITO 61		PALITO 62	
Analysis	NUCLEO		BORDA		BORDA		NUCLEO		BORDA		NUCLEO		NUCLEO	
Location	HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA	
Mineral	HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA		HORNBLENDA	
SiO2	41.678	41.230	42.369	41.117	40.401	26.509	41.125							
TiO2	1.847	1.928	1.762	1.612	0.977	0.622	1.732							
Al2O3	8.623	8.7	8.689	9.136	10.096	18.01	9.013							
FeO	26.234	25.833	25.892	27.725	26.886	37.585	27.679							
MnO	0.623	0.691	0.518	0.966	0.711	0.626	1.052							
MgO	4.575	4.423	5.091	3.284	3.972	4.765	3.419							
CaO	10.055	10.116	10.114	10.532	10.788	0.019	10.580							
Na2O	1.593	1.776	1.777	1.464	1.598	0.042	1.495							
K2O	1.029	1.069	1.005	1.069	1.321	1.996	1.192							
F	0.74	0.312	0.569	0.494	0.675	0	0.6							
Cl	0.092	0.089	0.105	0.124	0.386	0.225	0.155							
Total	97.09	96.17	97.89	97.52	97.81	90.4	98.04							
O F Cl	0.33	0.15	0.26	0.24	0.37	0.05	0.29							
O F	0.31	0.13	0.24	0.21	0.28	0	0.25							
O Cl	0.02	0.02	0.02	0.03	0.09	0.05	0.03							
CTotal	96.76	96.02	97.63	97.28	97.44	90.35	97.75							
TSi	6.567	6.560	6.588	6.519	6.402	3.950	6.506							
TAI	1.433	1.440	1.412	1.481	1.598	3.160	1.494							
TFe3	0	0	0	0	0	0.89	0							
TTi	0	0	0	0	0	0	0							
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000							
CAI	0.167	0.19	0.179	0.225	0.287	0	0.185							
CCr	0	0	0	0	0	0	0							
CFe3	0.741	0.575	0.716	0.626	0.657	3.793	0.612							
CTi	0.219	0.231	0.206	0.192	0.116	0.07	0.206							
CMg	1.075	1.049	1.180	0.776	0.938	1.058	0.806							
CFe2	2.716	2.862	2.650	3.050	2.907	0	3.050							
CMn	0.083	0.093	0.068	0.13	0.095	0.079	0.141							
CCa	0	0	0	0	0	0	0							
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000							
BMg	0	0	0	0	0	0	0							
BFe2	0	0	0	0	0	0	0							
BMn	0	0	0	0	0	0	0							
BCa	1.697	1.724	1.685	1.789	1.832	0.003	1.793							
BNa	0.303	0.276	0.315	0.211	0.168	0.012	0.207							
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	0.015	2.000							
ACa	0	0	0	0	0	0	0							
ANa	0.184	0.272	0.221	0.239	0.323	0	0.252							
AK	0.207	0.217	0.199	0.216	0.267	0.379	0.241							
Sum_A	0.391	0.489	0.42	0.456	0.59	0.379	0.492							
Sum_cat	15.391	15.489	15.420	15.456	15.590	13.395	15.492							
CCI	0.025	0.024	0.028	0.033	0.104	0.057	0.042							
CF	0.369	0.157	0.28	0.248	0.338	0	0.3							
OH														
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	21.140	23.000							

Sample	PALITO 1	PALITO 2	PALITO 3	PALITO 4	PALITO 5	PALITO 6	PALITO 7	PALITO 8	PALITO 9	PALITO 10	PALITO
Analysis											11
Location											
Mineral	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA
SiO2	32.962	33.128	33.142	33.272	32.144	27.068	32.503	32.369	34.603	34.176	34.483
TiO2	2.859	3.073	3.099	3.492	3.246	2.459	2.755	3.505	2.591	2.926	2.499
Al2O3	14.170	13.995	13.852	13.861	13.957	16.118	14.155	13.653	13.887	13.430	13.378
FeO	33.438	32.891	32.227	32.647	33.813	38.662	33.709	34.059	31.409	31.078	30.726
MnO	0.305	0.314	0.342	0.266	0.367	0.381	0.26	0.326	0.281	0.262	0.357
MgO	3.653	3.602	3.497	3.605	3.248	3.780	3.822	3.540	3.326	3.618	3.482
CaO	0.071	0.072	0.04	0.167	0.151	0.399	0.134	0.138	0	0	0.03
Na2O	0.078	0.067	0.098	0.08	0.044	0.029	0.075	0.096	0.013	0.075	0.119
K2O	7.132	6.965	7.942	6.934	6.375	1.390	6.781	6.601	8.762	8.756	8.671
F	0.133	0	0.207	0.092	0.117	0.014	0.076	0.047	0	0	0.331
Cl	0.349	0.244	0.247	0.271	0.378	0.164	0.332	0.314	0.818	0.627	0.63
BaO	0	0	0.106	0	0.036	0.011	0	0.042	0.034	0.046	0
Total	95.15	94.35	94.8	94.69	93.88	90.47	94.6	94.69	95.72	94.99	94.71
O F Cl	0.13	0.06	0.14	0.1	0.13	0.04	0.11	0.09	0.18	0.14	0.28
C Total	95.02	94.29	94.66	94.59	93.75	90.43	94.49	94.6	95.54	94.85	94.43
Si	5.672	5.714	5.725	5.716	5.619	4.942	5.628	5.612	5.907	5.876	5.952
AlIV	2.328	2.286	2.275	2.284	2.381	3.058	2.372	2.388	2.093	2.124	2.048
AlVI	0.544	0.557	0.543	0.52	0.492	0.408	0.514	0.4	0.699	0.595	0.671
Ti	0.37	0.399	0.403	0.451	0.427	0.338	0.359	0.457	0.333	0.378	0.324
Fe3											
Fe2	4.812	4.744	4.656	4.690	4.943	5.903	4.881	4.938	4.484	4.468	4.435
Cr											
Mn	0.044	0.046	0.05	0.039	0.054	0.059	0.038	0.048	0.041	0.038	0.052
Mg	0.937	0.926	0.901	0.923	0.846	1.029	0.987	0.915	0.846	0.927	0.896
Ba	0	0	0.007	0	0.002	0.001	0	0.003	0.002	0.003	0
Ca	0.013	0.013	0.007	0.031	0.028	0.078	0.025	0.026	0	0	0.006
Na	0.026	0.022	0.033	0.027	0.015	0.01	0.025	0.032	0.004	0.025	0.04
K	1.566	1.533	1.750	1.520	1.422	0.324	1.498	1.460	1.908	1.920	1.909
Cations											
CF	0.145	0	0.226	0.1	0.129	0.016	0.083	0.052	0	0	0.361
CCI	0.204	0.143	0.145	0.158	0.224	0.102	0.195	0.185	0.474	0.366	0.369
OH											
O	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Fe_FeMg	0.84	0.84	0.84	0.84	0.85	0.85	0.83	0.84	0.84	0.83	0.83
Mg_FeMg	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.17	0.16	0.16	0.17	0.17

Sample	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO
Analysis Location	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mineral	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA
SiO2	33.761	34.171	33.972	34.852	32.493	34.351	34.226	28.043	32.577	34.782	35.128
TiO2	2.653	2.472	2.678	2.562	2.730	3.209	3.089	1.178	3.427	2.852	2.862
Al2O3	14.097	13.647	13.795	13.725	14.232	13.548	13.421	14.823	14.005	13.263	13.015
FeO	31.397	30.601	30.733	29.457	32.278	30.913	30.752	36.103	29.713	29.535	29.364
MnO	0.473	0.383	0.451	0.591	0.477	0.616	0.64	0.287	0.454	0.499	0.557
MgO	3.699	3.923	3.96	4.597	4.172	3.585	3.583	6.578	4.009	4.619	4.915
CaO	0.013	0	0	0.026	0.075	0	0	0.099	0.381	0	0
Na2O	0.032	0.068	0.047	0.066	0.135	0.064	0.101	0.023	0.089	0.043	0.028
K2O	7.835	8.597	8.779	9.125	6.995	8.934	8.563	1.628	7.573	9.141	8.792
F	0.099	0.162	0	0.469	0.012	0.045	0.031	0.065	0.035	0.207	0.17
Cl	0.608	0.685	0.427	0.255	0.253	0.25	0.247	0.066	0.395	0.265	0.2
BaO	0.119	0.099	0	0.007	0	0	0	0.045	0	0.052	0
Total	94.79	94.81	94.84	95.73	93.85	95.51	94.63	88.94	92.66	95.24	95.03
O F Cl	0.18	0.22	0.1	0.26	0.06	0.08	0.07	0.04	0.1	0.15	0.12
CTotal	94.61	94.59	94.74	95.47	93.79	95.43	94.56	88.9	92.56	95.09	94.91
Si	5.808	5.885	5.831	5.906	5.638	5.854	5.876	5.140	5.693	5.915	5.960
AlIV	2.192	2.115	2.169	2.094	2.362	2.146	2.124	2.860	2.307	2.085	2.040
AlVI	0.664	0.653	0.619	0.645	0.546	0.573	0.59	0.339	0.575	0.573	0.56
Ti	0.343	0.32	0.346	0.327	0.356	0.411	0.396	0.162	0.45	0.365	0.365
Fe3											
Fe2	4.517	4.408	4.412	4.174	4.684	4.406	4.416	5.534	4.343	4.203	4.166
Cr											
Mn	0.059	0.056	0.066	0.085	0.07	0.089	0.093	0.045	0.067	0.072	0.08
Mg	0.949	1.007	1.013	1.161	1.079	0.911	0.917	1.797	1.044	1.172	1.243
Ba	0.008	0.007	0	0	0	0	0	0.003	0	0.003	0
Ca	0.002	0	0	0.005	0.014	0	0	0.019	0.071	0	0
Na	0.011	0.023	0.016	0.022	0.045	0.021	0.034	0.008	0.03	0.014	0.009
K	1.719	1.889	1.922	1.973	1.548	1.942	1.876	0.381	1.688	1.984	1.903
Cations	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CF	0.108	0.176	0	0.503	0.013	0.049	0.034	0.075	0.039	0.223	0.182
CCl	0.355	0.4	0.249	0.147	0.149	0.144	0.144	0.041	0.234	0.153	0.115
OH											
O	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Fe_FeMg	0.83	0.81	0.81	0.78	0.81	0.83	0.83	0.75	0.81	0.78	0.77
Mg_FeMg	0.17	0.19	0.19	0.22	0.19	0.17	0.17	0.25	0.19	0.22	0.23

Sample	PALITO	PALITO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO
Analysis	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Location										
Mineral	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA	BIOTITA
SiO2	28.905	27.796	27.973	27.892	27.252	28.735	30.043	26.905	25.028	31.603
TiO2	6.477	1.654	2.343	2.243	1.595	3.219	2.444	1.08	0.235	2.995
Al2O3	13.322	15.355	15.814	15.740	16.479	15.438	15.473	16.524	18.951	15.254
FeO	29.431	35.939	35.225	34.860	34.754	34.3	33.423	36.309	36.577	31.044
MnO	0.338	0.444	0.291	0.377	0.399	0.409	0.397	0.362	0.341	0.403
MgO	4.035	4.934	5.524	5.899	6.999	5.261	5.171	5.184	5.879	5.037
CaO	5.535	0.135	0.193	0.267	0.094	0.381	0.121	0.228	0.049	0.253
Na2O	0.063	0.045	0.011	0.029	0.025	0.027	0.009	0.051	0	0.052
K2O	1.966	1.909	1.878	1.607	0.977	2.527	3.91	1.192	0.075	4.561
F	0.045	0.095	0	0.019	0.089	0.147	0.076	0.092	0.119	0.045
Cl	0.132	0.133	0.061	0.04	0.067	0.045	0.068	0.041	0.001	0.083
BaO	0	0	0.031	0	0	0.017	0.064	0.022	0.01	0
Total	90.25	88.44	89.34	88.97	88.73	90.51	91.2	87.99	87.27	91.33
O_F_Cl	0.05	0.07	0.01	0.02	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.04
CTotal	90.2	88.37	89.33	88.95	88.68	90.44	91.15	87.94	87.22	91.29
Si	5.143	5.138	5.074	5.067	4.950	5.142	5.324	4.986	4.655	5.518
AlIV	2.791	2.862	2.926	2.933	3.050	2.858	2.676	3.014	3.345	2.482
AlVI	0	0.481	0.452	0.435	0.475	0.395	0.553	0.592	0.806	0.655
Ti	0.867	0.23	0.32	0.307	0.218	0.433	0.326	0.151	0.033	0.393
Fe3										
Fe2	4.379	5.556	5.343	5.297	5.279	5.133	4.954	5.627	5.689	4.533
Cr										
Mn	0.051	0.07	0.045	0.058	0.061	0.062	0.06	0.057	0.054	0.06
Mg	1.070	1.360	1.494	1.598	1.895	1.403	1.366	1.432	1.630	1.311
Ba	0	0	0.002	0	0	0.001	0.004	0.002	0.001	0
Ca	1.055	0.027	0.038	0.052	0.018	0.073	0.023	0.045	0.01	0.047
Na	0.022	0.016	0.004	0.01	0.009	0.009	0.003	0.018	0	0.018
K	0.446	0.45	0.435	0.372	0.226	0.577	0.884	0.282	0.018	1.016
Cations	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CF	0.051	0.111	0	0.022	0.102	0.166	0.085	0.108	0.14	0.05
CCl	0.08	0.083	0.038	0.025	0.041	0.027	0.041	0.026	0.001	0.049
OH										
O	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Fe_FeMg	0.8	0.8	0.78	0.77	0.74	0.79	0.78	0.8	0.78	0.78
Mg_FeMg	0.2	0.2	0.22	0.23	0.26	0.21	0.22	0.2	0.22	0.22

Sample	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	PALITO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO	RIO NOVO
Analysis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Location																	
Mineral	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA	CLORITA
SiO ₂	24.375	24.655	24.940	24.809	24.609	24.882	26.466	24.574	23.096	23.737	23.982	23.923	25.089				
TiO ₂	0.366	0.215	0.429	0.205	0.045	0.081	0.046	0.027	0.063	0.072	0.09	0.145	0				
Al ₂ O ₃	16.293	16.532	16.631	16.54	17.081	17.149	17.393	17.025	18.884	18.966	19.221	18.718	17.246				
FeO	42.374	41.565	41.792	42.167	37.38	37.180	32.367	37.876	36.313	35.782	36.333	35.242	35.94				
MnO	0.446	0.486	0.453	0.519	0.551	0.474	0.441	0.44	0.711	0.726	0.701	0.577	0.676				
MgO	3.490	3.619	3.545	3.022	6.449	6.854	10.814	6.786	6.891	6.923	6.896	7.328	7.379				
CaO	0.034	0.041	0.054	0.181	0.057	0.009	0.068	0.026	0.012	0.064	0.044	0.035	0.058				
Na ₂ O	0.059	0.015	0.047	0.071	0.03	0.01	0.028	0.045	0.016	0.014	0.007	0.042	0.007				
K ₂ O	0.288	0.209	0.241	0.143	0.014	0.012	0.023	0.029	0.044	0	0.019	0.1	0.008				
F	0.052	0	0.038	0.002	0.015	0.004	0.126	0.016	0.001	0	0	0	0				
Cl	0.037	0.026	0.011	0.015	0.014	0.01	0.014	0.014	0	0.007	0	0.012	0.017				
BaO	0.012	0	0.012	0.102	0.047	0.05	0	0.094	0.032	0.012	0	0	0				
Total	87.83	87.36	88.19	87.78	86.29	86.72	87.79	86.95	86.06	86.3	87.29	86.12	86.42				
O.F. Cl	0.03	0.01	0.02	0	0.01	0	0.06	0.01	0	0	0	0	0				
O.F.	0.02	0	0.02	0	0.01	0	0.05	0.01	0	0	0	0	0				
O Cl	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
CTotal	87.8	87.35	88.17	87.78	86.28	86.72	87.73	86.94	86.06	86.3	87.29	86.12	86.42				
Si	5.716	5.771	5.780	5.800	5.697	5.712	5.815	5.659	5.345	5.445	5.441	5.482	5.740				
AlIV	2.284	2.229	2.220	2.200	2.303	2.288	2.185	2.341	2.655	2.555	2.559	2.518	2.260				
Sum T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000				
AlVI	2.215	2.328	2.319	2.353	2.354	2.348	2.316	2.276	2.492	2.568	2.577	2.533	2.387				
Ti	0.065	0.038	0.075	0.036	0.008	0.014	0.008	0.005	0.011	0.012	0.015	0.025	0				
Fe ₃																	
Fe ₂	8.310	8.136	8.100	8.244	7.237	7.138	5.948	7.295	7.028	6.864	6.894	6.754	6.877				
Cr																	
Mn	0.089	0.096	0.089	0.103	0.108	0.092	0.082	0.086	0.139	0.141	0.135	0.112	0.131				
Mg	1.220	1.263	1.225	1.053	2.226	2.346	3.542	2.330	2.377	2.367	2.332	2.503	2.517				
Ca	0.009	0.01	0.013	0.045	0.014	0.002	0.016	0.006	0.003	0.016	0.011	0.009	0.014				
Na	0.027	0.007	0.021	0.032	0.013	0.004	0.012	0.02	0.007	0.006	0.003	0.019	0.003				
K	0.086	0.062	0.071	0.043	0.004	0.004	0.006	0.009	0.013	0	0.005	0.029	0.002				
Cations	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
CF	0.077	0	0.056	0.003	0.022	0.006	0.175	0.023	0.001	0	0	0	0				
CCl	0.029	0.021	0.009	0.012	0.011	0.008	0.01	0.011	0	0.005	0	0.009	0.013				
OH																	
O	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000				
Fe FeMg	0.87	0.87	0.87	0.89	0.76	0.75	0.63	0.76	0.75	0.74	0.75	0.73	0.73				
Mg FeMg	0.13	0.13	0.13	0.11	0.24	0.25	0.37	0.24	0.25	0.26	0.25	0.27	0.27				

Sample	PALITO 1	PALITO 2	PALITO 3	PALITO 4	RIO NOVO
Analysis					5
Location					
Mineral	MUSCOVITA	MUSCOVITA	MUSCOVITA	MUSCOVITA	SERICITA
SiO2	47.966	47.625	46.509	47.072	45.537
TiO2	0.817	1.095	0.708	0.409	0.1
Al2O3	30.085	28.821	31.3	31.566	35.860
FeO	2.836	3.853	3.467	2.520	1.504
MnO	0.055	0	0.016	0.045	0.057
MgO	1.617	1.695	1.320	1.492	0.074
CaO	0.026	0	0.016	0	0.015
Na2O	0.158	0.083	0.145	0.267	0.143
K2O	10.952	10.793	10.942	10.559	11.144
F	0.161	0.365	0.045	0.319	0.026
Cl	0.005	0.016	0	0.016	0.02
BaO	0.072	0	0.022	0.195	0.398
Total	94.75	94.35	94.49	94.46	94.88
O F Cl	0.07	0.16	0.02	0.14	0.02
CTotal	94.68	94.19	94.47	94.32	94.86
Si	6.499	6.525	6.337	6.392	6.128
AlIV	1.501	1.475	1.663	1.608	1.872
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
AlVI	3.299	3.175	3.360	3.440	3.812
Ti	0.083	0.113	0.073	0.042	0.01
Fe3					
Fe2	0.321	0.441	0.395	0.286	0.169
Cr					
Mn	0.006	0	0.002	0.005	0.006
Mg	0.327	0.346	0.268	0.302	0.015
Ca	0.004	0	0.002	0	0.002
Na	0.042	0.022	0.038	0.07	0.037
K	1.893	1.886	1.902	1.829	1.913
Cations	*	*	*	*	*
CF	0.138	0.316	0.039	0.274	0.022
CCl	0.002	0.007	0	0.007	0.009
OH					
O	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Fe_FeMg	0.5	0.56	0.6	0.49	0.92
Mg_FeMg	0.5	0.44	0.4	0.51	0.08

DOAÇÃO

IGL-USP

Data: 02/05/08

