

Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**GEOLOGIA E MINERALOGIA DO DIAMANTE DO GARIMPO PAININ,
ITAITUBA (PA)**

TESE APRESENTADA POR

MARCUS ANTÔNIO GIRÃO DE BRITO

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: 20.07.2000

Comitê de Tese:

MARCONDES LIMA DA COSTA (Orientador)

MÁRIO LUIZ DE SÁ CARNEIRO CHAVES

DARCY PEDRO SVISERO

À todos os meus familiares,
em especial aos meus pais Ranulfo Guimarães
de Brito e Rosalina Girão de Brito;
à minha esposa Sheila Costa de Oliveira girão;
aos meus filhos Ulysses e Fabrizio;
e à minha sobrinha Mayara.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos as seguintes instituições e pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho de tese:

Ao CNPq, através do projeto "Mineralogia e Geoquímica de Sistemas Supergênicos da Amazônia"; e pela bolsa de mestrado, sem os quais seria inviável a realização de todas as etapas desse trabalho.

Ao Centro de Geociências e ao curso de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da UFPA, pela utilização de sua infra-estrutura laboratorial, durante o período de março de 1998 a março de 2000.

Ao Governo do estado do Amazonas, em especial ao senhor Iomar Oliveira pela concessão de passagens aéreas facilitando deslocamento à essa instituição.

Ao prof. Dr. Marcondes Lima da Costa, pela orientação deste trabalho, por todo apoio financeiro durante o trabalho de campo e pelo intercâmbio com as várias instituições científicas, além da realização das várias análises por microsonda eletrônica, na Universidade Federal da Bahia.

Ao prof. Dr. Mário Luiz de Sá Carneiro Chaves, pela co-orientação deste trabalho, por todas as discussões técnicas e pela realização das análises por microscopia eletrônica de varredura, realizadas na Universidade Federal de Belo Horizonte.

Ao grupo de Geoquímica e Mineralogia Aplicada, principalmente Rômulo Angélica, Oscar Fernandes, Helmet Höhn, Rosinei Araújo e Daniel Souza, pelo apoio, sugestões e companheirismo.

Ao prof. Dr. Thomas Scheller e a geóloga Walmeire, por toda ajuda e discussões técnicas durante a realização das análises por difração de raios X.

A Dra. Regina Beck Ticianelli Figueiredo, geóloga do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, pela realização das análises químicas dos elementos terras raras.

A geóloga Sheila Costa de Oliveira Girão por todo apoio e incentivo, principalmente, nos vários momentos de desânimo durante os a realização desta pesquisa.

Finalmente, aos funcionários do Centro de Geociências da UFPA, em especial aqueles das seções da laminação, laboratórios de análises químicas, secretaria de Pós-graduação e biblioteca.

"Quando mataram meu filho padre resolvi dar uma volta pelo mundo pra esquecer a morte dele. Agora estou aqui solitário e já se passaram mais de 20 anos. Mas ainda tenho esperança nas pedras pra voltar pra casa".

Garimpeiro "Goiano".

SUMÁRIO

| | p. |
|--|------------|
| DEDICATÓRIA | i |
| AGRADECIMENTOS | ii |
| EPÍGRAFE | iii |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | vi |
| RESUMO | 1 |
| ABSTRACT | 3 |
| 1 INTRODUÇÃO | 5 |
| 1.1 APRESENTAÇÃO | 5 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 6 |
| 1.3 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIográficos..... | 6 |
| 1.4 GEOLOGIA REGIONAL | 8 |
| 2 MATERIAIS E MÉTODOS | 12 |
| 2.1 ATIVIDADES PRÉ-CAMPO | 12 |
| 2.2 ATIVIDADES DE CAMPO | 12 |
| 2.2.1 <i>Cartografia e levantamento estratigráfico</i> | 12 |
| 2.2.2 <i>Amostragem de concentrado de batéia e peneiras</i> | 13 |
| 2.2.3 <i>Amostragem de solo</i> | 13 |
| 2.2.4 <i>Descrição mineralógica macroscópica do diamante</i> | 13 |
| 2.3 ATIVIDADES DE LABORATÓRIO | 13 |
| 2.3.1 <i>Preparação das amostras de solo e cascalho</i> | 16 |
| 2.3.2 <i>Difração de raios X</i> | 16 |
| 2.3.3 <i>Petrografia</i> | 17 |
| 2.3.4 <i>Análises químicas de rocha</i> | 17 |
| 2.3.5 <i>Análises químicas multielementares de solo</i> | 17 |
| 2.3.6 <i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-EDS)</i> | 18 |
| 2.3.7 <i>Microsonda Eletrônica</i> | 18 |
| 2.3.8 <i>Luminescência</i> | 18 |
| 3 O DIAMANTE | 19 |
| 3.1 MODO DE OCORRÊNCIA..... | 22 |
| 3.2 ASPECTOS CRISTALOGRAFICOS E PROPIEDADES FÍSICAS..... | 26 |
| 3.3 MINERAIS PESADOS COMO ACOMPANHANTES/INDICADORES..... | 26 |
| 4 RESULTADOS | 30 |
| 4.1 GEOLOGIA LOCAL..... | 30 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.1 Formação Barreirinha | 30 |
| 4.1.2 Formação Itaituba | 30 |
| 4.1.3 Formação Monte Alegre | 30 |
| 4.1.4 Coluviões/Aluviões diamantíferos quaternários..... | 33 |
| 4.2 ASPECTO MORFOESTRUTURAL..... | 34 |
| 4.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA E MINERALÓGICA DOS NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS DA FORMAÇÃO MONTE ALEGRE..... | 37 |
| 4.3.1 Descrição dos minerais e fragmentos de rochas..... | 37 |
| 4.3.2 Minerais pesados | 38 |
| 4.4 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA E MINERALÓGICA DOS NÍVEIS DE CASCALHO COLÚVIO- ALUVIONARES DIAMANTÍFEROS..... | 39 |
| 4.4.1 Descrição dos minerais e fragmentos de rochas..... | 39 |
| 4.4.2 Minerais pesados | 54 |
| 4.5 SOLOS | 60 |
| 4.5.1 Características gerais | 60 |
| 4.5.2 Mineralogia | 60 |
| 4.5.2.1 Solo areno-argiloso marrom | 63 |
| 4.5.2.2 Solo areno-argiloso amarelo | 63 |
| 4.5.2.3 Solo alóctone..... | 64 |
| 4.5.3 Composição química..... | 65 |
| 4.6 DIAMANTE DO PAININ | 72 |
| 4.6.1 Caracterização do "peso" (quilates)..... | 72 |
| 4.6.2 Hábitos cristalinos observados..... | 72 |
| 4.6.2.1 Dodecaedro | 75 |
| 4.6.2.2 Octaedro | 75 |
| 4.6.2.3 Transições octa-dodecaédricas..... | 75 |
| 4.6.2.4 Fragmento de clivagem | 77 |
| 4.6.2.5 Ballas | 78 |
| 4.6.2.6 Hexaoctaedro | 78 |
| 4.6.2.7 Geminados | 78 |
| 4.6.2.8 Trioctaedro..... | 79 |
| 4.6.2.9 Bort..... | 79 |
| 4.6.2.10 Irregular | 79 |
| 4.6.3 Figuras de superfícies..... | 80 |
| 4.6.3.1 Microestruturas em {111} | 81 |
| 4.6.3.2 Microestruturas em {100} | 81 |
| 4.6.3.3 Microestruturas em {110} | 81 |
| 4.6.4 Luminescência | 89 |
| 4.6.5 Inclusões..... | 89 |
| 4.6.6 Capa verde e marrom..... | 95 |
| 5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES | 97 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 101 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DO GARIMPO PAININ..... | 7 |
| FIGURA 2: MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO PARÁ (COMPILADO DE COLLYER <i>et al.</i> 1998)..... | 11 |
| FIGURA 3: SEQÜÊNCIA ESQUEMÁTICA DAS ATIVIDADES DE AMOSTRAGEM DE CAMPO E DE PREPARAÇÃO/ESTUDO DOS MINERAIS ACOMPANHANTES DO DIAMANTE EM LABORATÓRIO..... | 14 |
| FIGURA 4: FICHA UTILIZADA PARA O CADASTRO DOS DIAMANTES OBSERVADOS E ADQUIRIDOS NO GARIMPO PAININ..... | 15 |
| FIGURA 5: MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DO GARIMPO PAININ..... | 31 |
| FIGURA 6: PERFIL GEOLÓGICO DA FORMAÇÃO MONTE ALEGRE PARA A REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 32 |
| FIGURA 7: PERFIL GEOLÓGICO ILUSTRATIVO OBSERVADO NA MARGEM ESQUERDA DA DRENAGEM PRINCIPAL DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 33 |
| FIGURA 8: PERFIL GEOLÓGICO ILUSTRATIVO OBSERVADO NA MARGEM DIREITA DA DRENAGEM PRINCIPAL DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 34 |
| FIGURA 9: IMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO DO PAININ..... | 36 |
| FIGURA 10: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DOS CRISTAIS DE QUARTZO COM MORFOLOGIA DE QUARTZO β | 40 |
| FIGURA 11: CRISTAIS DE QUARTZO.. | 40 |
| FIGURA 12: SEIXOS FOSFÁTICOS DO GRUPO DA CRANDALITA DOS NÍVEIS COLÚVIO-ALUVIONARES DIAMANTÍFEROS DA REGIÃO DO PAININ.. | 42 |
| FIGURA 13: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DOS FOSFATOS DO GRUPO DA CRANDALITA | 43 |
| FIGURA 14: DIAGRAMA $Al_2O_3 \times P_2O_5 \times (CaO+BaO +SrO +TR_2O_3)$ INDICANDO A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GRUPO DA CRANDALITA DA ÁREA DO GARIMPO PAININ | 47 |
| FIGURA 15: VARIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SOLUÇÃO SÓLIDA GOYAZITA-FLORENCITA- GORCEIXITA-CRANDALITA EM SEIXOS FOSFÁTICOS DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ | 48 |
| FIGURA 16: FOTOGRAFIAS (MEV) E ESPECTROS DAS ANÁLISES QUÍMICAS OBTIDAS POR EDS DO GRUPO DA CRANDALITA E MINERAIS ASSOCIADOS. | 49 |
| FIGURA 17: CURVAS NORMALIZADAS EM RELAÇÃO AOS CONDRIOS, PARA OS TERRAS RARAS DAS AMOSTRAS DE SEIXOS DE FOSFATO DO GARIMPO PAININ | 53 |
| FIGURA 18: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DE FRAGMENTOS DE CROSTA LATERÍTICA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 53 |
| FIGURA 19: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DA ESTAUROLITA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ | 54 |
| FIGURA 20: ESTAUROLITAS DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 54 |
| FIGURA 21: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DA TURMALINA (DRAVITA-SCHORLITA) REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 55 |
| FIGURA 22: DIMENSÕES <i>a</i> e <i>c</i> DA CELA UNITÁRIA DE TURMALINAS DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 55 |
| FIGURA 23: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO CÓRINDON DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 56 |
| FIGURA 24: CRISTAIS DE CÓRINDON DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ | 56 |
| FIGURA 25: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO RUTILIO DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 57 |
| FIGURA 26: CRISTAIS DE RUTILIO DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ | 57 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 27: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO DIÁSPORO DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 58 |
| FIGURA 28: PARTÍCULA DE OURO DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 58 |
| FIGURA 29: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO TOPÁZIO DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 59 |
| FIGURA 30: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO ZIRCÃO, QUARTZO, ILMENORUTILITO, ANATÁSIO E RUTILITO DA FRAÇÃO PESADA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 59 |
| FIGURA 31: MAPA DE SOLOS DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ COM A LOCALIZAÇÃO DA MALHA DE AMOSTRAGEM..... | 62 |
| FIGURA 32: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO SOLO ARENO-ARGILOSO MARROM DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 63 |
| FIGURA 33: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO SOLO ARENO-ARGILOSO AMARELO DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 64 |
| FIGURA 34: DIFRATOGRAMA DE RAIOS X DO SOLO ALÓCTONE DA MARGEM DIREITA DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 65 |
| FIGURA 35: DIAGRAMA $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ DAS AMOSTRAS DA MALHA DE SOLO DO GARIMPO PAININ, COM BASE NAS ANÁLISES DE FRX..... | 67 |
| FIGURA 36: COMPOSIÇÃO QUÍMICA TOTAL DOS SOLOS DA REGIÃO DO PAININ COMPARADA COM A DE SOLOS DE OUTRAS LOCALIDADES..... | 69 |
| FIGURA 37: MAPA DE DISTRIBUIÇÃO GEOQUÍMICA (ppm) DO Pb, Li, Cr, V, Sr e Zr, DA MALHA DE SOLOS DA REGIÃO DO PAININ..... | 71 |
| FIGURA 38: DISTRIBUIÇÃO DO "PESO" (QUILATES) DOS DIAMANTES DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 72 |
| FIGURA 39: PRINCIPAIS HÁBITOS CRISTALINOS IDENTIFICADOS ENTRE OS DIAMANTES DA REGIÃO DO PAININ..... | 73 |
| FIGURA 40: CRISTAIS DE DIAMANTES COM HÁBITO DODECAÉDRICO.. | 76 |
| FIGURA 41: CRISTAL DE DIAMANTE COM HÁBITO OCTAÉDRICO..... | 77 |
| FIGURA 42: CRISTAL DE DIAMANTE COM HÁBITO OCTA-DODECAÉDRICO..... | 77 |
| FIGURA 43: DIAMANTE POLICRISTALINO TIPO BALLAS, COM ASPECTO ESFÉRICO TÍPICO..... | 78 |
| FIGURA 44: DIAMANTE POLICRISTALINO TIPO BORT, COM ASPECTO IRREGULAR TÍPICO..... | 79 |
| FIGURA 45: CRISTAIS DE DIAMANTES IRREGULAR COM "CAPA" VERDE..... | 80 |
| FIGURA 46: CRISTAL DE DIAMANTE COM HÁBITO CÚBICO BASTANTE DISSOLVIDO..... | 82 |
| FIGURA 47: CRISTAL DE DIAMANTE COM HÁBITO DODECAÉDRICO DISSOLVIDO..... | 84 |
| FIGURA 48: CRISTAL DE DIAMANTE DODECAÉDRICOS DE FACES ARREDONDADAS COM FIGURAS CONHECIDAS COMO BARRAS OU COLUNAS..... | 85 |
| FIGURA 49: CRISTAL DE DIAMANTE COM HÁBITO DODECAÉDRICO, APRESENTANDO MICROESTRUTURAS CONHECIDAS COMO "COLINAS" .. | 86 |
| FIGURA 50: CRISTAL DE DIAMANTE DE HÁBITO DODECAÉDRICO BASTANTE DISSOLVIDO, SEMELHANTE A UM CRISTAL TIPO BALLAS COM FEIÇÕES QUADRÁTICAS..... | 87 |
| FIGURA 51: CRISTAL DE DIAMANTE COM HÁBITO DODECAÉDRICO MOSTRANDO PROVÁVEIS "MARCA DE IMPACTO"..... | 88 |
| FIGURA 52: ALGUMAS INCLUSÕES SINGENÉTICAS OBSERVADAS EM DIAMANTES DA REGIÃO DO PAININ..... | 91 |
| FIGURA 53: ALGUMAS INCLUSÕES SINGENÉTICAS OBSERVADAS EM DIAMANTES DA REGIÃO DO PAININ..... | 92 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 54: ALGUMAS INCLUSÕES DE QUARTZO OBSERVADAS EM DIAMANTES DA REGIÃO DO PAININ..... | 93 |
| FIGURA 55: ALGUMAS INCLUSÕES EPIGENÉTICAS OBSERVADAS EM DIAMANTES DA REGIÃO DO PAININ..... | 94 |
| FIGURA 56: CRISTAL DE DIAMANTE COM "CAPA" VERDE..... | 96 |
| TABELAS | |
| TABELA 1: CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS TRAÇO (EM PPM) ASSOCIADOS A KIMBERLITOS E OUTROS TIPOS DE ROCHAS ULTRAMÁFICAS. (FONTE: LEVINSON <i>ET AL.</i> 1987). | 21 |
| TABELA 2: PRINCIPAIS MINERAIS QUE CONSTITUEM AS ROCHAS KIMBERLÍTICAS E LAMPROÍTICAS (COMPILADO DE CHAVES 1997). | 28 |
| TABELA 3: SÉRIE DE ESTABILIDADE DOS MINERAIS PESADOS MAIS RESISTENTES AO ATAQUE DOS AGENTES QUÍMICOS (SEGUNDO PETTIJOHN, 1957). | 29 |
| TABELA 4: ABUNDÂNCIA (% EM PESO) DO GRUPO DA CRANDALITA E FÓRMULA MÍNIMA CALCULADA A PARTIR DOS RESULTADOS DA FRX EM SEIXOS DA REGIÃO DO PAININ. | 44 |
| TABELA 5: ABUNDÂNCIA (% EM PESO) DO GRUPO DA CRANDALITA E FÓRMULA MÍNIMA DOS SEIXOS DO GARIMPO PAININ, OBTIDOS POR ANÁLISES DE WDS. | 44 |
| TABELA 6: ABUNDÂNCIA MINERALÓGICA (% EM PESO) DOS FOSFATOS DO PAININ, COM BASE NAS ANÁLISES QUÍMICAS POR FRX. | 45 |
| TABELA 7: ABUNDÂNCIA MINERALÓGICA (% EM PESO) DOS FOSFATOS DO PAININ, COM BASE EM WDS. | 45 |
| TABELA 8: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE FOSFATO DA ÁREA DO PAININ OBTIDAS POR FRX. | 46 |
| TABELA 9: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DE FOSFATO DA ÁREA DO PAININ, COM BASE EM WDS. | 47 |
| TABELA 10: COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DAS AMOSTRAS DE FOSFATO DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ COMPARADAS COM AQUELAS DE OUTRAS LOCALIDADES. | 50 |
| TABELA 11: CORRELAÇÃO ENTRE AS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DOS ELEMENTOS TRAÇOS NA CROSTA TERRESTRE, AMOSTRAS DE SEIXOS FOSFÁTICOS DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ E DE HORIZONTES FOSFÁTICOS DE OUTRAS LOCALIDADES. | 51 |
| TABELA 12: CONCENTRAÇÃO DOS TERRAS RARAS (PPM) EM AMOSTRAS DE SEIXO FOSFÁTICOS DO GARIMPO PAININ..... | 52 |
| TABELA 13: RAZÕES GEOQUÍMICAS DOS TERRAS RARAS EM AMOSTRAS DE SEIXO DE FOSFATO DA REGIÃO DO GARIMPO DO PAININ. | 52 |
| TABELA 14: COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MÉDIA (% EM PESO) DOS SOLOS DA ÁREA DO GARIMPO PAININ, COM BASE EM RESULTADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS EM ROCHA TOTAL. | 61 |
| TABELA 15: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS AMOSTRAS DA MALHA DE SOLO REALIZADA NA ÁREA DO GARIMPO PAININ..... | 66 |
| TABELA 16: COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ COMPARADA COM AQUELAS DE OUTRAS REGIÕES. | 68 |
| TABELA 17: COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DOS ELEMENTOS TRAÇOS DAS AMOSTRAS DE SOLOS DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ COMPARADA COM AS DE OUTRAS REGIÕES. | 70 |
| TABELA 18: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS DIAMANTES DA REGIÃO DO PAININ..... | 74 |
| TABELA 19: FREQUÊNCIA (EM %) DAS CORES E INTENSIDADE DE FLUORESCÊNCIA EM 30 DIAMANTES DA REGIÃO DO GARIMPO PAININ..... | 89 |

RESUMO

O garimpo de diamante Painin (Folha Capituã SB.21-X-A-II), está situado à margem direita do rio Tapajós, a 10,7 km em linha reta à sudeste da cidade de Itaituba. A principal frente de extração garimpeira tem coordenadas 04°0 20' 49,6" S e 56° 02' 27,1" W.

As seguintes unidades litoestratigráficas foram identificadas na área do garimpo Painin: **Formação Barreirinha** - constituída por folhelhos cinza escuros, aflorantes apenas no fundo dos vales; **Formação Itaituba** - representada por blocos de calcários desmantelados *in situ*, creme amarelados, fossilíferos (principalmente fósseis de conchas) e com reprecipitação de calcita sob a forma de geodos; **Formação Monte Alegre** - é a unidade dominante na área do garimpo e constitui-se de arenitos amarelos, cinzas, brancos avermelhados, finos a grossos, friáveis, com matriz caulínica, intercalados por folhelhos e siltitos cinzas a roxos e com níveis de conglomerados basais; **Coluviões/Aluviões quaternários** - estão depositados na base das encostas dos afloramentos da Formação Monte Alegre e principalmente no fundo dos vales sobre os calcários da Formação Itaituba, e por vezes preenchendo "marmitas" desenvolvidas nos folhelhos da Formação Barreirinha. São seqüências granodecrescentes ascendentes, cuja base representa o nível de cascalho diamantífero, constituído predominantemente por seixos de quartzo, fragmentos de rocha (arenito, granitos, gnaisses e quartzitos), fragmentos de crosta laterítica, fosfatos de alumínio e outros minerais pesados.

O diamante da região do Painin é acompanhado por uma gama de minerais característicos de densidade muito próxima a sua onde destacam-se o grupo da crandalita, estaurolita, córindon, rutilo, diásporo e topázio.

O peso médio dos diamantes estudados da região do garimpo Painin, é de 0,42 ct, tendo cerca de 60% desses com peso superior a 0,30 ct. Os diamantes desse garimpo são representados por formas simples, combinadas, geminados, fragmentos de clivagem e irregulares. As formas simples são do tipo octaédricas, dodecaédricas e hexaoctaédrica. A geminação observada é a de contato, constituída por cristais tabulares conhecidos popularmente como chapéu-de-frade, e a combinação octa-dodecaédrica e trioctaédrica. Mais de 95% dos cristais observados apresentam evidências de dissolução proporcionando alto grau de corrosão das faces e arestas. As cores observadas nos cristais de diamante dessa região foram incolor (incluindo as tonalidades levemente amareladas e esverdeadas), marrom, verde, cinza e branco "leitoso". Entre essas

predominam os cristais incolores, representando cerca de 63,3% dos espécimes observados. As cores da fluorescência observada são azul, azul esverdeado, verde, verde azulado e verde amarelada. Entre essas a azul é a mais comum, podendo variar entre as tonalidades azul claro até azul anil. Todos os diamantes coloridos apresentam fluorescência entre as tonalidades azuladas e esverdeadas, normalmente com intensidade média a fraca. As inclusões minerais presentes nos diamantes da região do Painin foram classificadas em "carvões", "jaças" e "bolhas". A composição química das principais inclusões minerais correspondem ao periclásio, diopsídio, topázio ou cianita, mica (muscovita), olivina, quartzo e outros minerais da crosta, como a calcita e crandalita, estão presentes em mais de 56,7% dos diamantes avaliados. Apenas 20% dos cristais estudados apresentam capeamento, entre os quais destacam-se os de capa verde transparente. Quanto a qualidade gemológica, são classificados em 66,6% lapidáveis (*gem quality*), 26,7% industrial (*industrial*) e 6,7% fundo.

ABSTRACT

The diamond claim Painin (Leaf Capituã SB.21-X-A-II) is located into the right margin of the river Tapajós, to 10,7 km to southeast of Itaituba city. The main front of ore exploration possess 04° 20 ' 49,6 " S and 56° 02 ' 27,1 " W whit geographical coordinating.

The following litostratigraphycs units were identified in the area from claim Painin: **Barreirinhas Formation** - consists by dark gray shele, outcropping just in the back of the valley; **Itaituba Formation** - presents by blocks of calcareous dismantled "in situ", yellowish cream, fossilíferos (mainly fossils of shells) and with calcite under the geode form; **Monte Alegre Formation** - is the dominant unit in the area of the claim and it is constituted of yellow, gray, reddish whites, fine to caorse, friable sandstones, with matrix kaolinitic, interbedded with shele purple to gray siltistone and with levels of basal conglomerate; **Coluviões/Aluviões quaternary** - are deposited in the base of the scarps of Monte Alegre Formation and mainly in the back of the valleys on the limestones of the Itaituba Formation, and sometimes, are "marmitas" developed in the shales of Barreirinhas Formation. They are coarsening upward sucessions, whose base represents the level of diamond nivel, constituted predominantly by pebbles of quartz, rock fragments (sandstones, granites, gnaisses and quartzites), fragments lateritic crust, Al-phosphates and heavy minerals.

The diamond of the area of Painin is accompanied by a range of characteristic minerals, whose density is to the diamond. This group is represented by crandalite, staurolite, corundum, rutile, diaspore and topaz.

The medium weight of the studied diamonds, is of 0,42 ct, whit 60% of those with weight heavier them 0,30 ct. The diamonds of that claim are represented by single, combined forms, twinneds, cleavage fragments and irregular. The single forms are octaedrical, dodecaedrical and hexaoctaedrical types. The observed twinning consist of octahedral crystals, whose origin the form known popularly as friar-hat, and the combination of octa-dodecahedral and trioctahedral forms. The most of the crystals (95%) present dissolution figure well developed providing high degree of corrosion of the fácies and edges. The colors observed in the crystals of diamond from the area were: colorless (including tonalities as slightly yellowish and greenish), brown, green, gray and white. Among those the colorless crystals prevail, representing about

63,3% of the observed specimens. The observed fluorescence are blue, greenish blue, green, blueish green and yellowish green. Among those the blue fluorescence is the most common, but can vary among the tonalities clear blue and indigo blue. All the colored diamonds present fluorescence between the blueish and greenish tonalities, usually with medium to weak intensity. The present mineral inclusions in the diamonds of the area of Painin were classified as "carvões", "jaças" and "bubbles". The chemical composition of the main mineral inclusion corresponds to the periclase, diopside, topaz or kyanite, mica (muscovite), olivine, quartz and other minerals of the crust, as calcite and crandallite. They are present more than 56,7% of the appraised diamonds. "Capeamento" just appears onto 20% of the studied crystals. Among these, transparent green layer is dominant. The gemological quality the diamonds are ranked as 66,6% lapidated (gem quality), 26,7% industrial (industrial) and 6,7% fund.

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O diamante está associado à depósitos primários e secundários. Os diamantes de origem primária estão relacionados principalmente às rochas kimberlíticas e lamproíticas, identificadas em todos os continentes. Estudos realizados por Janse & Sheaham (1995) sugerem a existência de 5000 grandes corpos desta natureza em todo o mundo, com possibilidades de aumento no decorrer dos anos. Desse total apenas 50 estão mineralizados, dos quais somente 15 são grandes minas produtoras na atualidade. Os diamantes de origem secundária são encontrados em alguns depósitos conglomeráticos e aluvionares, com idades desde o Proterozóico até o Quaternário. Esses depósitos tiveram como área-fonte rochas portadoras da mineralização primária ou mesmo outros conglomerados mais antigos. As estimativas quanto ao número desses depósitos que são realmente mineralizados é mais difícil de ser determinada, pois muitos dos dados contidos na literatura mundial nem sempre correspondem a grandes *placers* mineralizados, tratando-se simplesmente de ocorrências localizadas. Contudo, a estimativa mundial destes depósitos mineralizados é da ordem de 4.000 (Janse & Sheaham, 1995).

No Brasil o diamante ocorre em depósitos conglomeráticos com idades desde o Cretáceo Inferior até aluviões recentes, localizados principalmente nos estados de Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso, Rondônia, Roraima, Pará, Goiás, Paraná e Piauí. A maioria desses depósitos apresentam rochas-fontes associadas aos conglomerados proterozóicos, como na região do Distrito Diamantífero de Diamantina, em Minas Gerais e no Platô de Tepequém, em Roraima. Apesar da vasta literatura sobre a gênese desses depósitos diamantíferos secundários ainda não se identificaram as fontes primárias, pois os *pipes* kimberlíticos identificados nas proximidades de alguns desses depósitos secundários não apresentam-se mineralizados em diamante.

O Grupo de Mineralogia Aplicada da Amazônia, sob a coordenação do professor Marcondes Lima da Costa, vem dedicando-se nesses últimos anos a apresentar mais informações sobre a geologia, mineralogia e gênese do diamante, em particular na região Amazônica. Os trabalhos vêm sendo desenvolvidos principalmente na região sul do Pará, incluindo alguns depósitos coluvionares-aluvionares e conglomeráticos dos rio Tocantins e Tapajós, além da região da Serra do Tepequém, ao norte do estado de Roraima. Recentemente garimpeiros

descobriram uma nova ocorrência desse mineral na região do médio rio Tapajós, próximo a cidade de Itaituba. Por tratarem-se de diamantes gemológicos e industriais resolveu-se estudar com detalhes suas características morfológicas, mineralogia e os aspectos relacionados à gênese.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho pretende descrever e caracterizar a natureza mineralógica e geológica do diamante e identificar seus minerais indicadores/acompanhantes, associados ao garimpo Painin, região do rio Tapajós. Pretende ainda, investigar através de amostragem de solo, possíveis assinaturas geoquímicas que permitam identificar a natureza litológica e possíveis mineralizações da área do garimpo.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOGRAFICOS

O garimpo de diamante Painin (Folha Capituã SB.21-X-A-II), está situado à margem direita do rio Tapajós, a 10,7 km em linha reta à sudeste da cidade de Itaituba (Figura 1). A principal frente de extração garimpeira tem coordenadas $04^{\circ} 20' 49,6''$ S e $56^{\circ} 02' 27,1''$ W. O acesso partindo-se de Belém é feito por via aérea ou fluvial. O acesso aéreo, a partir de Belém, é feito até a cidade de Itaituba. O acesso por via fluvial, a partir de Belém, ocorre através dos rios Amazonas e Tapajós até a cidade de Santarém e daí até Itaituba. Desta cidade até o garimpo utiliza-se barcos de pequeno porte para se chegar à entrada da trilha com aproximadamente 5 km de extensão, que leva até a área do garimpo Painin.

De acordo com a classificação sugerida por Bohrer & Gonçalves (1991), a paisagem da área de abrangência deste trabalho é caracterizada pelo predomínio de Floresta Ombrófila Densa, exceto nas áreas marcadas pela intensa ação antrópica, onde desenvolve-se uma vegetação secundária constituída por árvores de pequeno porte (até 3 metros) e arbustos, com um demasiado grau de crescimento. Tanto a vegetação primária nativa quanto a secundária, apresentam-se viçosas e com ausência de doenças ou pragas, caracterizando, assim uma boa fertilidade do solo.

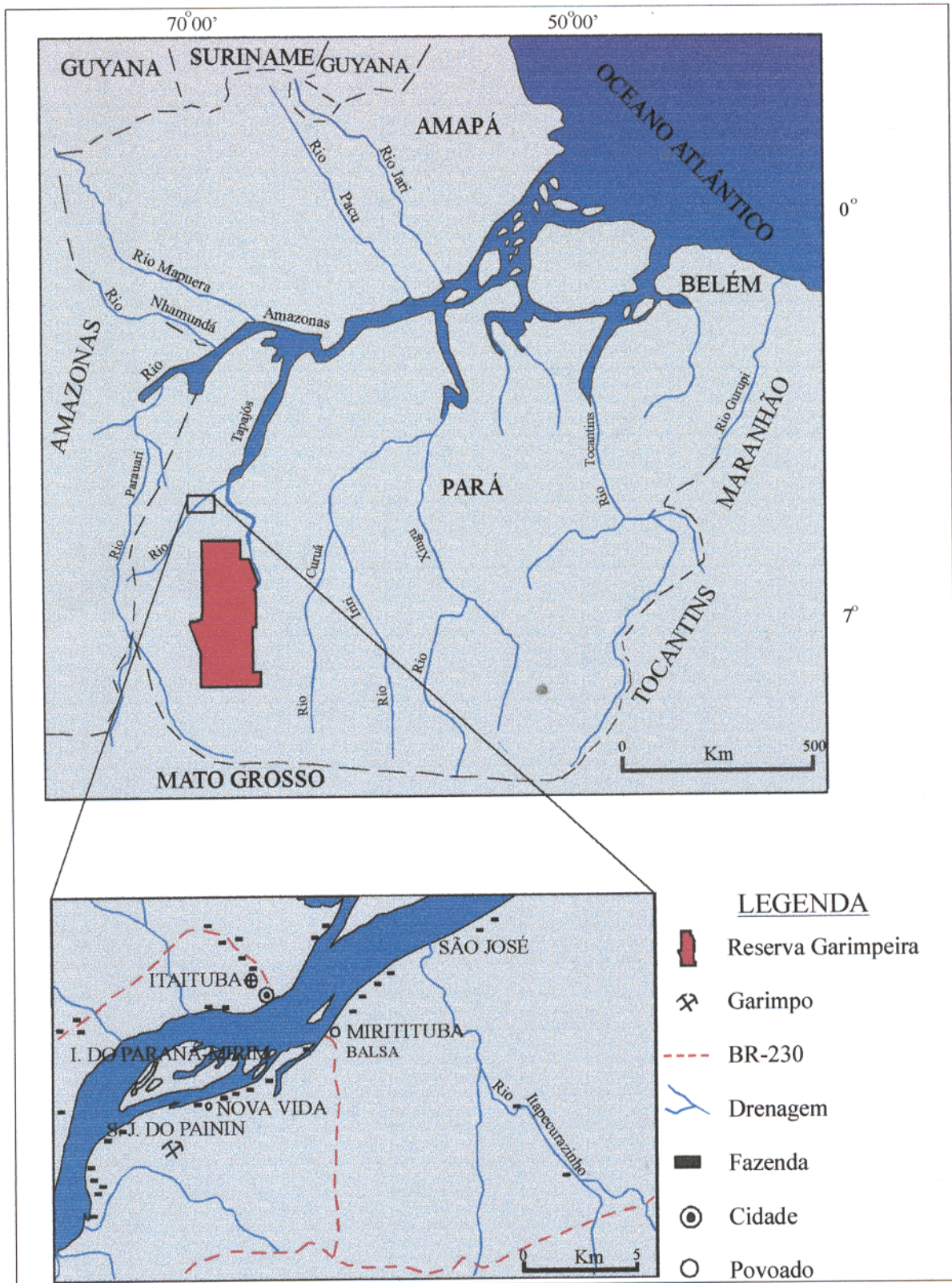


Figura 1: Mapa de localização geográfica da área em estudo, ressaltando a reserva garimpeira de ouro. Observar no canto inferior esquerdo da figura de detalhe a localização do garimpo Painin.

1.4 GEOLOGIA REGIONAL

Do ponto de vista geotectônico a área de trabalho está inserida na Província Amazônica Central (2.5 Ga) de Teixeira *et al.*, (1989), que corresponde ao bloco Araguacema estabelecido por Hasuy *et al.* (1984) e na borda sul da Bacia Sedimentar Amazônica (Figura 2). A nível regional essa superfície insere-se no Planalto Rebaixado do Amazonas, onde, no geral, observam-se áreas aplainadas e embutidas em relevo dissecado, destacando-se os patamares estruturados das formações paleozóicas da Bacia Sedimentar do Amazonas, com arcabouço típico de *Cuestas* pouco definidas (Santos *et al.* 1975).

Segundo Faraco *et al.* (1997), a geologia da região do rio Tapajós está subdividida em três unidades geotectônicas: 1 - **Crosta Antiga**, com idade proterozóica-arqueana (1,9 a 1,3 Ga), representada pelo Complexo Xingu, de Silva *et al.* (1974), Suíte Metamórfica Cuiú-Cuiú, de Andrade *et al.* (1978) e pela Suíte Metamórfica Jacareacanga, definida por Bizinella *et al.* (1980); 2 - **Cobertura de Plataforma**, constituída por seqüências sedimentares dobradas, que possivelmente representam sedimentos de cobertura, tipo *Greenstone Belt*, relacionados ao Mesoproterozóico e Neoproterozóico, sendo representada pelos grupos Beneficente de Almeida & Nogueira Filho (1959), Gorotire (Moura 1932) e Cubencranquém de Barbosa *et al.* (1970) *apud* Santos & Loguercio (1984) e pelas formações Prosperança (Paiva 1929) e Prainha (Almeida & Nogueira Filho *op. cit.*). Além das coberturas sedimentares, têm-se extensas áreas de coberturas vulcânicas, representadas pelo Grupo Iriri (Andrade *et al.* 1978), que está associado à fases extrusivas do evento plutono-vulcânico Uatumã; 3 - **Suítes Plutônicas** ácidas e básicas, concentradas principalmente no Proterozóico, representadas pelo Granodiorito Parauari definido por Santos & Loguercio (1984), Gabro Ingarana e Suíte Intrusiva Maloquinha. O Granodiorito Parauari ocorre sob a forma de grandes batólitos com idades em torno de 1,9 a 2,0 Ga, intrusivos nas unidades de Crosta Antiga. O Gabro Ingarana (1,8 Ga) ocorre sob forma de stock intrusivo na Suíte Metamórfica Cuiú-Cuiú e no granodiorito Parauari, sendo cortado por diques de vulcânicas Iriri. A Suíte Intrusiva Maloquinha, de Andrade *et al.* (1978), representa a fase plutônica do evento Uatumã (1,7 Ga), constituída principalmente por feldspato alcalinogranitos a monzogranitos sob a forma de *stocks* e secundariamente batólitos, intrusivos nos metamorfitos Cuiú-Cuiú, granodioritos Parauari e vulcânicas Iriri. Ocorrem outras suítes básicas, consideradas

indefinidas, que possuem composição e idades incertas, que foram cartografadas com base em interpretação de sensores indiretos (aerogeofísica e imagens de satélite e radar); 4 - **Bacia Sedimentar Amazônica**, representada na região do Tapajós pelas seguintes unidades: **Grupo Urupadi**, que abrange as formações: **Maecuru** (arenitos e pelitos deltáicos emsianos a eifelianos) e **Ererê** (siltitos, folhelhos e arenitos neríticos e deltaicos neo-eifelianos a eogivetianos); **Grupo Curuá** (Ludwig 1964) que reúne quatro formações: **Barreirinha** constituída por folhelhos cinza escuros e pretos, depositados durante a transgressão global do final do Fransniano (Grahm 1992); **Curiri** que de acordo com Daemon & Contreiras (1971) corresponde a diamictitos, folhelhos e siltitos de ambiente glacial vigente no Fameniano; **Oriximiná** constituída de arenitos e pelitos de ambiente flúvial regressivo, datado como Neofamenianos por Carrozi *et al.* (1973) e **Faro** representada por arenitos flúvios-deltaicos com influência de tempestades, com idade tournaisianas a viseanas (Daemon & Contreiras 1971); **Grupo Tapajós** (Santos *et al.* 1975) composto pelas formações: **Monte Alegre** formada por arenitos, folhelhos e calcários situados no médio Carbonífero Superior (Miura *et al.* 1983; Costa 1984); **Itaituba** (calcários e anidritas, pertencentes a parte média do Carbonífero Superior); **Nova Olinda** (calcários de inframaré, estendendo-se desde a porção superior do Carbonífero Superior até o Permiano Médio) e **Andirá** (siltitos e arenitos vermelhos que se depositaram durante o Permiano Superior). As rochas pertencentes ao Cretáceo-Terciário estão representadas pela formação **Alter do Chão**, constituída de arenitos grossos e friáveis, de cores variadas, siltitos e argilitos, de ambientes fluviais (Daemon & Contreiras 1971).

Recoberto de forma indiscriminada as rochas da Bacia Paleozóica do Amazonas ocorrem as coberturas lateríticas, constituindo-se em lateritos maduros e imaturos, sendo que os maduros se formaram desde o Terciário inferior até o Mioceno, enquanto os imaturos originaram-se no Plio-Pleistoceno (Costa 1990a). Caracteristicamente, apresentam-se dispostas em horizontes sub-paralelos, com heterogeneidade químico-mineralógica (Costa 1990b). Os lateritos geralmente encontram-se recobertos por espessos pacotes argilosos de coloração amarelada, denominada Argila de Belterra (Sombroek 1966¹ *apud* Truckenbrodt & Kotschoubey 1981). Ao considerarem

¹ Sombroek, W. G. 1966. Amazon soils. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Wageningen, Centre for Agri. Publ. Document., 292 p.

a superfície plana da Argila de Belterra, Truckenbrodt & Kotschoubey (*op. cit.*) sugerem que a idade Pliocênica ou Mio-Pliocênica é aceitável.

As coberturas quaternárias/holocênicas ocorrem sob a forma de aluviões não consolidados, constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas, dando origem a terraços e ilhas atuais e antigos nas calhas dos rios.

Do ponto de vista estrutural, a região apresenta feições lineares fotointerpretadas, que obedecem às direções preferenciais NW-SE, NNE-SSW e E-W, sendo a primeira mais expressiva, provavelmente devido à influência do evento tectônico gerador das discontinuidades gravimétricas e magnéticas, que marcam a zona NW-SE de articulação aos blocos Juruena e Araguacema, localizada na porção meridional da província (Faraco *et al.* 1997).

Com base no contexto geológico regional a área enfocada neste trabalho está inserida em uma região da borda sul da Bacia Paleozóica do Amazonas. Os sedimentos desta bacia nesta região foram depositadas em parte sobre rochas da **Crosta Antiga** e da **Cobertura de Plataforma**.

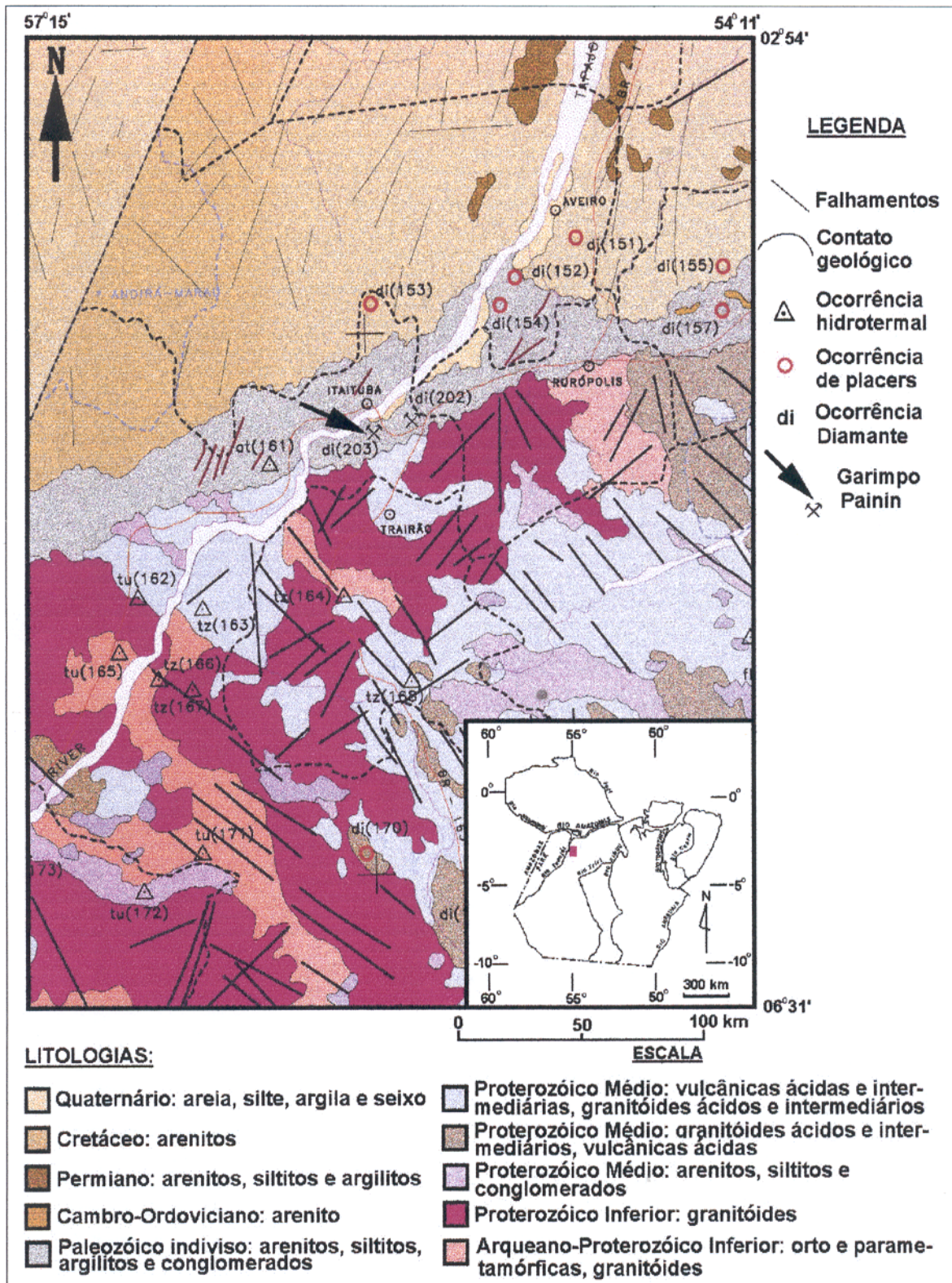


Figura 2: Mapa Geológico do Estado do Pará, destacando diferentes ocorrências minerais na região do médio rio Tapajós, incluindo o garimpo de diamante Painin (compilado de Collyer *et al.*, 1998).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ATIVIDADES PRÉ-CAMPO

Na etapa pré-campo realizou-se pesquisas bibliográficas a respeito do estado de conhecimento geológico regional da área e sobre a geologia dos depósitos de diamante a nível nacional e internacional. Além de elaboração de mapas de caráter fotointerpretativo, utilizando-se imagens de radar e satélites, com o objetivo de individualizar padrões de drenagem e formas de relevo, com base na metodologia proposta por Soares & Fiori (1976) e Lima (1995).

2.2 ATIVIDADES DE CAMPO

Durante o desenvolvimento desta etapa, realizada no período 18/07 a 07/08/1998, na área do garimpo do Painin, município de Itaituba, empregaram-se as seguintes metodologia de trabalho:

2.2.1 Cartografia e levantamento estratigráfico

Essa etapa envolveu cartografia de detalhe (escala de 1:2.500), que resultou na confecção de mapas geológicos, planialtimétricos, de solos e de localização das frentes de garimpagem da área do garimpo e região adjacente, a fim de caracterizar a distribuição espacial dos conglomerados carboníferos e dos níveis quaternários mineralizados.

Para caracterização do controle estratigráfico dos depósitos diamantíferos foram executados perfis verticais nas frentes de extração garimpeira e regiões adjacentes. Paralelamente, também realizou-se o levantamento das características sedimentológicas dos conglomerados antigos e dos depósitos recentes mineralizados, com atenção para os seguintes parâmetros:

- a) espessura média dos depósitos;
- b) relação clasto/matriz;
- c) granulometria da matriz;
- d) distribuição da porcentagem dos seixos, blocos e matacões;
- e) classificação dos clastos;
- d) arredondamento e esfericidade dos clastos.

2.2.2 Amostragem de concentrado de batéia e peneiras

Este levantamento envolveu amostragem dos minerais associados aos níveis mineralizados (coluviões e aluviões), com atenção para os minerais indicadores/acompanhantes do diamante. O estudo desses minerais visa a identificação das principais fontes primárias e/ou secundárias do diamante. A coleta ocorreu paralelamente a atividade de lavra realizada pelos garimpeiros. O procedimento de amostragens envolveu as seguintes etapas: 1- extração de aproximadamente 400 kg de material do nível mineralizado; 2- preconcentragem do cascalho através de lavagem para a eliminação das frações silte e argila; 3 – exclusão dos seixos, seguido de peneiramento do cascalho nas frações com diâmetro de 2 mm, 1mm e 0,50 mm. 4- bateamento da fração $\varnothing < 0,50$ mm para obtenção dos minerais pesados. Os concentrados de batéia foram obtidos a partir de 20 litros de material aluvionar mineralizado; 5- coleta de cerca de 2 kg cascalho de cada fração peneirada (Figura 3-I). As etapas referentes aos itens 1 a 3 foram executadas pelos próprios garimpeiros.

2.2.3 Amostragem de solo

As amostras de solo foram coletadas em áreas tidas como mais propícias a conter a mineralização diamantífera. A amostragem foi realizada em uma malha de 100 m x 50 m ao longo de 5 linhas seccionando a drenagem principal, perfazendo um total de 32 amostras.

2.2.4 Descrição mineralógica macroscópica do diamante

O estudo consistiu na descrição e classificação das principais características físicas (peso, granulometria, hábito cristalino, cor e figura de dissolução) e mineralógicas (fluorescência, presença de capa, qualidade gemológica e tipo de inclusão) dos exemplares de diamante em posse dos garimpeiros e daqueles coletados/adquiridos. Utilizou-se para o estudo ótico uma lupa de bolso *triplet*, na qual cada lente possui aumento de 10x. Os resultados obtidos foram transcritos em ficha-padrão desenvolvida com base na metodologia proposta por Chaves (1997) para os diamantes da Serra do Espinhaço, em Minas Gerais (Figura 4).

2.3 ATIVIDADES DE LABORATÓRIO

Os trabalhos de laboratórios foram realizados, em sua maioria no Centro de Geociências da UFPa, entretanto, também recorreu-se a outros laboratórios comerciais, como a GEOSOL,

além de instituições nacionais e estrangeiras como a Universidade Federal de Minas Gerais e o *Institut für Geologische Wissenschaften* em Halle, na Alemanha. Algumas análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-EDS) e análises químicas foram executadas nos laboratórios do *Institut für Geologische Wissenschaften*, na Universidade Federal de Minas Gerais e na GEOSOL. As análises por Microsonda Eletrônica foram executadas pelo Prof. Marcondes Lima da Costa, na Universidade Federal da Bahia.

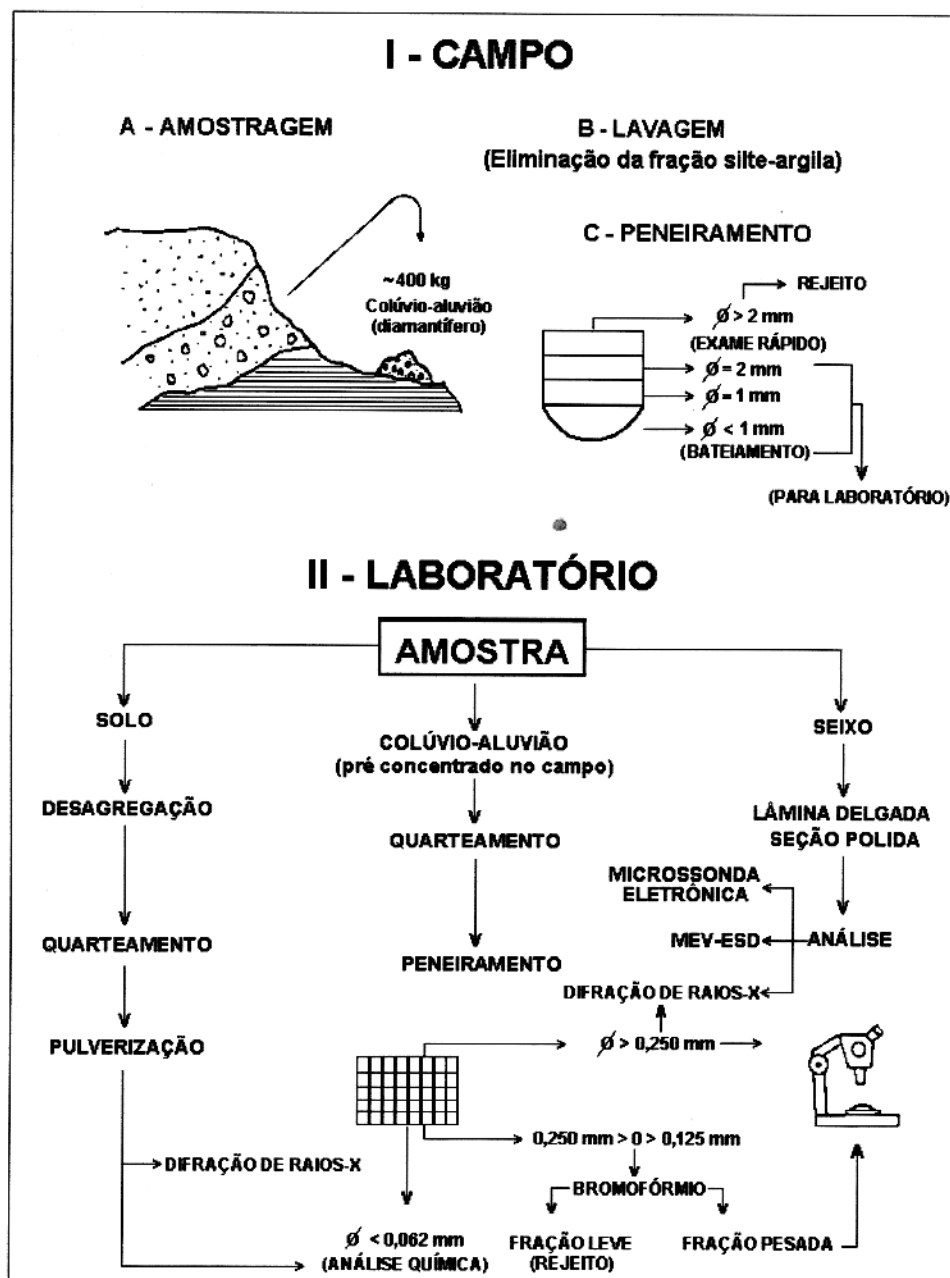


Figura 3: Seqüência esquemática das atividades de amostragem de campo e de preparação/estudo dos minerais acompanhantes do diamante em laboratório (modificado de Chaves 1997).

| | | | |
|---|---|---|--|
| N ^o _____ | Peso _____ ct | Local _____ | |
| <input type="checkbox"/> Hábito | <input type="checkbox"/> Cor | <input type="checkbox"/> Figura de dissolução | |
| <input type="checkbox"/> Cubo | <input type="checkbox"/> Incolor | <input type="checkbox"/> Ausente | |
| <input type="checkbox"/> Cubo piramidado | <input type="checkbox"/> Incolor amarelado | <input type="checkbox"/> Presente | |
| <input type="checkbox"/> Octaedro | <input type="checkbox"/> Marrom claro | | <input type="checkbox"/> Fluorescência |
| <input type="checkbox"/> Rombododecaedro | <input type="checkbox"/> Marrom escuro | <input type="checkbox"/> Ausente | |
| <input type="checkbox"/> Octa-dodecaedro | <input type="checkbox"/> Branco | <input type="checkbox"/> Fraca | |
| <input type="checkbox"/> Trioctaedro | <input type="checkbox"/> Cinza | <input type="checkbox"/> Média | |
| <input type="checkbox"/> Hexaoctaedro | <input type="checkbox"/> Preto | <input type="checkbox"/> Forte | |
| <input type="checkbox"/> Combinações | <input type="checkbox"/> Colorido _____ | <input type="checkbox"/> Cor _____ | |
| <input type="checkbox"/> Geminado | | | |
| <input type="checkbox"/> Fragmento de clivagem | | | |
| <input type="checkbox"/> Irregular | <input type="checkbox"/> Ausente | <input type="checkbox"/> Lapidável | |
| <input type="checkbox"/> Agregado cristalino | <input type="checkbox"/> Verde transparente | <input type="checkbox"/> Industrial | |
| <input type="checkbox"/> Agregado policristalino (bort) | <input type="checkbox"/> verde dessa | <input type="checkbox"/> Fundo | |
| <input type="checkbox"/> Ballas | <input type="checkbox"/> Marrom/amarela | <input type="checkbox"/> Cor _____ | |
| <input type="checkbox"/> Carbonado | <input type="checkbox"/> Azul | <input type="checkbox"/> Pureza _____ | |
| | <input type="checkbox"/> Outra _____ | | |
| | <input type="checkbox"/> Inclusão | | |
| <input type="checkbox"/> Observações | <input type="checkbox"/> Ausente | <input type="checkbox"/> Observações | |
| _____ | <input type="checkbox"/> Pequena | _____ | |
| _____ | <input type="checkbox"/> grande | _____ | |
| _____ | <input type="checkbox"/> Tipo _____ | _____ | |
| N ^o _____ | Peso _____ ct | Local _____ | |
| <input type="checkbox"/> Hábito | <input type="checkbox"/> Cor | <input type="checkbox"/> Figura de dissolução | |
| <input type="checkbox"/> Cubo | <input type="checkbox"/> Incolor | <input type="checkbox"/> Ausente | |
| <input type="checkbox"/> Cubo piramidado | <input type="checkbox"/> Incolor amarelado | <input type="checkbox"/> Presente | |
| <input type="checkbox"/> Octaedro | <input type="checkbox"/> Marrom claro | | <input type="checkbox"/> Fluorescência |
| <input type="checkbox"/> Rombododecaedro | <input type="checkbox"/> Marrom escuro | <input type="checkbox"/> Ausente | |
| <input type="checkbox"/> Octa-dodecaedro | <input type="checkbox"/> Branco | <input type="checkbox"/> Fraca | |
| <input type="checkbox"/> Trioctaedro | <input type="checkbox"/> Cinza | <input type="checkbox"/> Média | |
| <input type="checkbox"/> Hexaoctaedro | <input type="checkbox"/> Preto | <input type="checkbox"/> Forte | |
| <input type="checkbox"/> Combinações | <input type="checkbox"/> Colorido _____ | <input type="checkbox"/> Cor _____ | |
| <input type="checkbox"/> Geminado | | | |
| <input type="checkbox"/> Fragmento de clivagem | | | |
| <input type="checkbox"/> Irregular | <input type="checkbox"/> Ausente | <input type="checkbox"/> Lapidável | |
| <input type="checkbox"/> Agregado cristalino | <input type="checkbox"/> Verde transparente | <input type="checkbox"/> Industrial | |
| <input type="checkbox"/> Agregado policristalino (bort) | <input type="checkbox"/> verde dessa | <input type="checkbox"/> Fundo | |
| <input type="checkbox"/> Ballas | <input type="checkbox"/> Marrom/amarela | <input type="checkbox"/> Cor _____ | |
| <input type="checkbox"/> Carbonado | <input type="checkbox"/> Azul | <input type="checkbox"/> Pureza _____ | |
| | <input type="checkbox"/> Outra _____ | | |
| | <input type="checkbox"/> Inclusão | | |
| <input type="checkbox"/> Observações | <input type="checkbox"/> Ausente | <input type="checkbox"/> Observações | |
| _____ | <input type="checkbox"/> Pequena | _____ | |
| _____ | <input type="checkbox"/> grande | _____ | |
| _____ | <input type="checkbox"/> Tipo _____ | _____ | |

Figura 4: Ficha utilizada para o cadastro dos diamantes observados e coletados/adquiridos no garimpo Painin.

2.3.1 Preparação das amostras de solo e cascalho

As amostras de solo foram submetidas aos procedimentos de secagem, quarteamento e pulverização e posteriormente enviadas à análises mineralógicas e químicas.

Os cascalhos tiveram os seguintes tratamentos: 1- separação visual com lupa gemológica binocular dos diferentes minerais dos níveis quaternários mineralizados e conglomerados carboníferos, para posterior identificação mineralógica por difração de raios X. 2- preparação de lâminas delgadas e seções polidas em amostras de seixos de fosfato de alumínio. 3- separação dos minerais pesados dos concentrados de batéia dos cascalhos recentes e conglomerados antigos. 4- separação dos minerais com susceptibilidade magnética pertencentes aos concentrados pesados com o auxílio do separador isodinâmico *Frantz*. As frações obtidas foram submetidas à identificação através de microscopia óptica e difração de raios X.

A Figura 3-II apresenta os processos de preparação das amostras de cascalho mineralizado e de solo, assim como as metodologias das análises empregadas no desenvolvimento deste trabalho de tese.

2.3.2 Difração de raios X

As análises mineralógicas por difração de raios X, foram aplicadas em amostras de solo, em minerais dos níveis atuais mineralizados e dos conglomerados antigos. Os parâmetros instrumentais utilizados foram: goniômetro PHILIPS PW 3020 com fenda de divergência automática e monocromador de grafite; tubo de raios X com anodo de cobre, operando a 45 kV e 40 mA com varredura contínua de $0,04^\circ 2\theta/s$ e amostragem a cada $0,02^\circ 2\theta$; controle automático PHILIPS PW 3710 acoplado a microcomputador. Os difratogramas foram interpretados com o auxílio do *software* APD (*Automated Powder Diffraction*) e as fichas PDF do ICDD (International Centre for Diffraction data).

Os parâmetros da cela unitária, foram determinados a partir de amostras monominerálicas devidamente selecionadas em microscópio. Os cálculos de refinamento foram feitos de acordo com o método de mínimos quadrados.

2.3.3 Petrografia

A petrografia foi realizada no Centro de Geociências da Universidade do Pará, utilizando-se um microscópio de polarização por luz refletida/transmitida Zeiss Axiolab acoplado a câmara MC 200 Chip. Foram analisadas principalmente amostras de sedimentos, as quais foram divididas em duas categorias: seixos e minerais de concentrado de batéia ambos associados aos níveis coluvionares/aluvionares mineralizados e conglomerados antigos. As amostras de seixos, em especial as com características fosfáticas, foram analisadas em lâminas delgadas e seções polidas. As amostras dos concentrados pesados das frações 0,250-0,125mm e 125-0,062 mm foram montadas em lâminas de vidro para estudo em microscópio ótico.

2.3.4 Análises químicas de rocha

Essas análises foram realizadas em amostras de seixos de fosfato de alumínio que ocorrem como minerais acompanhantes do diamante. Os resultados referentes aos elementos maiores e traços foram obtidos através dos métodos de fluorescência de raios X (FRX) e espectroscopia de emissão atômica acoplada com plasma de argônio induzido (ICP), a partir de digestão multiácida. A determinação dos elementos terras raras foi feita por ativação de nêutrons. Para esta foi analisado 100 mg de amostra, que foram irradiadas por oito horas em fluxo de nêutrons térmicos de $10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, junto com aproximadamente 100 mg dos metais de referência GS-N e BE-N como padrões. A determinação dos elementos foi feita por espectrometria de raios gama.

2.3.5 Análises químicas multielementares de solo

Foram analisados elementos maiores e traços através dos métodos de gravimetria e ICP com digestão multiácida. Com essas análises pretende-se investigar possíveis assinaturas geoquímicas que permitam delinear a natureza das litologias e obter informações sobre as possíveis mineralizações (e.q., a paragênese de Ni-Cr-Nb-Ce, identificada, por Gregory & Janse, 1992, durante uma prospecção para kimberlitos diamantíferos, em Serra Leoa na África).

2.3.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-EDS)

MEV foi utilizado para análises químicas de amostras selecionadas de seixos de fosfato de alumínio e em inclusões nos diamantes. Os fosfatos foram analisados em microscópio eletrônico de varredura (JEOL - JSM 6300 - Baltec SCD 050 – Link-ISIS/EDX Software), pertencente ao laboratório do *Institut für Geologische Wissenschaften* da Universidade de Halle, utilizado pela equipe do prof. Herbert Pöllmann. As inclusões das amostras de diamante foram analisadas pelo prof. Mário Chaves, com o auxílio de um microscópio eletrônico de varredura, tipo *Philips XL-20* com imagem acoplada a um microcomputador, pertencente ao laboratório de Metalurgia física da UFRGS.

2.3.7 Microsonda Eletrônica

A Microsonda Eletrônica foi utilizada em amostras de seixos de fosfatos de alumínio devidamente selecionadas. As amostras de seixos foram analisadas pelo prof. Marcondes Costa, na Universidade Federal da Bahia. As amostras foram previamente metalizadas com carbono. Utilizou-se uma microsonda SX Cameca nas seguintes condições físicas: 15 kV de tensão, corrente de 10 a 30 mA e tempo de contagem de 5 a 20 s, a depender do elemento a ser analisado. Foi empregado o método WDS auxiliado pelas correções ZAF, com aplicações dos diversos programas do equipamento.

2.3.8 Luminescência

Para a avaliação do comportamento luminescente dos diamantes da região do Painin foram escolhidos 30 exemplares. A fluorescência foi observada em caixa escura, onde os diamantes foram excitados por luz ultravioletas com comprimento de onda curtas e longo, com o auxílio de um *mineralight*.

3 O DIAMANTE

É uma das gemas mais cobiçadas pelo homem desde a antigüidade. O termo diamante é originado do grego *adamos*, o qual significa indomável, inconquistável, e ainda é reconhecido como a substância mais dura que o homem conhece. O diamante pode ocorrer em cores variadas, sendo mais comum o incolor, amarelo, castanho, mais raros verde, azul e negro, sendo o róseo (*pink*) o mais valorizado.

Em termos comerciais o diamante bruto é avaliado em três categorias: gema (*gem quality*), representando 15% da produção mundial; próximo a gema (*near gem quality*), representando 39% da produção mundial e industrial (*industrial*), representando 46% da produção mundial (Miller 1995).

Uma importante revisão com vários trabalhos sobre o contexto do diamante no mundo foi publicada em 1995 pelo Journal of Geochemical Exploration (Griffim 1995), onde os diversos autores dissertam sobre os seguintes temas: *The formation of diamond* (Bulanova 1995); *Occurrence of diamond in the mantle: a case study from the Siberian Platform* (Spetsius 1995); *The morphology and nature of primary diamondiferous occurrences* (Nixon 1995); *Catalogue of world wide diamond and kimberlite occurrences: a selective and annotative approach* (Janse and Sheahan 1995); *The exploration context for diamonds* (Jennings 1995); *Geotectonic controls of primary diamond deposits: implications for area selection* (Helmstaedt & Gurney 1995); *Diamond exploration from the bottom up: regional geophysical signatures of lithosphere conditions favorable for diamond exploration* (Morgan 1995); *Prognostication of primary diamond deposits* (Kaminsky et al. 1995); *Pathfinder sampling techniques for locating primary sources of diamond: Recovery of indicador minerais, diamonds and geochemical signatures* (Muggeridge 1995); *Diamond laboratory techniques* (Towie and Seet 1995); *Applications of geophysics for the detection and exploration of kimberlites and lamproites* (Macnae 1995); *Structural controls of kimberlite and lamproite emplacement* (White et al. 1995); *Diamond exploration in glaciated terrain: a Russian perspective* (Golubev 1995); *Basic principles of alluvial diamond exploration* (Marshall and Baxter-Brown 1995); *The interpretation of the major element compositions of mantle minerals in diamond exploration* (Gurney and Zweistra 1995); *Trace elements in indicador minerals: area selection and target evaluation in diamond exploration* (Griffin and Ryan 1995); *The role of petrography and lithochemisrty in*

exploration for diamondiferous rocks (Mitchell 1995); *Sampling and statistical evaluation of diamond deposits* (Rombouts 1995).

O diamante é gerado em profundidades superiores a 120 km, em condições de temperatura acima de 1.100 °C e pressão na ordem de 65.000 atm. (Güebelin & Koivula 1992). A ascensão do magma contendo o diamante é canalizada através de fraturas ou falhas profundas que atingem o manto superior. Normalmente estas estruturas são reconhecidas por apresentarem um arcabouço com vários quilômetros de comprimento e com poucos metros de largura, ao longo dos quais são restritos movimentos verticais e horizontais. Somente as áreas cratônicas condicionam a formação e a estabilidade cristalina do diamante, além de favorecer a sua rápida ascensão à superfície (Miller 1995). Em função das severas condições de temperatura e pressão, as erupções magmáticas que transportam o diamante, fragmentam-se e incorporam as rochas encaixantes, formando um material rochoso de composição peridotítica rico em olivina e com aspecto brechoide denominado kimberlito.

O *emplacement* do diamante das profundezas do manto superior até a superfície terrestre, também pode ser feito por outra rocha além do kimberlito. Esta outra rocha é denominada lamproito, podendo ser exemplificada a sua ocorrência no Noroeste da Austrália, onde desenvolveram-se grandes jazidas de diamante (Hughes 1982).

Ocorreram várias tentativas para a determinação da idade de intrusão e do controle estrutural destes corpos kimberlíticos/lamproíticos, mas até o presente não se atingiu um consenso universal. Consequentemente, as terminologias e definições referentes ao diamante estão constantemente sendo revisadas (Janse & Sheaham 1995).

Kimberlitos são rochas inequegranulares, cuja a composição é representada por megacristais de olivina (ou espinélio), picroilmenita (ilmenita magnésiana), flogopita, piroxênio e granada. Essa mineralogia encontram-se imersa em uma matriz composta por minerais do grupo da serpentina e carbonatos, contendo microfenocristais de mica, espinélio, pirovskita, raros diopsídios e monticelita em proporções variadas (Dawson 1980).

De acordo com Kirkley (1998) o termo kimberlito é usado para caracterizar uma mistura de material rochoso, proveniente de profundidades superiores a 150 km, cujo constituintes principais são: fragmentos de peridotito, eclogito e rochas encaixantes; megacristais de peridotito ou eclogito e matriz. Segundo esse mesmo autor o magma kimberlítico é caracterizado pelo enriquecimento de magnésio, ferro, potássio e voláteis. Esses elementos formam os minerais da

matriz representados por olivina, serpentina, flogopita, calcita, granada, ilmenita, espinélio, além de outros minerais de menor importância como apatita, perovskita, peridotito, nefelina e wadeita.

Segundo Gregory & Janse (1992) kimberlito e olivina lamproito apresentam composição química extremamente semelhantes, sendo rochas ultrabásicas com alto teor de Mg, Ni e Cr. Como esses dois tipos litológicos apresentam padrões geoquímicos semelhantes, convém chamá-las de rochas kimberlíticas. Entretanto podem ser diferenciadas das demais rochas ultrabásicas pelo enriquecimento de alguns elementos típicos de rochas alcalinas como Nb, Sr, Rb, Cs, P e K. O olivina lamproito pode ser diferenciado do kimberlito pelas altas concentrações de K₂O, SiO₂, TiO₂ e P, e baixas concentrações de CaO, Al₂O₃ e Fe.

Levinson *et al.* (1987) apresenta a concentração entre os elementos traço associados a kimberlitos e outras rochas ultramáficas. Considera como parâmetros geoquímicos, na distinção entre solos desenvolvidos sobre as rochas kimberlítica o enriquecidos (>10 vezes) dos elementos: Li e Rb (metais alcalinos), F, Zr, Ba, La, Ce, Nb, Ta, Pb, U e Th (Tabela 1).

Tabela 1: Concentração dos elementos traço (em ppm) associados a kimberlitos e outros tipos de rochas ultramáficas. (fonte: Levinson *et al.* 1987).

| Elementos | Ultramáficas* | Kimberlitos |
|-----------|---------------|-------------|
| Li* | 2 | 2-56 |
| F* | 97 | 68-7590 |
| V | 50 | 21-250 |
| Cr | 3090 | 550-2900 |
| Co | 110 | 35-130 |
| Ni | 1450 | 710-1600 |
| Cu | 47 | 10-300 |
| Zn | 56 | 15-287 |
| Rb* | 1,2 | 0-350 |
| Y | 2,9 | 4-75 |
| Zr* | 16 | 84-700 |
| Nb* | 1,3 | 32-450 |
| Mo | 0,2 | 0,1-0,9 |
| Sn | 0,52 | 1-30 |
| Cs | 0,006 | 0-8,7 |
| Ba* | 20 | 137-1970 |
| La* | 0,92 | 26-200 |
| Ce* | 1,93 | 45-522 |
| Ta* | ≤0,1 | 1,4-21,3 |
| Pt | 0,06 | 0,07-0,43 |
| Pb* | 0,2 | 0,9-50 |
| Th* | 0,07 | 4-54 |
| U* | 0,02 | 0,6-18,3 |

* elementos enriquecidos mais de 10 vezes

Meyer (1994) determinou a idade de 628 milhões de anos para um diamante do Zaire, considerando-o como um bebê quando comparado a todos os diamantes já datados anteriormente, cujas idades variam de 2,4 a 3,2 bilhões de anos.

Güebelin & Koivula (1992) citam algumas determinações de idade em inclusões em alguns diamantes, as quais revelaram idade com cerca de 3 Ga. Em contrapartida os kimberlitos que os transportaram até a superfície apresentaram idade de 90 ma. Conseqüentemente a diferença de idade entre o mineral e a rocha comprova claramente que o diamante não se formou na matriz kimberlítica, sendo apenas transportado por esta.

3.1 MODO DE OCORRÊNCIA

O contexto histórico revela que as primeiras ocorrências diamantíferas foram identificadas na Índia por volta do século V a.C., sendo este país o maior produtor mundial, até a descoberta desta gema em território Brasileiro no ano de 1730. Após essa descoberta, o Brasil tornou-se o maior produtor de diamante por quase 150 anos, só sendo superado pela África do Sul em 1871 (Mercedes-Benz 1987).

Em terrenos tropicais, como por exemplo em Serra Leoa, África, os métodos de prospecção geoquímica convencionais têm sido utilizados em três segmentos: para analisar amostras de solo ou rocha, na detecção ou mesmo confirmação da proximidade do corpo kimberlítico; diferenciar os minerais indicadores do diamante; e identificar o potencial diamantífero do kimberlito (Gregory & Janse 1995).

O Brasil apresenta significativos depósitos diamantíferos conglomeráticos e aluvionares, localizados nos estados de Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso, Rondônia, Roraima, Pará, Goiás, Paraná e Piauí. Além de vários outros garimpos com menor importância econômica nos estados do Amapá, Mato Grosso do Sul e São Paulo. A atividade garimpeira no Brasil vem sendo incrementada ultimamente no estado do Mato Grosso. É muito difícil monitorar a produção anual brasileira de diamante; entre os anos de 1990 e 1995, foi estimada em um milhão (1×10^6) de quilates; nos dias de hoje ocupa o oitavo lugar, representando 1% da produção mundial (Janse & Sheaham 1995).

A produção brasileira iniciou-se no estado de Minas Gerais, desenvolvendo-se no período de 1770 a 1870, apresentando um significativo decréscimo a partir de 1888 com a abolição dos escravos (Janse & Sheaham *op. cit.*).

A região do Distrito Diamantífero de Diamantina contém os mais importantes depósitos diamantíferos aluvionares do território brasileiro, associados a conglomerados mesoproterozóicos, os quais abrangem os municípios de Diamantina, Dantas, Gouveia, Conceição do Mato Dentro, Couto Magalhães de Minas, Serro e Presidente Kubitschek. Esta região é o principal distrito da Província do Espinhaço, na qual registra-se uma extração na ordem de 30-40 % da produção brasileira, representando cerca de 30.000.000 de quilates, equivalentes a um terço do total mundial (Karfunkel *et al.* 1994).

O Distrito Diamantífero de Diamantina produziu em 1995 cerca de 200.000 quilates, dos quais 90% são classificados como gemas e 10% como industriais. Atualmente a produção de diamantes desta área teve um decréscimo de aproximadamente 10%, sendo a extração representada por 60.000 ct. a nível de atividade industrial e 120.000 ct. a nível de garimpagem (M. L. S. C. CHAVES, informação verbal 1998).

Na região do rio Jequitinhonha também desenvolveram-se trabalhos de dragagem realizados por uma empresa oriunda da Bélgica. Em Coromandel, ocorrem depósitos diamantíferos conglomeráticos relacionados ao Cretáceo Superior, cuja caracterização é sugerida por um vasto espectro de minerais pesados, dentre os quais destaca-se a granada da espécie piropo (Hussak 1917). Esses depósitos são considerados como a principal fonte de distribuição diamantífera aluvionar da província diamantífera do Alto Rio Parnaíba (Chaves 1997). Segundo informação verbal do Prof. Mário Chaves da UFMG (1998), foi registrada em 1995 uma produção de 20.000 quilates de pedras para a região de Coromandel. A produção é originada totalmente da atividade garimpeira, com 60% classificada como do tipo gema e 40% como industriais. Esta área é caracterizada pela ocorrência de grandes diamantes (100 quilates) nas drenagens que banham um provável kimberlito, cujas análises comprovam ser completamente estéril (Janse & Sheaham 1995).

Na região de Lençóis-Andaraí, na Chapada Diamantina, foi avaliado um volume de cascalho diamantífero com vinte milhões de metros cúbicos e com estimativa de reserva indicada superior a 1,6 milhões de quilate, distribuídos ao longo dos rios Paraguaçu, Alto Santo Antônio e São José. O conglomerado indicado como a fonte dos diamantes avaliados mostra-se constituído

por clastos de arenitos, quartzitos e rochas vulcânicas, com diâmetro de poucos centímetros a pouco mais de 1 metro e espessura média de aproximadamente 60 metros (Sampaio *et al.* 1994).

No estado de Roraima o diamante é produto da atividade garimpeira. São resultantes do retrabalhamento de rochas conglomeráticas do Platô de Tepequém, pertencente ao Supergrupo Roraima, devendo, portanto, ter sofrido pelo menos dois ciclos deposicionais (CPRM 1997). A idade desses conglomerados (entre 1,6 a 1,8 Ga.) assemelha-se com a idade dos conglomerados do Espinhaço, em Minas Gerais e na Bahia. Os diamantes do estado de Roraima restringem-se aos aluviões, concentrando-se principalmente ao longo dos rios Maú, Quinô, Suapi, Cotingo e Amajari (Barbosa 1991).

Segundo Höhn & Costa (1996) os diamantes da região de Marabá provêm de garimpos instalados no leito do rio Tocantins, cujas litologias são representadas por xistos, quartzitos e metagrauvas. Entretanto, nas margens dos rios Tocantins e Araguaia, afloram sedimentos paleozóicos representados pela Bacia Maranhão. E em tratando-se de região de borda de bacia, é possível que os diamantes de Marabá provenham de rochas kimberlíticas ainda não identificadas. Com base nesse mesmo autor, os diamantes da região do alto rio Araguaia associam-se aos sedimentos conglomeráticos compostos por seixos de quartzo, sílex e arenitos duros, e tem com minerais acompanhantes óxidos de ferro, zircão, rutilo, turmalina, estauroлита, além de raras granadas, coríndon e cianita.

Na região do médio rio São Francisco, a origem do diamante é investigada há muito tempo e são muitos os problemas envolvidos a seu respeito. Em linhas gerais os modelos para essa região previam origens distintas para os depósitos das porções E e W do rio. Barbosa *et al.* (1970) e Chaves (1991) relacionam a origem dos diamantes da porção W do rio à erosão do conglomerado Capacete da Formação Mata da Corda, posicionada no Cretáceo Superior. Acreditava-se na existência de kimberlitos, a exemplo do que ocorre na região do Alto Rio Parnaíba, onde vários *pipes* estéreis foram detectados no Cretáceo Superior. Entretanto o conglomerado Abaeté, relacionado ao Cretáceo Inferior, é comprovadamente diamantífero em certas regiões da porção oeste do rio São Francisco, diminuindo as possibilidades de existência de *pipes* mineralizados no Cretáceo Superior (Hasuy & Penalva 1970 e Tompkins & Gonzaga 1989).

Para a porção E do rio São Francisco, os diamantes aluvionares tem há muito tempo origem associada aos tilitos do Grupo Macaúbas (Moraes 1927). Outra possível fonte estaria

diretamente relacionada a rochas da Cordilheira do Espinhaço, a leste. Entretanto, tal origem é limitada, pois no percurso de mais de 100 km não se conhecem depósitos diamantíferos (Karfunkel & Chaves 1994).

Karfunkel & Chaves (*op. cit.*) e Chaves (1997) ao estudarem detalhadamente várias frentes de extração garimpeira, ao norte da serra do Cabral, demonstraram que: a camada mineralizada é um colúvio com predomínio de clastos de quartzitos Espinhaço; esta camada pode recobrir tanto as rochas dos grupos Macaúbas (tilitos) e Bambuí (metassedimentos), como os quartzitos Espinhaço; e está posicionada invariavelmente nas bordas das áreas mais elevadas. Tais observações levaram esses autores a concluir que a origem dos diamantes, nessa região, estaria associada aos conglomerados aflorantes sobre as porções mais elevadas das serras do Cabral (em São Francisco Dumont), Água Fria e Porteiras (em Jequitai). Segundo esses mesmos autores, os conglomerados estão localizados em porções isoladas, topograficamente controlados por cotas de 1000 m, na área estudada. São provavelmente correlatos ao Membro Abaeté da Formação Areado, posicionada no Cretáceo Inferior, onde ocorrem conglomerados diamantíferos, semelhantes aos aflorantes na serra do Cabral, em altitudes de 900-930 metros, associados às cabeceiras dos rios de Janeiro e do Boi. Consequentemente, essa ampla distribuição do conglomerado Abaeté representa um fator decisivo na redistribuição dos diamantes na região do Médio São Francisco, provavelmente oriundos de fontes secundárias pré-cambrianas.

Na Província Mineral do Tapajós descrita por Faraco *et al.* (1997), as atividades garimpeiras estão direcionadas principalmente para a extração do ouro. Segundo Leal *et al.* (1996) a região do Tapajós, ao norte da cidade de Itaituba, no passado, foi localmente garimpada para a extração de diamante. O Mapa Gemológico do Estado do Pará, reeditado por Collyer *et al.* (1998) se refere a região do Tapajós, principalmente ao norte de Itaituba, como de grande potencialidade para diamante. Souza (1998) relaciona os diamantes de alguns garimpos da região do Médio Rio Tapajós, nas proximidade da cidade de Itaituba, a níveis conglomerático constituído predominantemente por seixos e blocos de quartzo com diâmetro máximo de 20 cm e espessura máxima de 1,5 metros

3.2 ASPECTOS CRISTALOGRAFICOS E PROPIEDADES FÍSICAS

O diamante é isométrico, com classe $4/m \bar{3}2/m$, e grupo espacial $Fd3m$. As formas mais proeminentes pertencem às formas cristalinas do tipo: hexaoctaédrica (hkl), trioctaédrica (hhl), icositetraédrica (hll), octaédrica (111), tetraescaedrica ou cubo piramidado (hk0), rombododecaédrica (110) e hexaédrica ou cúbica (100). Entretanto, em termos gerais, na maioria das vezes a morfologia cristalina do diamante é octaédrica ou dodecaédrica, algumas vezes cúbica e, raramente em formas tetraédricas. Porém são comuns cristais com faces encurvadas, aos quais Orlov (1973) denominou de "dodecaedróides", "octaedóides" e "cuboides", de acordo com a morfologia original. São também observadas geminações, principalmente segundo o plano (111), que origina o diamante conhecido no Brasil como "chapel-de-frade", além de raríssimas segundo o plano (110). A densidade relativa varia entre 3,47 - 3,55, clivagem perfeita segundo $\{111\}$, fratura concoidal a estilhaçada, índice de refração 2,417 - 2,419, com raras fluorescências azuladas ou esverdeadas e com vários tipos de inclusões.

Segundo Fersman & Goldschmidt (1911), os diamantes pertencentes a forma rombododecaédrica não representam formas primárias de cristalização, sendo portanto geradas como produto da ação de processos naturais de dissolução, a partir de outras formas originais. A forma octaédrica, é atualmente considerada como sendo a principal forma de crescimento primário do diamante (Orlov 1973, Yacoot & Moore 1993), e só a partir de sua dissolução é que resultam as demais formas cujas principais características são as variações no grau de curvatura das faces e das arestas (Moore & Lang 1974). O processo de progressão contínua entre o octaedro de faces planas e arestas retilíneas até o rombododecaedro de faces abauladas e arestas curvas, é o principal responsável pelo predomínio de diamantes com formas rombododecaédricas, remanescentes das faces de dissoluções que modificam as formas octaédricas primárias.

3.3 MINERAIS PESADOS COMO ACOMPANHANTES/INDICADORES

Minerais acompanhantes/indicadores relacionados à rochas-fonte do diamante são fases de alta pressão relativamente comuns aos kimberlitos, mas raros em outros tipos de rochas crustais. Os minerais indicadores clássicos são representado principalmente por: granada piropo, granada eclogítica, cromo diopisídio, mg-ilmenita (picroilmenita), cromita, enstatita, olivina e diamante (Cookendboo 1999). Segundo esse mesmo autor, além da localização da fonte kimberlítica, muito desses minerais são úteis para a determinação do quimismo e da composição

do material mantélico amostrado pelo magma kimberlítico. Além disso, muitos desses xenocristais indicadores tem a assinatura composicional similar a algumas inclusões dos diamantes associados a um determinado magma kimberlítico, indicando, assim, uma similaridade no campo de estabilidade. Outros podem ser usados como geotermômetro e/ou geobarômetro para determinar se há conveniência na pressão e temperatura do magma kimberlítico amostrado.

O estudo dos minerais pesados tem como objetivo a identificação dos minerais acompanhantes/indicadores do diamante. Segundo os modelos tradicionais de prospecção de diamante esse estudo tem como finalidade principal a identificação de possíveis fases minerais provenientes de fontes primárias representadas por kimberlitos e lamproítos (Tabela 2). Essas rochas tem uma mineralogia muito complexa, constituída na sua maioria por minerais pouco resistentes ao intemperismo e ao transporte no meio fluvial. Entretanto, deve-se dar atenção aos minerais mais resistente como a granada e ilmenita magnésiana.

O diamante de um depósito aluvionar é sempre acompanhado por uma gama de minerais característicos de densidade muito próxima da sua (Chaves 1997). Gorceix (1881)² *apud* Chaves (1997) designou esses minerais associados ao diamante de satélites, considerando como os mais importantes, em função da constante presença, o rutilo, anatásio, hematita, magnetita e lazulita.

Hussak (1917) apresentou um estudo completo sobre os depósitos sedimentares diamantíferos brasileiros, nos quais reconheceu 56 minerais acompanhantes do diamante, e fez o seguinte comentário: "verifiquei que esses satélites (formações) nada têm de característico ou especialmente significativo para a questão da gênese do diamante, com o qual a sua associação é obra do mero acaso". Guimarães (1934) questionou tal consideração baseando-se nos preceitos de Gorceix (1881)² *apud* Chaves, 1997), e relacionou minerais como o óxido de titânio e "favas" fosfatadas a uma fase de magmatismo ácido, o qual seria também a possível responsável pela origem do diamante.

² GORCEIX, H. 1881. Sur le gisement du diamant au Brésil. Bulletin de la Société Mineralogique de France, 3:36-38.

Tabela 2: Principais minerais que constituem as rochas kimberlíticas e lamproíticas (compilado de Chaves 1997).

| CRISTALIZAÇÃO MAGMÁTICA | | XENOCRISTAIS DO MANTO SUPERIOR | |
|-------------------------|-------|--------------------------------|----------------|
| Em kimberlitos | | Em lamproítos | |
| | Comun | | |
| Olivina | | Olivina | DIAMANTE |
| Diopsídio | | Diopsídio | PIROPO |
| Flogopita | | Flogopita | CLINOPIROXÊNIO |
| Calcita | | Leucita | ORTOPIROXÊNIO |
| Serpentina | | Anfibolio | CROMITA |
| Monticelita | | Enstatita | OLIVINA |
| | | Sanidina | |
| | Raro | | |
| Apatita | | Apatita | |
| Perovskita | | Perovskita | |
| Ilmenita | | Ilmenita | |
| Espinélio | | Espinélio | |
| | | Priderita | |
| | | Nefelina | |
| | | Sanidina | |
| | | Wadeíta | |

Cassedane & Cassedane (1974) restringiu o termo "minerais pesados" a "minerais associados" ao diamante apenas na sua rocha fonte ultrabásica. Isso resultou na designação de "acompanhantes" para os minerais presentes nos depósitos sedimentares, os quais são variáveis de um local para outro em função da litologia ao longo do sistema de drenagem. Entretanto, a bibliografia recente prefere chamar os ditos satélites de "minerais indicadores".

São considerados minerais pesados aqueles que possuem densidade superior a dos minerais mais comuns presentes nas rochas sedimentares, representados principalmente pelo quartzo e feldspato. Esses são os chamados minerais leves e apresentam densidade entre 2,55 e 2,65, enquanto os pesados são caracterizado por valores de densidade superiores a 2,70 (Chaves 1997). Normalmente, para a separação entre os minerais pesados e leves utiliza-se como limite o valor da densidade do bromofórmio (~ 2,89). Os minerais pesados podem ser agrupados em duas

classes: opacos e não opacos. Esses últimos devem receber maior atenção por se tratarem de excelentes guias prospectivos de áreas-fontes primárias e secundárias (Chaves 1997). Segundo Chaves (1997) os minerais pesados representam fases acessórias na composição de rochas ígneas e metamórficas. Suas proporções nos sedimentos e rochas sedimentares são funções dos meios transportadores, dos processos sedimentares na dispersão e concentração, além do grau de resistência física e química do mineral quando exposto a esses agentes e ao intemperismo. Assim, os principais fatores que condicionam a presença de um mineral pesado em um determinado sedimento são: teor do mineral na área-fonte; granulometria original; condição intempérica da área-fonte; relação entre velocidade de erosão e intemperismo; e tempo e meio de transporte em associação com as condições físico-química do meio deposicional (Chaves, 1997).

A presença de determinados minerais pesados em um sedimento evolui no sentido da eliminação progressiva das espécies menos resistentes ao longo do tempo. Como consequência disso foram estabelecidas escalas de estabilidade para os minerais pesados em função dos agentes químicos e físicos que atuam durante a evolução do ciclo sedimentar. Pettijohn (1957) apresentou uma escala de estabilidade destacando a presença de minerais como zircão, turmalina e rutilo entre as fases mais estáveis de um sedimento (Tabela 3).

Tabela 3: Série de estabilidade dos minerais pesados mais resistentes ao ataque dos agentes químicos (segundo Pettijohn, 1957).

| AGENTE DESTRUTIVO | SOLUÇÕES INTRAESTRATAIS | | INTEMPERISMO | PERFIS DE SOLO |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|
| | Pettijohn (1957) | Smithson (1941) | Sindowski (1949) | Diversos autores |
| Estabilidade Decrescente ↓ | Rutilo | | | |
| | Zircão | Zircão | Zircão | Zircão |
| | | Rutilo | Rutilo | |
| | Turmalina | Turmalina | Turmalina | Turmalina |
| | | Apatita | | |
| | Monazita | Monazita | | Monazita |
| | Granada | Granada | | |
| | Biotita | | | Biotita |
| | Apatita | | | |
| | Estaurolita | Estaurolita | Estaurolita | |
| | Cianita | Cianita | Cianita | |
| | Hornblenda | Hornblenda | Hornblenda | |
| | | | Granada | |
| | Augita | | Augita | |
| | Olivina | Minerais ferro- magnesianos | Apatita Olivina | Augita Olivina |

4 RESULTADOS

4.1 GEOLOGIA LOCAL

De acordo com o mapa da Figura 5 a geologia local está representada, da base para o topo, pelas seguintes unidades:

4.1.1 Formação Barreirinha

É constituída por uma camada contínua de folhelhos cinza escuros, aflorantes apenas no fundo dos vales, nos pontos onde desenvolve-se quebra de gradiente das drenagens. Representa menos de 1% da área mapeada e limita a base dos níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre e dos coluviões/aluviões quaternários diamantíferos. Seus afloramentos servem de camada guia para a atividade garimpeira local. Sua espessura não pôde ser determinada, entretanto, os primeiros 50 cm do topo desenvolvem um nível argiloso de coloração cinza claro esbranquiçado, com algumas estruturas que ainda lembram a superfície "S₀" da rocha mãe (Figura 6). A mineralogia desses folhelhos é representada basicamente por caulinita, quartzo e muscovita.

4.1.2 Formação Itaituba

Ocorre na região central do garimpo, observada apenas no leito do igarapé Açu (drenagem principal), compondo cerca de 5% da área estudada (Figura 5). Constitui-se de uma camada de calcário desmantelada *in situ*, creme amarelada, fossilífera (principalmente fósseis de bivalvíos) e com reprecipitação de calcita sob a forma de geodos. Os blocos apresentam até mais de 1 metro de comprimento, espessura média de 50 cm e estão assentados diretamente sobre os folhelhos da Formação Barreirinha. Outros afloramentos dessa formação podem ser observados nas proximidades das margens do rio Tapajós, em regiões adjacentes a área do garimpo.

4.1.3 Formação Monte Alegre

Constitui mais de 85% da área estudada e contém os níveis conglomeráticos, que possivelmente representam a fonte da mineralização diamantífera colúvio-aluvionar da área do garimpo Painin (Figura 5). Dessa forma será descrita com mais detalhes.

É representada na área do garimpo por dois fácies distintos, intercalados por níveis conglomeráticos: 1- **fácies areno-silto-argiloso**, amarelo-alaranjado, com granulometria média a grossa, sendo os grão mal selecionados e angulosos; apresenta-se com espessura superior a 30 metros e está depositado sobre as porções oeste e noroeste da região do garimpo, perfazendo 40% da área mapeada (Figura 5).

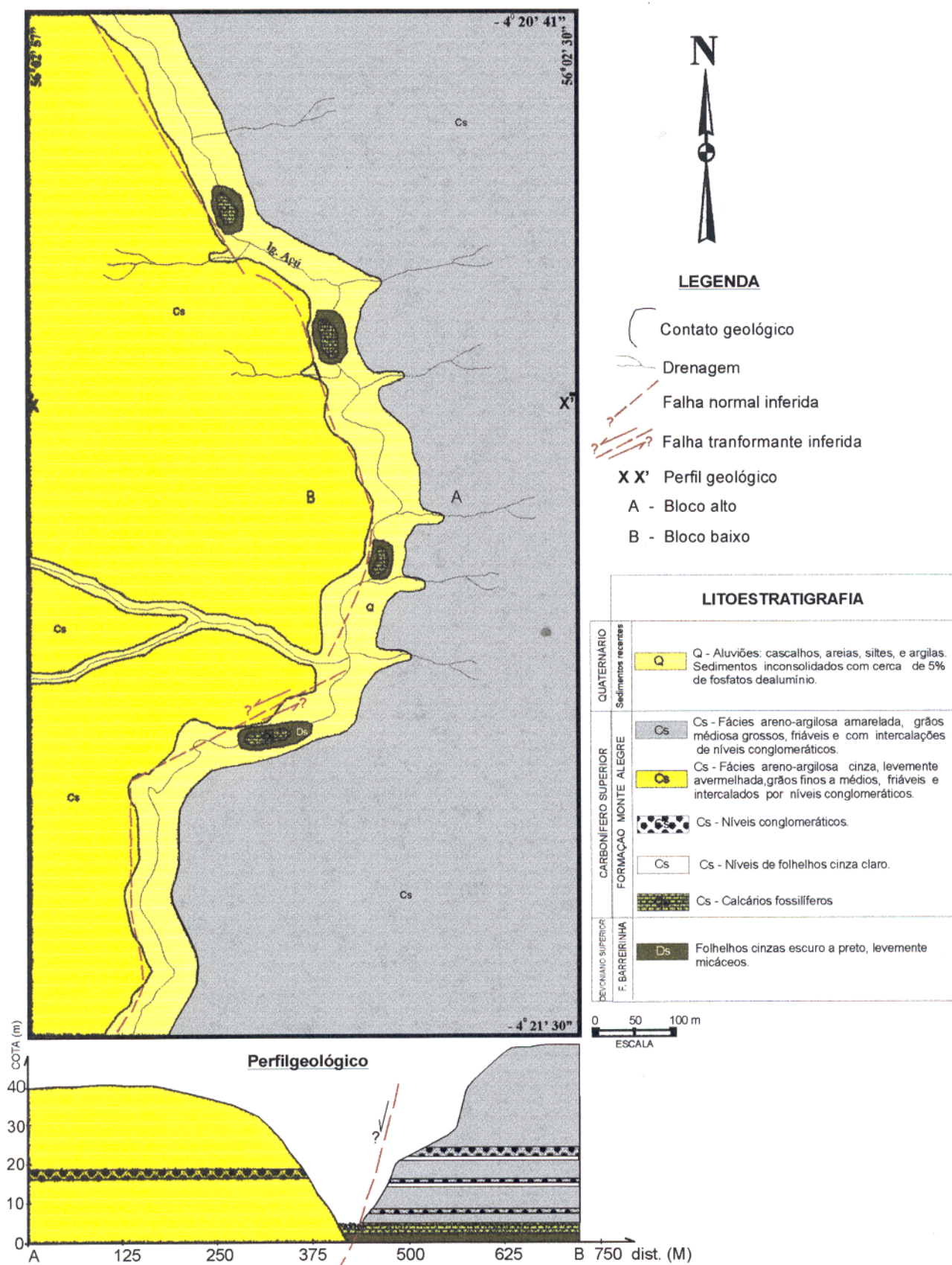


Figura 5: Mapa geológico da área do garimpo Painin.

2- **fácies argilo-silto-arenoso**, cinza esbranquiçado, com areia fina à média, com grãos bem selecionados, moderadamente arredondados, matriz argilosa e espessura superior a 15 m; recobrem 45% da área estudada, sendo localizados nas porções nordeste, leste e sudeste da área do garimpo (Figura 5).

Observa-se ainda nas proximidades da porção sudoeste, fora dos limites da área mapeada, a ocorrência de um fácies areno-argiloso vermelho, com grãos mal selecionados e angulosos. A espessura média é de 8 metros. Em alguns de seus afloramentos observa-se o desenvolvimento de um perfil laterítico imaturo, segundo a classificação proposta por Costa (1990a).

A Formação Monte Alegre foi descrita primeiramente por Santos *et. al.* (1975). Leal (1996) estima para as camadas dessa formação, na região de Itaituba, uma espessura média de 19 metros (Figura 6).

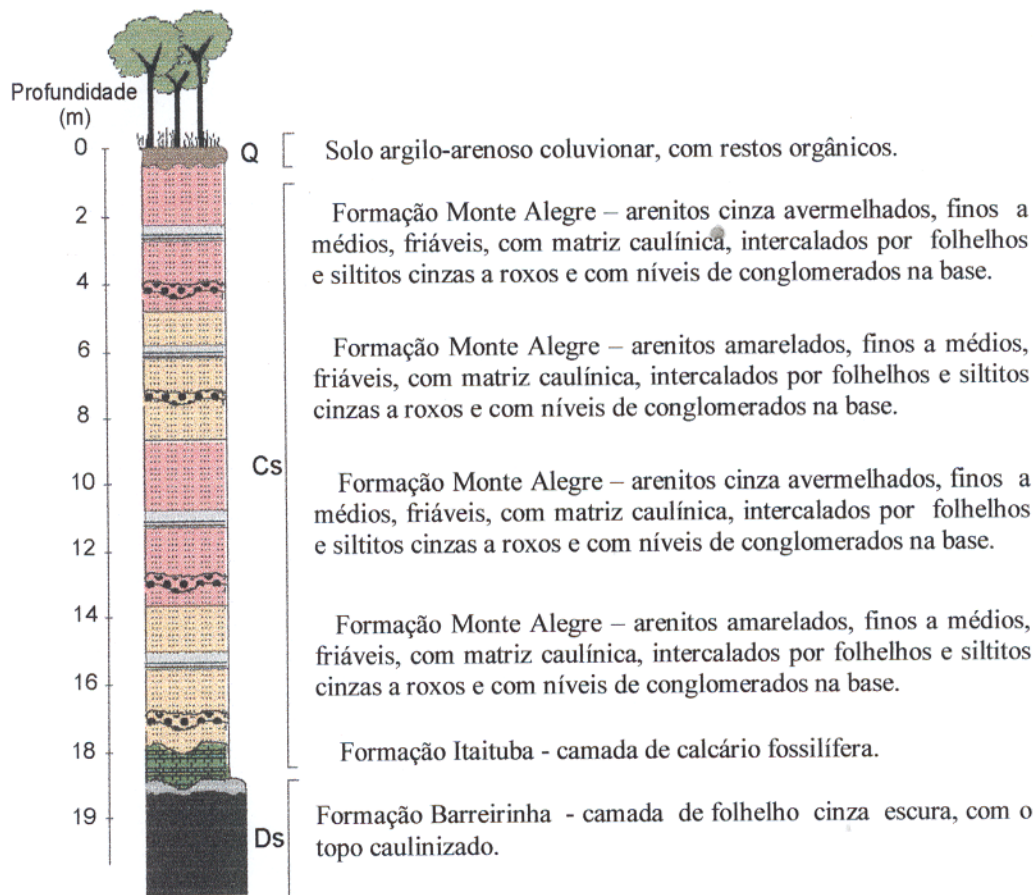


Figura 6: Perfil geológico da Formação Monte Alegre para a região do garimpo Painin. Confeccionado a partir de dados de campo e de informações contidas nos trabalhos de Souza (1998), Leal (1996) e Santos *et. al.* (1975).

4.1.4 Coluviões/Aluviões diamantíferos quaternários

Estão depositados na base das encostas e principalmente no fundo dos vales sobre a camada desmantelada *in situ*, da Formação Itaituba, e por vezes preenchendo "marmitas" desenvolvidas nos folhelhos da Formação Barreirinha. Recobrem aproximadamente 12% da área do garimpo. São seqüências granodecrescentes ascendentes, cuja base representam os níveis de cascalhos diamantíferos, constituídos predominantemente por seixos de quartzo, fragmentos de rocha e outros minerais que serão descritos a seguir.

A parte superior dessas seqüências apresentam cores e texturas diferenciadas quando se compara a suas ocorrências nas duas margens da drenagem principal da região do garimpo. Na margem esquerda observa-se que o topo da seqüência é constituído por um solo areno-argiloso, amarelo-alaranjado, com 60 a 65% de areia média a grossa, mal selecionada, angulosa a subangulosa e 35 a 40% de silte + argila (Figura 7). A seqüências da margem direita apresenta o topo constituído por um solo argilo-arenoso, cinza escura a marrom, com 50 a 60% de argila + silte e 30 a 40% de areia fina a média, com grãos bem selecionados, subarredondados a arredondados (Figura 8).

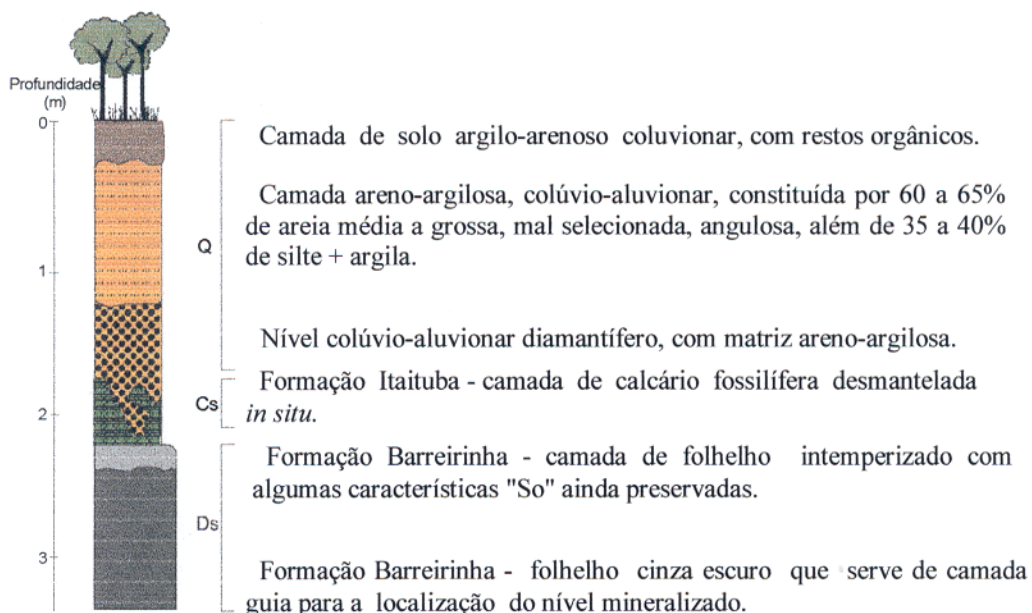


Figura 7: Perfil geológico ilustrativo observado na margem esquerda da drenagem principal da região do garimpo Painin.

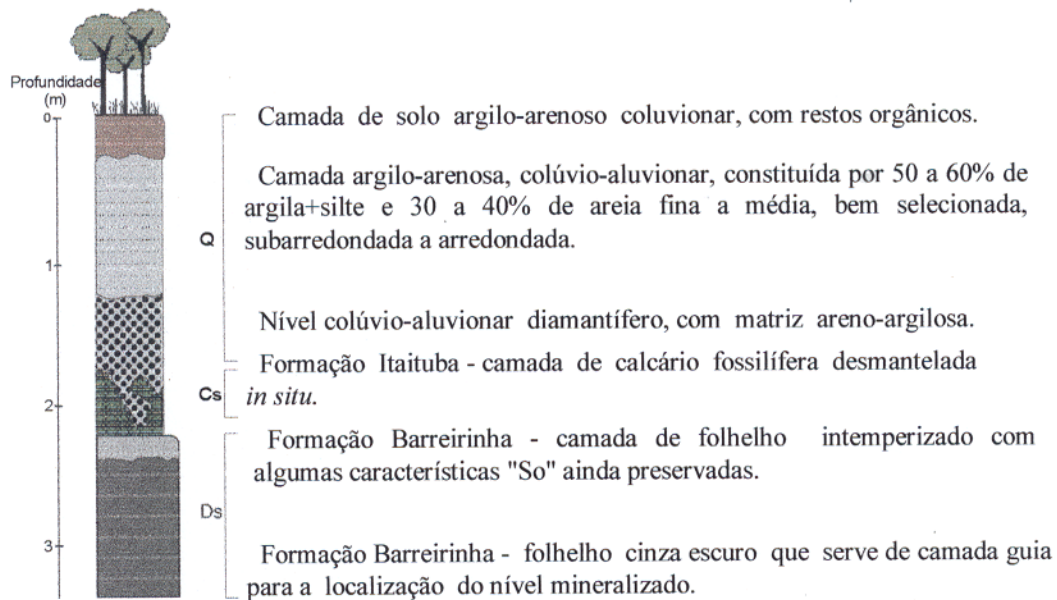


Figura 8: Perfil geológico ilustrativo observado na margem direita da drenagem principal da região do garimpo Painin.

Essas diferenças de cores e texturas, no topo dos coluviões/aluviões, refletem as distintas fontes sedimentares que os alimentam, ou seja, os depósitos da margem esquerda são originados a partir da erosão do fácies arenítico amarelado da Formação Monte Alegre e os depósitos da margem direita pela erosão do fácies arenítico cinza esbranquiçado da mesma formação.

4.2 ASPECTO MORFOESTRUTURAL

O garimpo Painin está inserido na região de Itaituba. Essa região enquadra-se em um padrão de compartimentação de relevo que, com base nas suas formas erosivas e aspectos geomorfológico, tem sido denominada como Superfície Montanhosa do Paleozóico (CPRM 1977).

Segundo Pinheiro *et al.* (1998) a distribuição do relevo da região de Itaituba é bastante irregular. Entretanto predominam formas alongadas segundo a direção E-W dispostas em arranjos de faixas paralelas, nem sempre correspondendo as unidades litológicas da Bacia Sedimentar do Amazonas.

O contexto morfoestrutural da área do garimpo Painin é caracterizado por formas do tipo platôs entalhados por ravinas, bem delineados por falhamentos N-S, originando vales em "V". O falhamento principal responsável pelo surgimento do paleovale, no qual se desenvolveu o garimpo, não foi observado no campo pela falta de afloramentos com elementos de falha preservados e pela intensa coberturas colúvio-aluvionar quaternária. Entretanto, com base nas interpretações de imagens de satélites, pode-se observar claramente que o paleovale está encaixado em um falhamento regional de direção aproximadamente N-S (Figura 9).

Como a área estudada pertence a uma região de borda de bacia pode-se inferir, que a paisagem da região do garimpo Painin seja condicionada por falhas normais com direções NE-SW, NW-SE e uma falha normal côncava, aproximadamente N-S, todas com caimento para leste. Dessa forma, os arenitos relacionados ao fácies amarelado da Formação Monte Alegre, representam o bloco abatido (baixo) e os arenitos cinzas, da mesma formação, o bloco soerguido (alto). Porém, não se deve descartar a possibilidade desse arcabouço ter sido condicionado pelo desenvolvimento de falhas inversas ou mesmo de empurrão (Figura 05).

O processo erosional é atenuado no fundo dos vales pela presença dos folhelhos cinzas da Formação Barreirinha, que são muito mais resistentes à erosão que as camadas arenosas da Formação Monte Alegre. O garimpo Painin desenvolve-se no fundo de um desses vales, cujas encostas apresentam diferentes altitudes e formas de relevo. Em uma seção aproximadamente leste-oeste, a encosta ou flanco da margem direita (oriental) apresenta-se escalonada, bastante íngreme, de topo plano, com altitude máxima de até 60 metros, enquanto a encosta ocidental é mais abaulada, semelhante a uma feição tipo "meia-laranja", com altitude média de 40 metros (Figura 05).

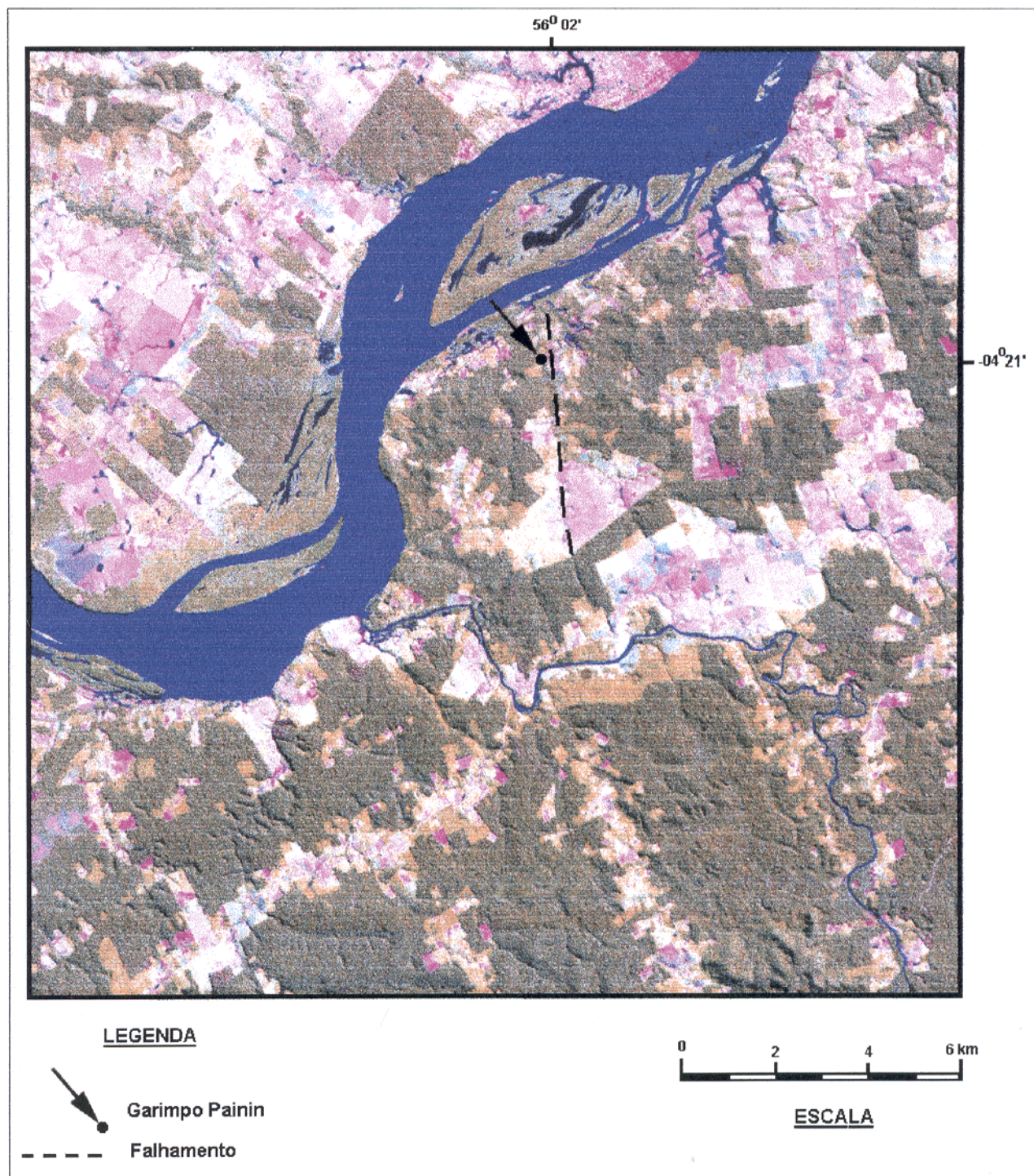


Figura 9: Imagem de satélite da região do Painin. Observar no centro da imagem o falhamento regional com direção aproximadamente N-S, que condicionou o paleovale, no qual se desenvolveu o garimpo.

4.3 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA E MINERALÓGICA DOS NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS DA FORMAÇÃO MONTE ALEGRE

Estão constituídos predominantemente por seixos e grânulos de quartzo e arenito, além de quartzitos, granitos e gnaisses. Apresentam arcabouço fechado, com os seixos sustentados por uma matriz arenosa-argilosa. Essa constituição litológica ocorre uniformemente em todos os níveis conglomeráticos da área do garimpo. Os constituintes minerais e litológicos desses níveis conglomeráticos serão descritos a seguir em ordem decrescente de importância:

- Fração $\varnothing > 4,00$ mm: quartzo, fragmentos de rocha (arenito, quartzito, granito e gnaisse).
- Fração 4,00 - 1,00 mm: quartzo e fragmentos de rocha (arenito, quartzito).
- Fração 1,00 - 0,500 mm: quartzo e turmalina.
- Fração 0,500 - 0,250 mm: quartzo, estaurolita e turmalina.
- Fração 0,250 - 0,062 mm: quartzo, zircão, turmalina, estaurolita, rutilo, anatásio e cianita.

4.3.1 Descrição dos minerais e fragmentos de rochas

O **quartzo** compõe aproximadamente 80 a 85% do nível conglomerático, variando de seixos a areia muito fina, nas variedades: hialino, leitoso, fumê, rosa, citrino, ametista e calcedônia. Os seixos são bem arredondados, baixa esfericidade, em formas "embolachadas" com até 20 cm de diâmetro. Nas granulometrias inferiores, constituindo a matriz do conglomerática, os grãos de quartzo apresenta-se mal selecionado e subanguloso a anguloso. Nessas frações menores observa-se a presença de cristais de quartzo bipiramidais hexagonais, com morfologia de quartzo β , e com inclusões micáceas identificadas por difração de raios X como flogopita.

Os **fragmentos de rocha** estão representados por: 1- **arenito** com até 15 cm de diâmetro maior, coloração vermelha a amarela esbranquiçada, arredondados e com baixo grau de esfericidade em formas "embolachadas". Alguns indivíduos apresentam estruturas primárias tipo S_0 , com alguns fraturamentos preenchidos por material calcedônico. Constituem cerca de 10% do nível conglomerático; 2- **granito** de coloração cinza esbranquiçado, arredondados, esféricos, com granulometria de 2 a 3 cm; compondo de 2 a 3% do conglomerado; 3- **quartzito** esbranquiçado, arredondado, esférico, com até 4 cm de diâmetro, não ultrapassando 2% do material conglomerático; 4- **gnaisse** com no máximo 3 cm de diâmetro, atingindo até 1% do nível conglomerático.

É provável que os seixos de quartzo e os fragmentos de rochas descritos para os níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre tenha como possível área-fonte os depósitos glaciais da Formação Curiri (principalmente os diamictitos) descrita por Daemon & Contreiras (1971), que em muitos casos apresenta o topo truncado pelas camadas basais da Formação Monte Alegre (Caputo 1984).

4.3.2 Minerais pesados

Foram identificados nas frações 1,00 - 0,500 mm; 0,500 - 0,250 mm e 0,250 - 0,062 mm, com exceção do zircão, anatásio e cianita, obtidos apenas nas frações 0,125 - 0,062 mm das amostras de concentrados de batéia.

Turmalina (dravita-schorlita), $(Mg,Na)_3Fe_3Al_6(Bo_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$, marrom avermelhada, intensamente fraturada, esférica e arredondada; subordinadamente prismática alongada.

Estaurolita, $(Fe,Mg)_4Al_{17}(Si,Al)_8O_{44}(OH)_4$, com coloração marrom clara às vezes marrom esverdeada. Os grãos são normalmente arredondados; hábitos prismáticos ocorrem apenas nas frações finas.

Rutilo, TiO_2 , avermelhado a amarelado, comumente em formas prismáticas e equidimensionais; secundariamente, cristais irregulares subarredondados a angulosos.

Zircão, $ZrSiO_4$, incolor a amarelado, subordinadamente rosado a levemente amarronzado. Os grãos incolores a amarelados são prismáticos, alongados, zonados, equidimensionais e com bordas arredondadas; os cristais rosados e amarronzado são arredondados, esféricos e menos freqüentes que os prismáticos.

Anatásio, TiO_2 , é raro, ocorre em grãos incolores nas tonalidades amarelada e azulada; são comuns grãos com hábitos prismáticos. As formas irregulares são menos freqüentes e exibem-se normalmente subarredondadas.

Cianita, Al_2SiO_5 , rara, incolor a azulada, prismática e com partição perpendicular ao seu maior comprimento.

4.4 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA E MINERALÓGICA DOS NÍVEIS DE CASCALHO COLÚVIO-ALUVIONARES DIAMANTÍFEROS

A mineralogia desses níveis diamantíferos é bastante complexa. E os diamantes, neles contidos, são normalmente acompanhados por uma gama de minerais pesados, denominados como acompanhantes/indicadores. Segundo os garimpeiros da região do Painin esses minerais são conhecidos como "forma", ou seja, estão sempre acompanhando os diamantes encontrados na região do garimpo. Com base no estudo de 20 amostras coletadas como indicado na figura 3-I, verificou-se que os constituintes mineralógicos desses níveis diamantíferos (o diamante será descrito em um capítulo a parte) são os seguintes em ordem decrescente de importância, segundo as frações:

- Fração $\varnothing > 4,00$ mm: quartzo, fragmentos de rocha (arenito, calcário, quartzito, granito, conglomerado e gnaiss), grupo da crandalita, fragmento de crosta laterítica ferruginosa.
- Fração 4,00-1,00 mm: quartzo, fragmentos de rocha (arenito, calcário e quartzito), grupo da crandalita, fragmento de crosta laterítica ferruginosa, córindon, topázio e diamante.
- Fração 1,00-0,500 mm: quartzo, grupo da crandalita, fragmento de crosta laterítica ferruginosa, turmalina, córindon, topázio e diamante.
- Fração 0,500-0,250 mm: quartzo, grupo da crandalita, estaurolita, turmalina, córindon, rutilo, diásporo, topázio, ouro e diamante.
- Fração 0,250-0,062 mm: quartzo, zircão, turmalina, estaurolita, rutilo, ouro, anatásio e cianita.

4.4.1 Descrição dos minerais e fragmentos de rochas

Quartzo. Constitui 60 a 65% das amostras analisadas. Os grãos e os seixos ocorrem nas mesmas formas (irregulares, morfologia de quartzo β e "embolachados"), granulometrias e variedades (hialino, leitoso, fumê, rosa, citrino, ametista e calcedônia) anteriormente descritas para os níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre. Os cristais com morfologia de quartzo β , também apresentam inclusões indicativas de flogopita, como observado em alguns cristais de mesma morfologia, contidos na matriz dos níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre (Figuras 10 e 11).

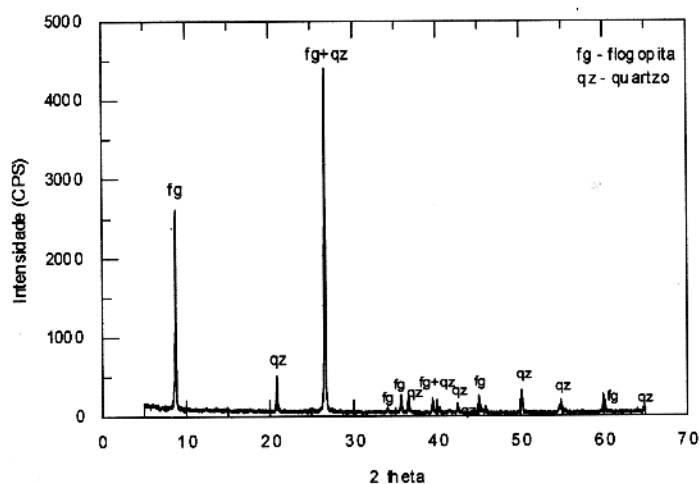


Figura 10: Difratoograma de raios X dos cristais de quartzo com morfologia de quartzo β contendo inclusões minerais indicativas de flogopita, pertencentes aos níveis cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

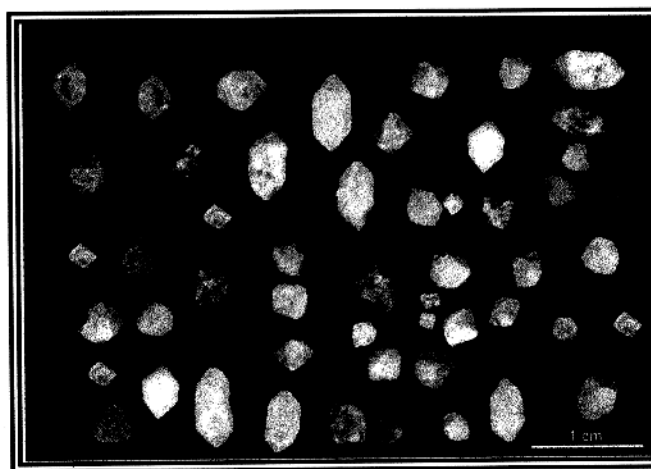


Figura 11: Cristais de quartzo. Observar a presença de alguns cristais com morfologia de quartzo β .

Os **fragmentos de rocha** são representados principalmente por: 1- **arenito** com as mesmas propriedades físicas anteriormente descritas para o arenito dos níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre, diferindo apenas na granulometria que não ultrapassa 10 cm de diâmetro. Constitui cerca de 10% do cascalho concentrado; 2- **calcário** cinza amarelado esbranquiçado com conchas fósseis e geodos de calcita. Ocorrem uniformemente ao longo da drenagem principal, na forma de seixos e blocos irregulares com até 1 metro de diâmetro maior e compõe aproximadamente 5% das amostras concentradas; 3- **quartzito, granito e gnaiss** também com as mesmas propriedades físicas e concentrações já descritas para os níveis

conglomeráticos da Formação Monte Alegre. 4- **conglomerado** marrom avermelhado, com até 20 cm de comprimento, arcabouço fechado, constituído por seixos de todas as litologias descritas anteriormente, sustentados por uma matriz arenosa e mal selecionada. Ocorre em concentrações de 1 a 2% das amostras de cascalho concentradas.

Esses fragmentos de rochas são possivelmente originados a partir do retrabalhamento dos arenitos e dos níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre, que afloram com frequência na área do garimpo Painin.

Fosfatos de alumínio $XY_3 (ZO_4)_2 (OH)_5 \cdot H_2O$ ou $XY_3 (ZO_4)_2 (OH)_6$, onde X = Ca, Ba, Sr, Pb, Bi, Th, U, Y, TR; Y = Al, Fe^{3+} ; Z = P, S, Si e As, representados por seixos cinza esverdeados, bem arredondados, compactos, com até 10 cm de diâmetro maior (Figura 12a); e grãos de areia média a grossa, mal selecionados e angulosos. Esses fosfatos representam 2 a 5% do cascalho concentrado estudado. Os seixos, no geral, apresentam três zonas concêntricas distintas: externa, intermediária e interna (Figura 12b). A zona externa apresenta cor cinza clara a marrom esverdeado, textura porosa e espessura de até 2 mm. A zona intermediária é marrom a cinza amarelada, linear e com espessura média de 1 mm. E a zona interna é cinza esverdeada a amarelada, microcristalina com textura microporosa a microcavernosa homogênea e estrutura coliforme; compõe aproximadamente 80 a 90 % dos seixos. Essas zonas são representadas por concentrações variadas de óxidos e hidróxidos de ferro, normalmente com as zonas mais externas apresentando os maiores teores. Em alguns locais a massa fosfática está alterada originando um material cinza esbranquiçado de contorno irregular, que em alguns casos ultrapassam 40% dos seixos. Observa-se, também, associados à massa fosfática raras inclusões e vênulas fosfáticas as quais, provavelmente representam uma segunda geração mal desenvolvida do grupo da crandalita. Verifica-se ainda a presença de minerais inclusos na massa fosfática representados por goethita, pirita ou marcassita e anatásio, compondo cerca de 1 a 2 % das amostras.

Os seixos menores (até 2 cm) são conhecidos localmente por "feijão" e segundo os garimpeiros locais sua presença é indicativa da ocorrência de diamante na região do garimpo (Figura 12c). Por apresentarem uma relação de afinidade com o diamante desse garimpo foram investigados em detalhe.

Esses fosfatos foram encontrados, primeiramente, no garimpo Painin por Helmet Höhn (estudante do curso de Pós-Graduação e membro do grupo de Mineralogia Aplicada da Amazônia da Universidade Federal do Pará).

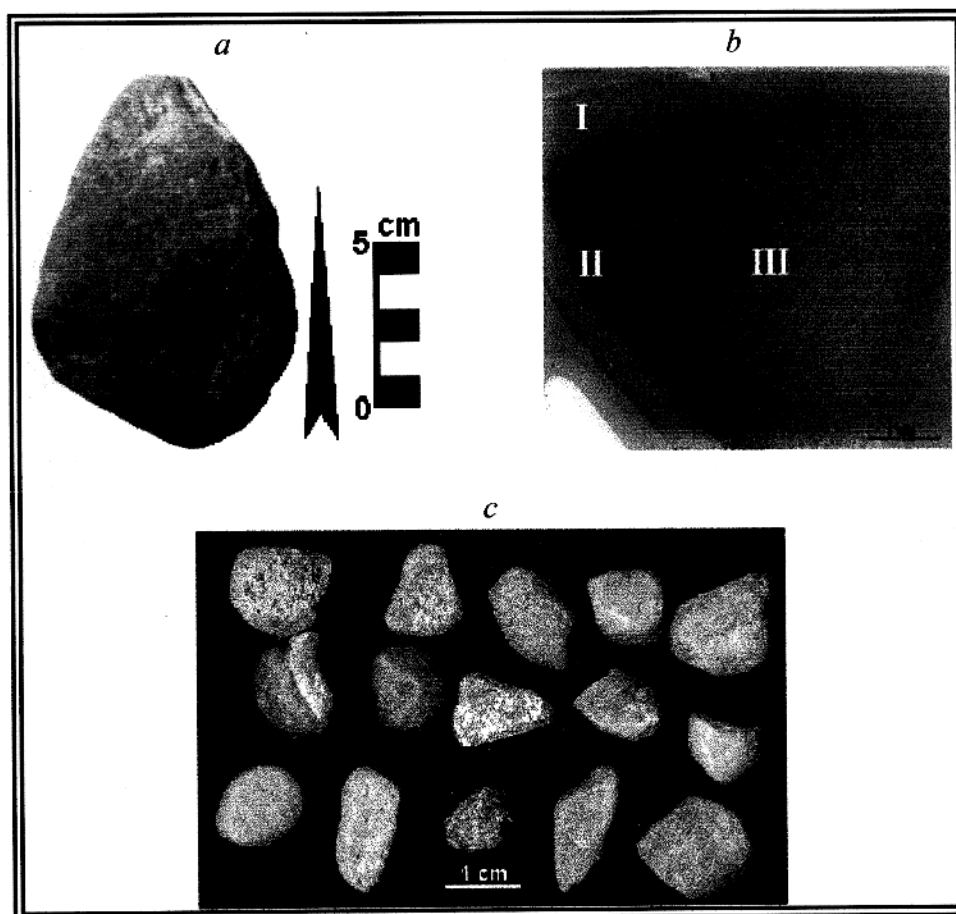


Figura 12: Seixos fosfáticos do grupo da crandalita dos níveis colúvio-aluvionares diamantíferos da região do Painin. *a* - Seixo com cerca de 10 cm diâmetro maior; *b* - Seção delgada de *a* (I, II e III correspondem as zonas externa, intermediária e interna, respectivamente); *c* - Seixos menores que ocorrem entre os principais minerais acompanhantes do diamante na área do garimpo.

O grupo da crandalita ocorre naturalmente na forma de soluções sólidas, constituídas por dois ou mais de seus membros. Combinações ou membros isolados entre os constituintes dessas soluções são encontrados em várias partes do mundo, como por exemplo: florencitas e goyazitas nos carbonatitos de Nyasaland, Jangnyka e Kenya (Mckie 1962³ *apud* Lemos & Costa 1987); florencita em Bicas, MG, Zaire, Sayan, Sibéria, Urais, Namíbia (Svisero *et al.* 1984); crandalita

³ MCKIE, D. 1962. Goyazite and florencite from two African Carbonatites. *Min. Mag.* 33:281-297.

na região de Santa Luzia (Oliveira 1978 e Oliveira & Schwab 1980) e na África Ocidental (Flicoteaux & Lucas 1983⁴ *apud* Lemos & Costa 1987). O grupo da crandalita tem a capacidade de formar soluções, envolvendo elementos de raios iônicos grandes, como Sr, Ba, Pb, U, Th e TR.

Os fosfatos da região do Painin segundo os dados da difração de raios X correspondem de fato ao grupo da crandalita (Figura 13).

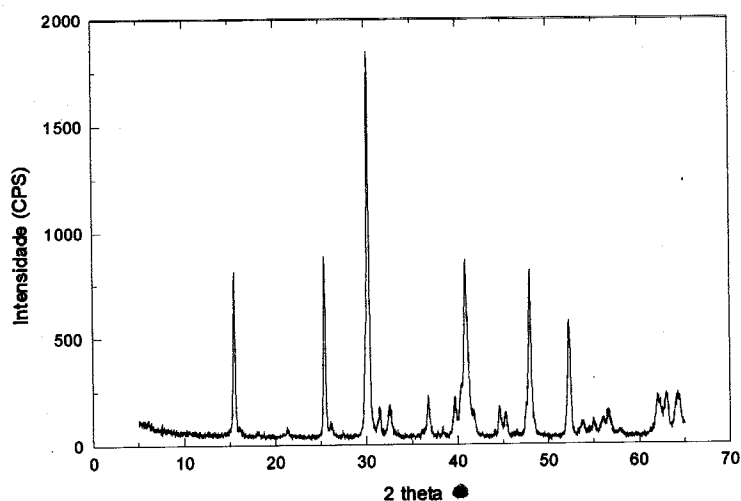


Figura 13: Difratoograma de raios X dos fosfatos do grupo da crandalita contidos nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

As análises químicas obtidas para rocha total mostram que esses fosfatos são representados por 91,3 a 97,3% da solução (série) goyazita-florencita-gorceixita-crandalita. A proporção entre os membros é variável, tendo sempre a goyazita como membro dominante, com concentração variando de 52,7% a 64,3%, seguida pela florencita (10,5% a 19,4%), gorceixita (8,2% a 16,7%) e crandalita (8,8% a 14,7%) (Tabela 4).

Os resultados de cinco amostras desses mesmos fosfatos analisadas por microsonda eletrônica mostram que a série goyazita-florencita-gorceixita-crandalita apresenta concentrações entre 82 e 87,1%, mantendo-se a goyazita como membro dominante (52,4% a 53,6%), seguindo-se a florencita (8,3% a 12,3%), gorceixita (7,7% a 15,6%) e crandalita (9,3% a 10,9%). Essas concentrações estão nas mesmas ordens de grandezas das obtidas para rocha total (Tabela 5).

⁴ FLICOTEAUX, R. & LUCAS, J. 1983. Weathering of phosphate minerals. In: J. O. Nriagu & P. B. Moore (eds). *Phosphat Minerals*. Berlin, Spring-Verlag, p.292-315.

Tabela 4: Abundância (% em peso) do grupo da crandalita e fórmula mínima calculada a partir dos resultados da FRX em seixos da região do Painin.

| Amostra | Total de fosfato na amostra | Fórmula mínima (calculada) |
|---------|-----------------------------|---|
| P-1 | 92,4 | Gz _{57,4} Fl _{17,3} Gx _{8,2} Cn _{9,6} |
| P-2 | 96,7 | Cz _{61,6} Fl _{14,3} Gx _{11,9} Cn _{8,9} |
| P-3 | 93,2 | Cz _{55,9} Fl _{14,0} Gx _{13,0} Cn _{10,3} |
| P-4 | 93,3 | Cz _{52,7} Fl _{13,6} Gx _{12,3} Cn _{14,8} |
| P-5 | 95,1 | Cz _{59,5} Fl _{11,9} Gx _{13,4} Cn _{10,3} |
| P-6 | 91,3 | Cz _{55,9} Fl _{14,3} Gx _{11,5} Cn _{9,6} |
| P-7 | 96,6 | Cz _{58,0} Fl _{10,8} Gx _{16,7} Cn _{11,1} |
| P-29 | 94,1 | Cz _{61,7} Fl _{15,4} Gx _{8,2} Cn _{8,9} |
| P-30 | 94,8 | Cz _{60,6} Fl _{11,2} Gx _{12,7} Cn _{10,3} |
| P-31 | 95,3 | Cz _{61,5} Fl _{14,5} Gx _{10,5} Cn _{8,9} |
| P-35 | 96,6 | Cz _{60,0} Fl _{10,6} Gx _{16,4} Cn _{9,6} |
| P-37 | 96,4 | Cz _{59,0} Fl _{15,1} Gx _{12,7} Cn _{9,6} |
| P-39 | 97,3 | Cz _{61,1} Fl _{15,8} Gx _{10,8} Cn _{9,6} |
| P-45 | 94,3 | Cz _{52,7} Fl _{19,4} Gx _{11,9} Cn _{10,3} |
| Média | 94,8 | Cz _{58,4} Fl _{14,2} Gx _{12,1} Cn _{10,1} |

Gz - goyazita Fl - florencita Cn - crandalita Gx - gorceixita

Tabela 5: Abundância (% em peso) do grupo da crandalita e fórmula mínima dos seixos do garimpo Painin, obtidos por análises de WDS.

| Amostra | Total de fosfato na amostra | Fórmula mínima (calculada) |
|---------|-----------------------------|---|
| P-1 | 82 | Gz _{52,7} Fl _{12,3} Gx _{7,7} Cn _{9,3} |
| P-5 | 85,7 | Cz _{53,3} Fl _{10,0} Gx _{12,7} Cn _{9,7} |
| P-35 | 87,1 | Cz _{53,6} Fl _{8,3} Gx _{15,6} Cn _{9,6} |
| P-37 | 87 | Cz _{52,4} Fl _{10,9} Gx _{12,8} Cn _{10,9} |
| Média | 85,5 | Cz _{53,0} Fl _{10,2} Gx _{12,2} Cn _{9,9} |

Gz - goyazita Fl - florencita Cn - crandalita Gx - gorceixita

A abundância com base nos resultados das análises químicas obtidas por FRX mostram que os fosfatos constituem em média 94,8% das amostras, seguido por anatásio (2,1%), goethita

+ pirita (1,7%) e caulinita (0,5%) (Tabela 6). Já a abundância determinada a partir dos resultados das análises por microsonda eletrônica indica que esses mesmos fosfatos são constituídos em média por 85,5% do grupo da crandalita; 0,4% de anatásio; 0,8% de goethita + pirita e 0,7% de caulinita (Tabela 7). A abundância do grupo da crandalita determinada a partir de WDS é inferior a 10% se comparada com a obtida por FRX, sendo observada as seguintes diferenças entre os membros da série: gorcexita (5,4%), florencita (4%), goyazita (-0,1%) e crandalita (0,2%). Apesar das maiores variações na abundância serem observadas entre os dois membros principais da solução, pode-se considerar que as amostras de seixos do grupo da crandalita aqui estudadas são homogêneas. Deve-se ressaltar que o único ETR analisado por WDS foi o Ce_2O_3 , resultando na menor abundância do membro florencita, com base nesse método.

Tabela 6: Abundância mineralógica (% em peso) dos fosfatos do Painin, com base nas análises químicas por FRX.

| Amostra | Grupo da crandalita | Anatásio | Goethita e pirita | Caulinita | Total |
|---------|---------------------|----------|-------------------|-----------|-------|
| P-1 | 92,4 | 2,7 | 1,5 | 1,0 | 97,6 |
| P-2 | 96,7 | 1,9 | 0,8 | 0,6 | 100,0 |
| P-3 | 93,2 | 1,7 | 1,8 | 0,2 | 96,9 |
| P-4 | 93,3 | 2,5 | 2,0 | 0,3 | 98,1 |
| P-5 | 95,1 | 2,3 | 2,8 | 0,2 | 100,4 |
| P-6 | 91,3 | 2,0 | 1,4 | 0,3 | 95,0 |
| P-7 | 96,6 | 1,7 | 0,7 | 0,2 | 99,2 |
| P-29 | 94,1 | 2,0 | 3,7 | 0,5 | 100,3 |
| P-30 | 94,8 | 1,9 | 2,5 | 0,6 | 99,8 |
| P-31 | 95,3 | 1,4 | 2,3 | 1,4 | 100,4 |
| P-35 | 96,6 | 2,3 | 1,4 | 0,2 | 100,5 |
| P-37 | 96,4 | 2,8 | 0,8 | 0,3 | 100,3 |
| P-39 | 97,3 | 1,8 | 1,2 | 0,4 | 100,7 |
| P-45 | 94,3 | 2,0 | 1,2 | 0,9 | 98,4 |

Tabela 7: Abundância mineralógica (% em peso) dos fosfatos do Painin, com base em WDS.

| Amostra | Grupo da crandalita | Anatásio | Caulinita | Goethita e Pirita | Total |
|---------|---------------------|----------|-----------|-------------------|-------|
| P-1 | 82 | | 1,1 | 0,9 | 84 |
| P-5 | 85,7 | 0,1 | | 1,1 | 86,9 |
| P-35 | 87,1 | | | 0,5 | 87,6 |
| P-37 | 87 | 0,6 | 0,2 | 0,7 | 88,5 |

As concentrações químicas obtidas por FRX e WDS mostram que os seixos de fosfatos da região do Painin apresentam teores dos elementos praticamente constante em todas as

amostras analisadas (Tabelas 8 e 9 e Figura 14). A composição química determinada a partir dos resultados das análises químicas totais e por microsonda eletrônica mostram que as pequenas variações existentes entre os membros da série goyazita-florencita-gorceixita-crandalita ocorrem principalmente entre SrO e TR₂O₃ (Figura 15). As concentrações de Ti e Fe como mencionado anteriormente, estão relacionadas a minerais acessórios inclusos na massa fosfática, identificados e analisados por MEV-EDS como: pirita ou marcassita, anatásio e goethita (Figura 16).

Tabela 8: Composição química das amostras de fosfato da área do Painin obtidas por FRX.

| Amostra | % | | | | | | | | | | | | | | Total |
|---------|-----|-------------------|-------|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|-------|------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-------|-------|
| | CaO | Na ₂ O | SrO | BaO | TR ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | MgO | MnO | K ₂ O | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | P.F. | |
| P-1 | 1,3 | -0,01 | 12,89 | 2,46 | 5,95* | 29,8 | 0,46 | -0,01 | 0,01 | 0,05 | 1,50 | 2,70 | 20,3 | 17,26 | 94,64 |
| P-2 | 1,2 | -0,01 | 13,84 | 3,57 | 5,28* | 29,4 | 0,26 | -0,01 | -0,01 | 0,02 | 0,81 | 1,90 | 20,3 | 16,65 | 93,53 |
| P-3 | 1,4 | -0,01 | 12,54 | 3,91 | 5,10* | 29,7 | 0,10 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | 1,80 | 1,70 | 20,4 | 17,08 | 93,68 |
| P-4 | 2,0 | -0,01 | 11,83 | 3,68 | 5,05* | 29,3 | 0,14 | -0,01 | 0,09 | 0,06 | 2,00 | 2,50 | 20,1 | 17,38 | 94,11 |
| P-5 | 1,4 | -0,01 | 13,36 | 4,02 | 4,44* | 29,1 | 0,09 | -0,01 | 0,02 | 0,02 | 2,80 | 2,30 | 20,4 | 17,32 | 95,25 |
| P-6 | 1,3 | -0,01 | 12,54 | 3,46 | 5,28* | 29,4 | 0,13 | -0,01 | -0,01 | 0,01 | 1,40 | 2,00 | 20,5 | 18,03 | 94,01 |
| P-7 | 1,5 | -0,01 | 13,01 | 5,02 | 4,19* | 29,9 | 0,09 | -0,01 | -0,01 | 0,01 | 0,69 | 1,70 | 21,3 | 17,60 | 94,98 |
| P-29 | 1,2 | -0,01 | 13,84 | 2,46 | 4,92** | 29,6 | 0,25 | -0,10 | -0,01 | 0,01 | 3,70 | 2,00 | 19,5 | 18,62 | 96,33 |
| P-30 | 1,4 | -0,01 | 13,60 | 3,8 | 3,57** | 30,3 | 0,26 | -0,01 | -0,01 | 0,03 | 2,50 | 1,90 | 19,8 | 18,00 | 95,13 |
| P-31 | 1,2 | -0,01 | 13,80 | 3,14 | 4,83** | 30,5 | 0,67 | -0,01 | 0,01 | 0,03 | 2,30 | 1,40 | 20,1 | 17,55 | 96,54 |
| P-35 | 1,3 | -0,01 | 13,48 | 4,91 | 3,37** | 30,1 | 0,09 | -0,01 | 0,05 | 0,02 | 1,40 | 2,30 | 20,7 | 17,56 | 95,26 |
| P-37 | 1,3 | -0,01 | 13,24 | 3,8 | 4,81** | 30,4 | 0,16 | -0,01 | -0,01 | 0,01 | 0,81 | 2,80 | 20,7 | 17,43 | 96,13 |
| P-39 | 1,3 | -0,01 | 13,72 | 3,14 | 5,04** | 30,5 | 0,20 | -0,01 | 0,01 | 0,02 | 1,20 | 1,80 | 20,7 | 16,24 | 93,60 |
| P-45 | 1,4 | -0,01 | 11,83 | 3,57 | 6,21** | 29,9 | 0,43 | -0,01 | 0,01 | 0,10 | 1,20 | 2,00 | 19,7 | 17,38 | 93,71 |
| Média | 1,4 | -0,01 | 13,11 | 3,64 | 4,86 | 29,9 | 0,24 | -0,02 | 0,01 | 0,03 | 1,72 | 2,07 | 20,3 | 17,48 | 94,82 |

| Amostra | ppm | | | | | | | | | | |
|---------|------|-----|-----|----|-------|----|----|----|-----|----|-------|
| | F | Y | Nb | Ga | Pb | Co | Cu | Mo | V | Th | S |
| P-1 | 2000 | na | na | na | 3451 | 65 | 58 | 47 | 227 | 49 | >5000 |
| P-2 | 2300 | na | na | na | 745 | 30 | 42 | 44 | 238 | 38 | >5000 |
| P-3 | 2200 | 352 | -20 | 50 | 741 | 38 | 54 | 45 | 247 | 46 | >5000 |
| P-4 | 2900 | 356 | -20 | 31 | 389 | 44 | 77 | 40 | 304 | 48 | >5000 |
| P-5 | 2300 | 319 | -20 | 55 | 1117 | 45 | 80 | 39 | 349 | 55 | >5000 |
| P-6 | 2100 | 316 | -20 | 59 | 995 | 44 | 47 | 35 | 149 | 66 | >5000 |
| P-7 | 2800 | 457 | -20 | 51 | 570 | 36 | 64 | 41 | 222 | 77 | >5000 |
| P-29 | 1500 | na | na | na | 831 | 26 | 50 | 32 | 208 | na | na |
| P-30 | - | na | na | na | 349 | 59 | 60 | 36 | 203 | na | na |
| P-31 | 2100 | na | na | na | 339 | 33 | 53 | 45 | 192 | na | na |
| P-35 | 2600 | na | na | na | 716 | 40 | 54 | 40 | 262 | na | na |
| P-37 | 1750 | na | na | na | 190 | 39 | 60 | 39 | 226 | na | na |
| P-39 | 1800 | na | na | na | 529 | 26 | 44 | 42 | 155 | na | na |
| P-45 | 2400 | na | na | na | 1262 | 37 | 82 | 37 | 287 | na | na |
| Média | 2212 | 360 | -20 | 49 | 87314 | 39 | 58 | 40 | 234 | 54 | >5000 |

P.F. perda ao fogo -0,01 menor que na não analisado >5000 maior que

* ETR determinados - Ce, La, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb e Lu.

** ETR determinados - Ce e La.

Tabela 9: Composição química das amostras de fosfato da área do Painin, com base em WDS.

| Amostra | % | | | | | | | | | | | | | Total |
|---------|--------------|-------------------|---------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|-------|
| | CaO | Na ₂ O | SrO | BaO | Ce ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | MgO | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | SO ₃ | H ₂ O | |
| P-1 | 1,26 (7) | 0,04 (7) | 11,80 (7) | 2,32 (7) | 3,93 (7) | 30,5 (7) | 0,43 (7) | - (7) | 0,90 (7) | - (7) | 31,00 (7) | na (7) | na (7) | 82,18 |
| P-5 | 1,35 (14) | 0,02 (14) | 11,96 (14) | 3,81 (14) | 3,19 (14) | 31,05 (14) | - (14) | 0,01 (14) | 1,13 (14) | 0,01 (4) | 31,65 (14) | 6,24 (8) | na (8) | 90,42 |
| P-35 | 1,30 (8) | 0,02 (8) | 12,04 (8) | 4,68 (8) | 2,66 (8) | 31,42 (8) | - (8) | 0,01 (8) | 0,54 (8) | - (8) | 31,98 (8) | 5,81 (8) | na (8) | 90,46 |
| P-37 | 1,47 (17) | 0,02 (17) | 11,77 (17) | 3,85 (17) | 3,23 (17) | 30,64 (17) | 0,07 (17) | 0,01 (17) | 0,71 (17) | 0,59 (9) | 30,58 (17) | 5,95 (9) | na (9) | 89,05 |
| Média | 1,35 | 0,03 | 11,89 | 3,67 | 3,29 | 30,90 | 0,25 | 0,01 | 0,82 | 0,30 | 31,30 | 6,00 | na | 89,81 |

| Amostra | ppm | | | | |
|---------|------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| | Y | Nb | Pb | Th | U |
| P-1 | - (7) | 2412 (7) | 371 (7) | 264 (7) | 88 (7) |
| P-5 | 79 (10) | 2726 (14) | - (14) | 967 (14) | 529 (14) |
| P-35 | - (8) | 2167 (8) | 371 (8) | 439 (8) | 264 (8) |
| P-37 | 79 (8) | 2412 (17) | - (17) | 176 (17) | 88 (17) |
| Média | 39,5 | 2412 | 185,5 | 461,5 | 242,3 |

P.F. perda ao fogo na não analisado (5) Número de análises por amostra.

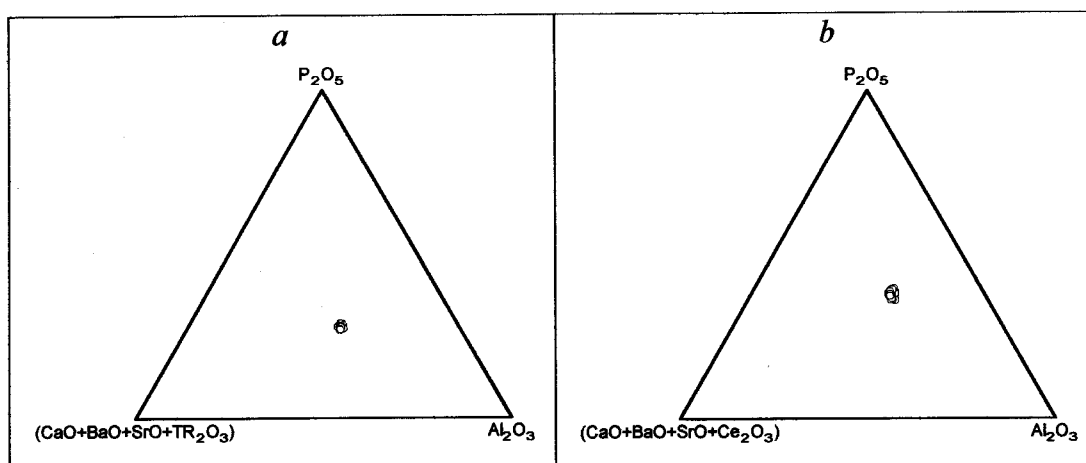


Figura 14: Diagrama Al₂O₃ x P₂O₅ x (CaO+BaO +SrO +TR₂O₃) indicando a composição química do grupo da crandalita da área do garimpo Painin. a e b - Resultados obtidos por 14 análises de FRX e 48 análises de WDS, respectivamente

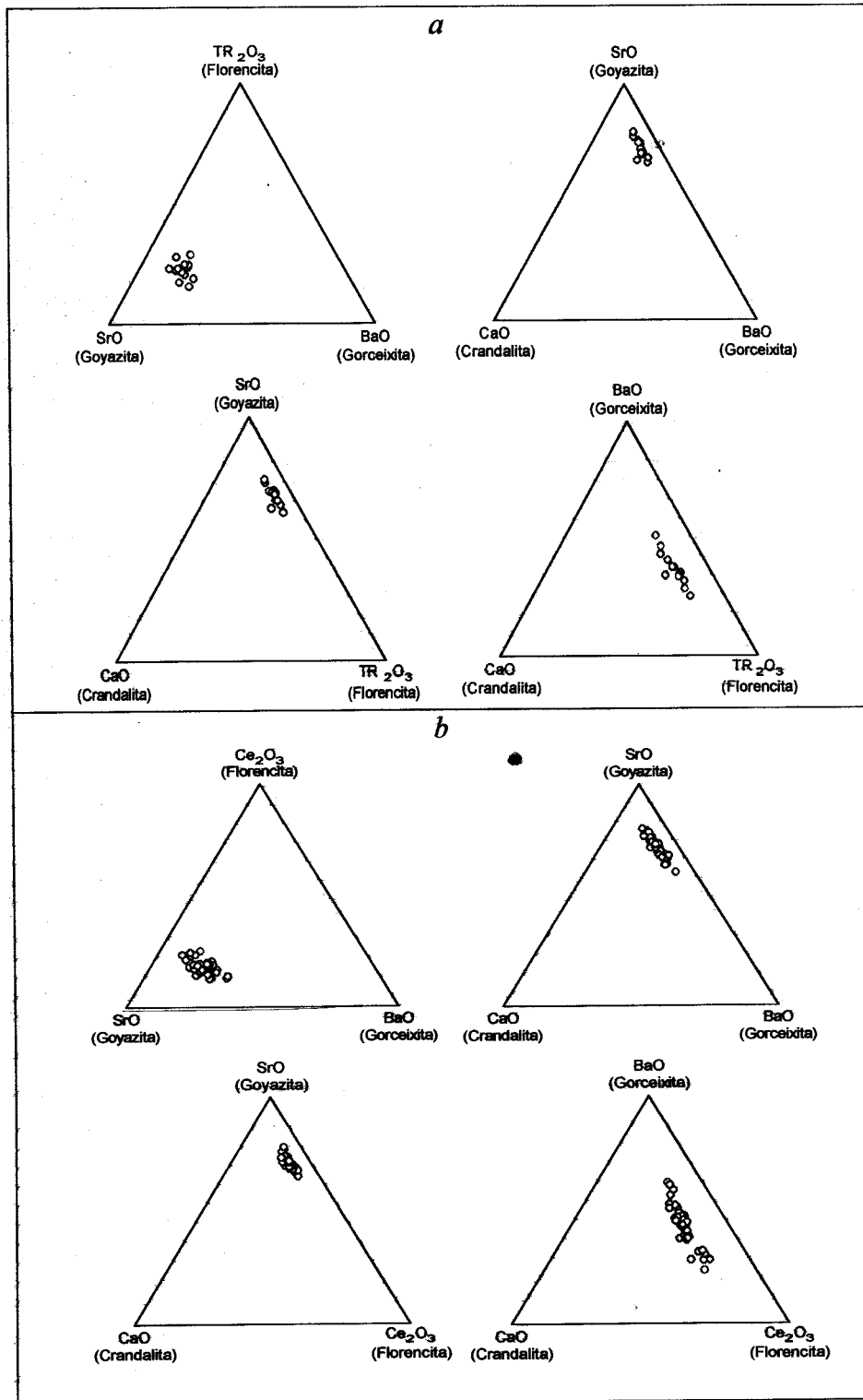


Figura 15: Variação da composição química da solução sólida goyazita-florencita-gorceixita-crandalita em seixos fosfáticos da região do garimpo Painin. *a* e *b* - Resultados obtidos por 14 análises de FRX e 48 análises de WDS, respectivamente.

Comparando-se os fosfatos do garimpo Painin com os dados da literatura, conforme ilustra a tabela 10, observa-se que são quimicamente diferentes das demais localidades. As maiores diferenças estão principalmente entre BaO, SrO, CaO e TR₂O₃ com destaque para os dois primeiros que estão mais concentrados em Painin; A presença de SO₃ é devido a substituição iônica do S⁶⁺ por P⁵⁺ nas amostras da região do Painin e Itacupim. Entretanto, as concentrações do enxofre são mais elevadas nas amostras aqui estudadas. Outros elementos com teores anômalos são: Pb, U, Th, Co, V, Mo, Nb, Ga, Y e F, em destaque Pb, U, Th, Mo, Nb, Y e F que são enriquecidos mais de dez vezes em Painin (Tabela 11). A concentração do cobre determinada para a região do Painin é inferior apenas as obtidas por Fairbridge (1972) para a média crustal e por Costa (1982) ao estudar a região de Pirocaua (Tabela 11).

Tabela 10: Composição química média das amostras de fosfato da região do garimpo Painin comparadas com aquelas de outras localidades.

| % Peso | Painin ¹ | Painin ² | Maicuru ³ | Malawi ⁴ | Diamantina ⁵ | Sayan ⁶ | Urais ⁷ | Gurupi ⁸ | Itacupim ⁹ | Jandiá ¹⁰ |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Al ₂ O ₃ | 29,90 | 30,90 | 23,60 | 29,80 | 32,00 | 34,49 | 24,39 | 31,40 | 20,86 | 22,2 |
| SiO ₂ | 0,24 | 0,25 | | | | | | | 6,64 | 32,2 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,27 | 0,82 | 2,72 | | | 1,41 | 1,46 | 4,90 | 39,21 | 7,00 |
| MgO | 0,01 | 0,01 | 0,15 | | 2,30 | 0,81 | 0,38 | | | 0,07 |
| CaO | 1,40 | 1,35 | 2,86 | 1,60 | 0,40 | | 1,50 | 6,20 | 2,59 | 3,00 |
| BaO | 3,64 | 3,67 | | 0,10 | | | | | | 0,02 |
| SrO | 13,11 | 11,89 | 0,55 | 9,00 | | 7,87 | | 5,00 | 1,39 | 1,52 |
| Na ₂ O | 0,01 | 0,03 | 0,20 | | | | | | 0,62 | 1,50 |
| TR ₂ O ₃ | 4,86 | 3,38 | 19,82 | 17,60 | 28,40 | 19,19 | 31,69 | | | 0,03 |
| P ₂ O ₅ | 20,30 | 31,30 | 26,20 | 26,00 | 28,60 | 23,28 | 27,27 | 30,30 | 13,00 | 18,20 |
| TiO ₂ | 2,07 | 0,30 | 2,28 | | | | | | 0,49 | 0,6 |
| SO ₃ | > 1,20 | 6,00 | | | | | | | 0,99 | |
| H ₂ O | na | na | 16,32 | 12,90 | na | 11,11 | 11,46 | 17,2 | na | |
| Tatal | 78,01 | 89,9 | 94,70 | 97,00 | 91,70 | 98,16 | 98,15 | 95,00 | 85,79 | 86,34 |

1 Grupo da crandalita, média de 14 análises por FRX (neste trabalho).

2 Grupo da crandalita, média de 48 análises por WDS (neste trabalho).

3 Fosfatos lateríticos da região de Maicuru (Lemos & Costa 1987).

4, 5, 6 e 7 Florencitas das regiões de Malawi, Diamantina, Sayan e Urais, respectivamente (Svisero *et al.* 1984).

8 Fosfatos lateríticos da região do Gurupi (Costa 1982).

9 Horizonte fosfático da região de Itacupim (Oliveira 1980).

10 Fosfatos lateríticos da região de Jandiá (Costa 1990c).

> 1,2 maior que.

Tabela 11: Correlação entre as concentrações médias dos elementos traços na crosta terrestre, amostras de seixos fosfáticos da região do garimpo Painin e de horizontes fosfáticos de outras localidades.

| | Média Crustal ¹ | Painin ² | Painin ³ | Pirocaua ⁴ | Trauíra ⁵ | Jandiá ⁶ | Itacupim ⁷ |
|----|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Pb | 13 | 873* | 185,5* | 8 | 65 | 18 | 13 |
| U | 2,3 | na | 242,3* | 1-26 | | | |
| Th | 8 | 54 | 461,5* | na | | | |
| Co | 29 | 39 | na | 2 | | 1 | 3 |
| Cu | 68 | 59 | na | 54 | 5 | 12 | 113 |
| V | 136 | 234 | na | 806 | | 222 | 567 |
| Mo | 1,2 | 40* | na | 25* | | 4 | 21* |
| Nb | 20 | -20 | 2412* | na | 237 | 91 | 133 |
| Ga | 19 | 49 | na | 63 | | 31 | 52 |
| Y | 31 | 360* | 39,5 | 117 | | 16 | 232 |
| F | 544 | 2212* | na | | | | |

1 Segundo Fairbridge (1972).

2 Grupo da crandalita, média de 14 análises por FRX (neste trabalho).

3 Grupo da crandalita, média de 48 análises por WDS (neste trabalho).

4 e 5 Fosfatos lateríticos da região do Pirocaua e Trauíra, respectivamente (Costa 1982).

6 Fosfatos lateríticos da região de Jandiá (Costa 1990c).

7 Horizonte fosfático da região de Itacupim (Oliveira 1980).

Os valores em negrito estão acima da média crustal.

* Valores enriquecidos mais de 10X em relação a média crustal.
na não analisado

Ao analisar as concentrações dos elementos terras raras das amostras de fosfato da região do Painin apresentadas na Tabela 12 observa-se que as concentrações variam de 0,60 a 30,000 ppm, com os respectivos teores médios: Ce (26351,21), La (10891,79), Nd (7707,571), Sm(796,86), Eu (147,43), Tb (50,29), Yb (13,34), Lu(1,32).

É evidente o domínio dos terras raras leves (TRL) sobre os pesados (TRP) em uma relação média de 674,93, variável de 473,57 a 962,89 (Tabela 13). Isso mostra que, de modo geral, a florencita tende a restringir-se aos terras raras Ce, La, Nd, Sm, Eu e Tb, perfazendo de 99,95 a 100% do total dos terras raras.

As curvas de distribuição dos terras raras, para os fosfatos da região do Painin, normalizadas em relação aos condritos, de Evensen *et al.*, (1978), ilustrada na Figura 17, apresentam um padrão com valores superiores aos apresentados por Costa (1982) para a região de Gurupi, e Lemos & Costa (1987) ao referir-se aos fosfatos de Maicuru.

Tabela 12: Concentração dos terras raras (ppm) em amostras de seixo fosfáticos do garimpo Painin.

| Amostra | La | Ce | Nd | Sm | Eu | Tb | Yb | Lu |
|---------|-------|-------|------|-----|-----|----|-------|------|
| P-1 | 12634 | 29090 | 8026 | 764 | 134 | 33 | 19,00 | 0,60 |
| P-2 | 10623 | 24810 | 8454 | 845 | 150 | 49 | 11,70 | 1,07 |
| P-3 | 10336 | 24097 | 8135 | 769 | 139 | 52 | 11,00 | 1,22 |
| P-4 | 10750 | 24057 | 7484 | 685 | 123 | 50 | 13,80 | 2,10 |
| P-5 | 8811 | 21188 | 6954 | 776 | 151 | 53 | 12,00 | 1,52 |
| P-6 | 10924 | 24926 | 8038 | 935 | 179 | 56 | 10,90 | 1,18 |
| P-7 | 8207 | 19749 | 6862 | 804 | 156 | 59 | 15,00 | 1,55 |
| P 29 | 12000 | 30000 | na | na | na | na | na | na |
| P 30 | 8400 | 22000 | na | na | na | na | na | na |
| P 31 | 13000 | 30000 | na | na | na | na | na | na |
| P 35 | 7800 | 21000 | na | na | na | na | na | na |
| P 37 | 12000 | 29000 | na | na | na | na | na | na |
| P 39 | 12000 | 31000 | na | na | na | na | na | na |
| P 45 | 15000 | 38000 | na | na | na | na | na | na |
| Média | 10892 | 26351 | 7708 | 797 | 147 | 50 | 13,3 | 1,32 |

na não analisado

Tabela 13: Razões geoquímicas dos terras raras em amostras de seixo de fosfato da região do garimpo do Painin.

| Amostra | Σ TR (ppm) | Σ TRL (ppm) | Σ TRP (ppm) | Σ TRL/ Σ TRP |
|---------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| P-1 | 50700,60 | 50648 | 52,60 | 962,89 |
| P-2 | 44943,77 | 44882 | 61,77 | 726,60 |
| P-3 | 43540,22 | 43476 | 64,22 | 676,99 |
| P-4 | 43164,90 | 43099 | 65,90 | 654,01 |
| P-5 | 37946,52 | 37880 | 66,52 | 569,45 |
| P-6 | 45070,08 | 45002 | 68,08 | 661,02 |
| P-7 | 35853,55 | 35778 | 75,55 | 473,57 |
| Média | 43031,38 | 42966,43 | 64,95 | 674,93 |

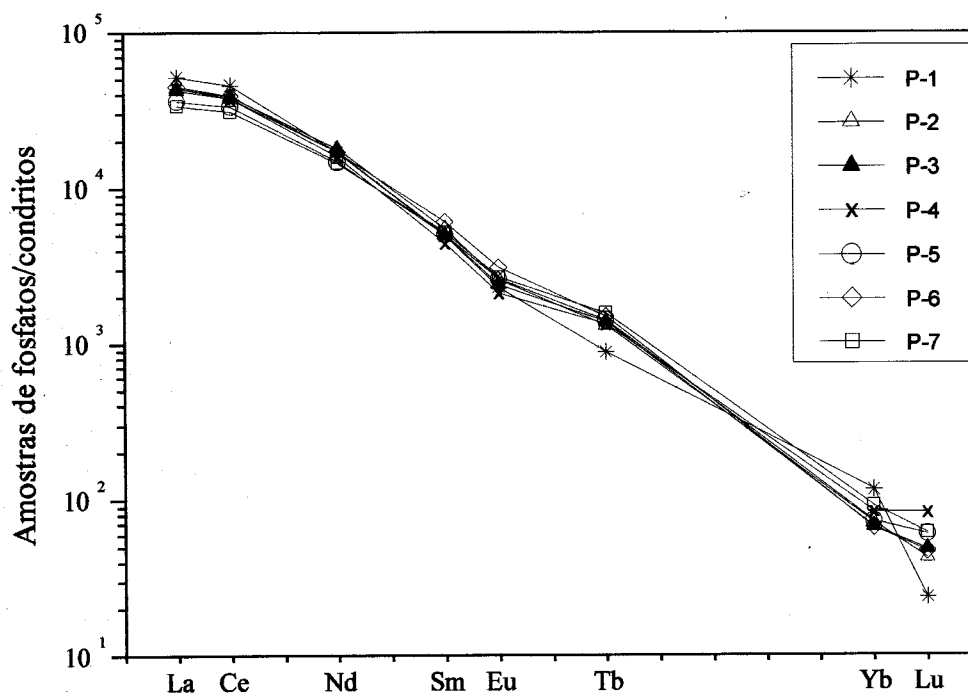


Figura 17: Curvas normalizadas em relação aos condritos, para os terras raras das amostras de seixos de fosfato do garimpo Painin.

Fragmentos de crosta laterítica ferruginosa, marrom amarelados a marrom avermelhados levemente esbranquiçados, no tamanho areia até concreções colunares de 10 cm de comprimento, compondo cerca de 2 a 3% das amostras do cascalho lavado. São constituídos, segundo difração de raios X, principalmente por quartzo, caulinita, hematita e goethita (Figura 18).

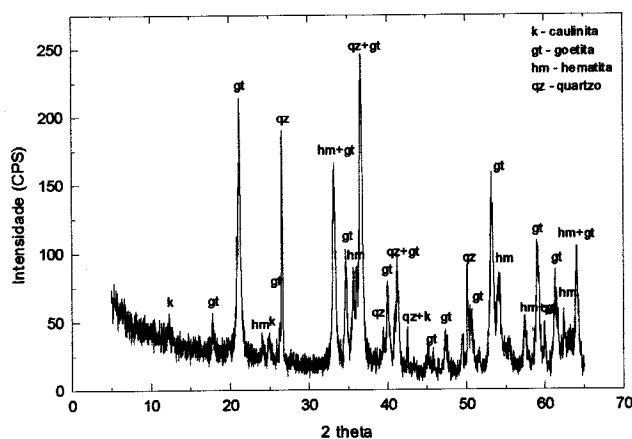


Figura 18: Difratoograma de raios X de fragmentos de crosta laterítica (frações $\varnothing > 0,500 \text{ mm}$) contidos nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

4.4.2 Minerais pesados

Esses minerais foram identificados nas mesmas frações conforme descrito no item 4.4.

Estaurolita, $(\text{Fe},\text{Mg})_4\text{Al}_{17}(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{44}(\text{OH})_4$, marrom avermelhada a preta levemente esbranquiçada, irregular, brilho vítreo, angulosa a muito angulosa, raramente subangulosa e prismática (Figuras 19 e 20). Nas frações inferiores, é marrom clara a marrom esverdeada e arredondada. Constituem 2 a 3% no cascalho diamantífero concentrado. É conhecida pelos garimpeiros locais como "chicória" e segundo estes, sua ocorrência pode indicar a presença do diamante, na área do garimpo.

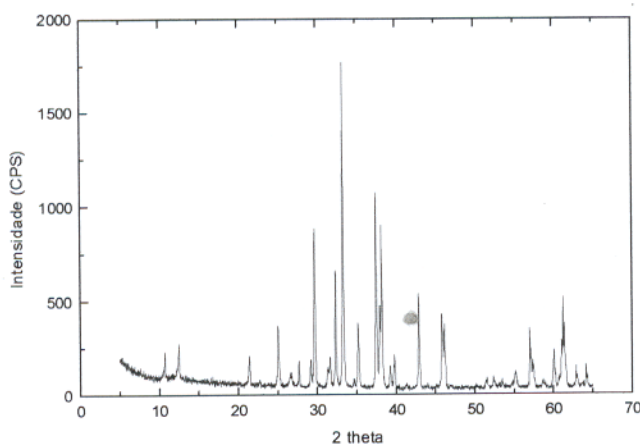


Figura 19: Difratograma de raios X da estaurolita da fração pesada (0,500–0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

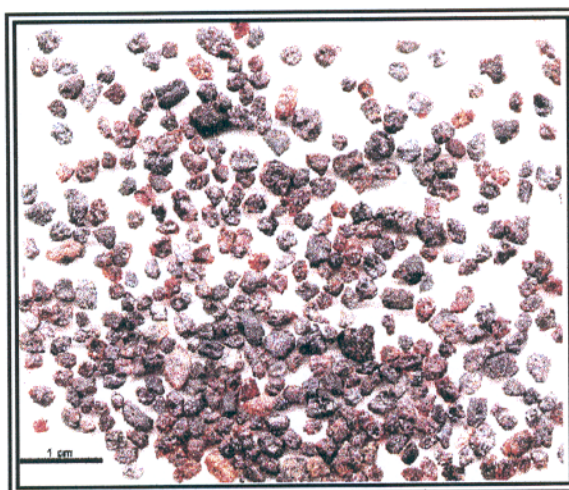


Figura 20: Estaurolitas da fração pesada (0,500–0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

Turmalina (dravita-schorlita) $(\text{Mg,Na})\text{Fe}_3\text{Al}_6(\text{Bo}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$, (elbaita-schorlita) $(\text{Na,Fe})(\text{Li,Al})_3\text{Al}_6(\text{Bo}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$, marrom escura a preta levemente acinzentada, às vezes verde-oliva ou cinza azulada, em grãos arredondados a bem arredondados, esféricos e subordinaadamente cristais prismáticos com brilho vítreo a sedoso. Nas frações finas é marrom avermelhada, fraturada, em grãos arredondados, esféricos, raramente prismáticos, e representa 1 a 2% do material concentrado pelos garimpeiros. Os parâmetros da cela unitária, $a = 15.968 \pm 0.003$ e $c = 7.181 \pm 0.002$ correspondem a série dravita-schorlita; e $a = 15.928 \pm 0.004$ e $c = 7.087 \pm 0.003$ a série elbaita-schorlita (Figuras 21 e 22).

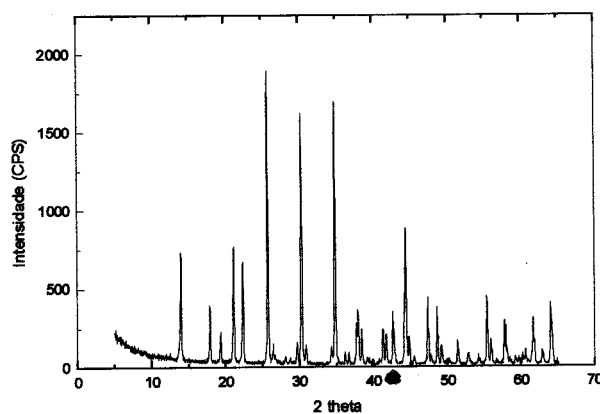


Figura 21: Difratoograma de raios X da turmalina (dravita-schorlita) da fração pesada (1,00-0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

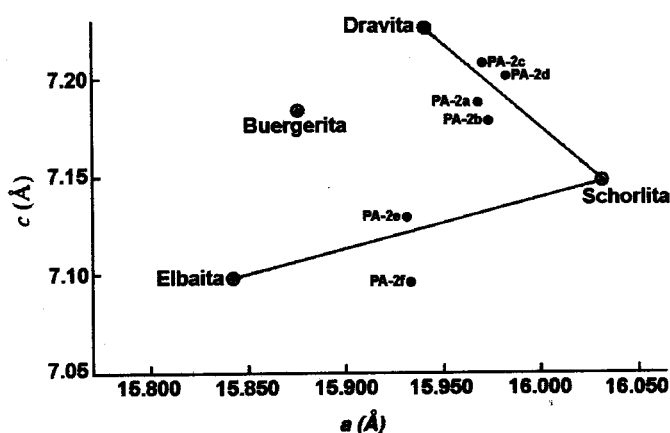


Figura 22: Dimensões a e c da cela unitária de turmalinas da fração pesada (1,00-0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin, no diagrama de Epprecht (1953)⁵ apud Deer *et al.* (1992).

⁵ EPPRECHT, W. 1953. Schweiz. Min. Petr. 33:481-505.

(0,250 - 0,062 mm) apresenta-se com as mesmas propriedades físicas descritas para o rutilo da Formação Monte Alegre. Ocorre em quantidade inferior a 0,5% do material diamantífero concentrado. É conhecido localmente pelos garimpeiros como "pretinha", e sua ocorrência, também é usada por eles como indicador do diamante.

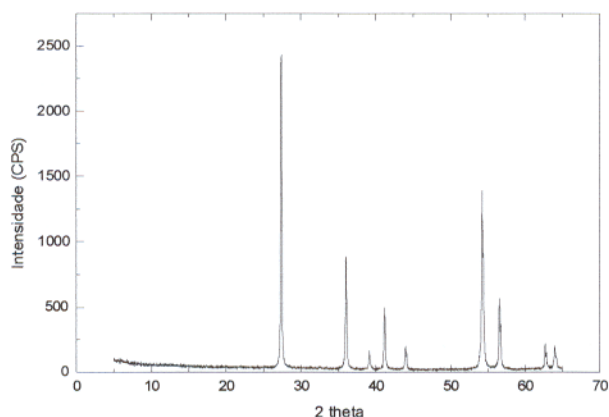


Figura 25: Difratograma de raios X do rutilo da fração pesada (0,500-0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.



Figura 26: Cristais de rutilo da fração pesada (0,500-0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

Diásporo, $\text{AlO}(\text{OH})$, marrom avermelhado levemente esbranquiçado, com grãos irregular, subarredondado a arredondado e brilho sedoso (Figura 27); os grão de diásporo analisados apresentaram uma composição química complexa a base de Al_2O_3 (73,44%), SiO_2 (6%), Fe_2O_3 (2,41%) e P.F. (18,51%); constitui menos de 0,5% do cascalho diamantífero

concentrado. Sendo, também observado entre os minerais pesados que apresentam maior afinidade com a ocorrência de diamante no garimpo Painin.

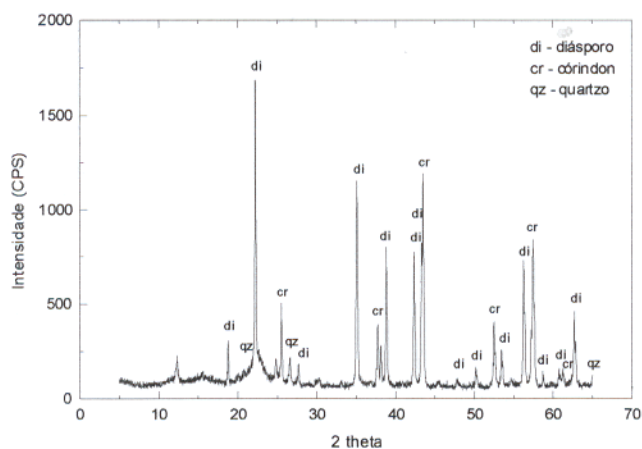


Figura 27: Difratoograma de raios X do diásporo da fração pesada (0,500-0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

O **ouro** é subproduto da extração do diamante no garimpo Painin. As partículas apresentam-se com tamanho milimétricos a decimétricos, hábito lamelar e granular e feições cavernosas (Figura 28).



Figura 28: Partícula de ouro da fração pesada (0,500-0,062 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

Topázio, $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$, incolor a azulado, arredondado, esférico e com poucas inclusões mineralógicas. Apresenta afinidade com o diamante e, também é usado, pelos garimpeiros locais, como indicador de áreas potenciais para essa gema. A Figura 29 apresenta a difração de raios X do topázio da região do Painin.

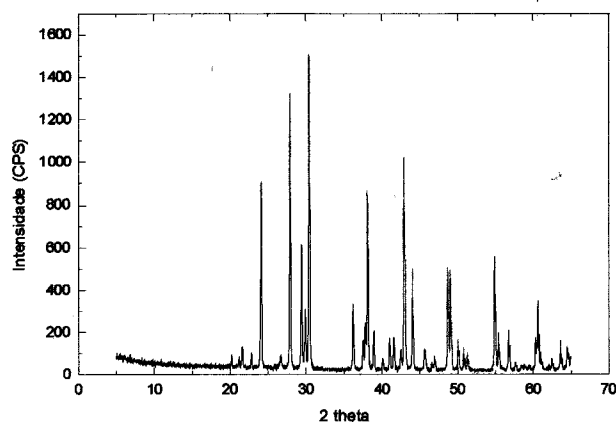


Figura 29: Difratoograma de raios X do topázio da fração pesada (1,00-0,250 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

O **Zircão**, **Anatásio** e **Cianita** apresentam as mesmas características físicas já descritas para esses minerais que também estão presentes nos níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre. O espectro de difração de raios X do zircão, anatásio e outros minerais dos concentrados de batéia está ilustrado na Figura 30.

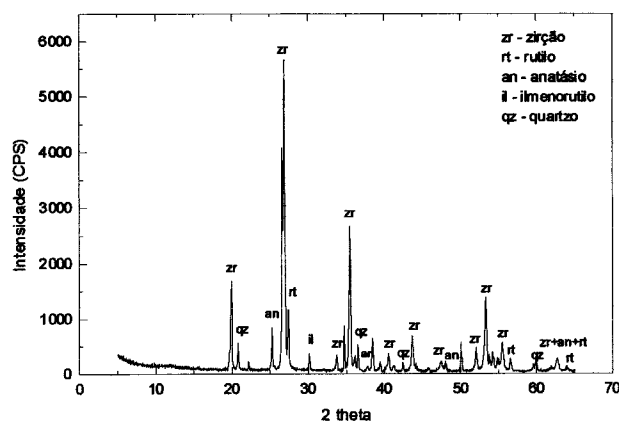


Figura 30: Difratoograma de raios X do zircão, quartzo, ilmenorutilo, anatásio e rutilo da fração pesada (0,250-0,062 mm) contida nos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos da região do garimpo Painin.

4.5 SOLOS

O estudo detalhado dos solos em uma malha de amostragem visou a identificação de assinaturas geoquímicas que auxiliassem no entendimento da gênese (procedência) do diamante na região do Painin (e.g., a associação de Ni-Cr-Nb-Ce, identificada, por Gregory & Janse (1992) em Serra Leoa na África).

4.5.1 Características gerais

Os solos da região do garimpo Painin podem ser subdivididos em: solo areno-argiloso amarelo e solo areno-argiloso marrom. Esses solos desenvolveram-se sobre os diferentes fácies sedimentares da Formação Monte Alegre, sendo visivelmente diferenciados na área do garimpo principalmente em função das diferentes cores. Além dos solos areno-argilosos, ocorre no fundo do vale, outro solo alóctone, recentemente depositado sobre os níveis colúvio-aluvionares diamantíferos (Figura 31).

Observa-se ainda na porção sudoeste, fora dos limites da área mapeada e não amostrado, a ocorrência de outro solo areno-argiloso vermelho, com mais de 60 % de areia, espessura média de 10 m, onde observa-se o desenvolvimento de um perfil laterítico imaturo, segundo a classificação proposta por Costa (1990a).

4.5.2 Mineralogia

A composição mineralógica dos solos estudados está ilustrada na Tabela 14. Ela foi determinada por difração de raios X e quantificada com base às análises químicas. Os solos da região do Painin são formados por quartzo (60%), caulinita (37%), anatásio (1%) e goethita (1%).

Tabela 14: Composição mineralógica média (% em peso) dos solos da área do garimpo Painin, com base em resultados de análises químicas em rocha total.

| Amostra | Tipo de solo | Quartzo | Caulinita | Anatásio | Goethita | Total |
|---------|--------------|---------|-----------|----------|----------|-------|
| PS 01 | SAA | 47,2 | 48,4 | 0,9 | 3,3 | 99,8 |
| PS 02 | SAA | 51,7 | 43,5 | 0,6 | 4,0 | 99,7 |
| PS 03 | SAA | 56,3 | 39,4 | 0,7 | 3,4 | 99,8 |
| PS 07 | SAA | 62,5 | 32,4 | 0,9 | 3,9 | 99,7 |
| PS 08 | SAA | 67,1 | 28,6 | 0,8 | 2,9 | 99,4 |
| PS 09 | SAA | 60,9 | 35,0 | 0,9 | 2,9 | 99,6 |
| PS 13 | SAA | 70,5 | 25,8 | 0,9 | 2,6 | 99,8 |
| PS 14 | SAA | 70,3 | 25,6 | 1,0 | 2,9 | 99,7 |
| PS 15 | SAA | 71,5 | 25,2 | 0,8 | 2,0 | 99,6 |
| PS 20 | SAA | 68,7 | 27,2 | 0,9 | 2,9 | 99,7 |
| PS 21 | SAA | 68,8 | 27,1 | 1,0 | 2,7 | 99,6 |
| PS 22 | SAA | 69,7 | 26,8 | 1,0 | 2,6 | 100,0 |
| PS 27 | SAA | 70,1 | 27,2 | 0,8 | 1,7 | 99,8 |
| PS 28 | SAA | 72,9 | 25,2 | 0,8 | 0,8 | 99,7 |
| Média | SAA | 64,6 | 31,4 | 0,8 | 2,8 | 99,6 |
| PS 05 | SAM | 67,6 | 29,4 | 1,0 | 1,7 | 99,7 |
| PS 06 | SAM | 73,6 | 23,5 | 0,9 | 1,6 | 99,6 |
| PS 12 | SAM | 73,1 | 23,9 | 0,9 | 1,9 | 99,8 |
| PS 19 | SAM | 72,6 | 24,4 | 1,0 | 1,7 | 99,7 |
| PS 11 | SAM | 72,8 | 24,4 | 1,0 | 1,6 | 99,8 |
| PS 26 | SAM | 75,4 | 22,3 | 0,8 | 1,1 | 99,5 |
| PS 31 | SAM | 74,0 | 23,3 | 0,8 | 1,6 | 99,7 |
| PS 32 | SAM | 73,9 | 23,3 | 0,8 | 1,7 | 99,7 |
| Média | SAM | 72,7 | 24,4 | 0,9 | 1,6 | 99,6 |
| PS 04 | SAT | 82,2 | 17,2 | 0,3 | 0,0 | 99,7 |
| PS 10 | SAT | 39,0 | 57,4 | 1,6 | 1,8 | 99,8 |
| Média | SAT | 60,0 | 37,3 | 0,9 | 0,9 | 99,1 |

SAA solo areno-argiloso amarelo

SAM solo areno-argiloso marrom

SAT solo areno-argiloso alóctone

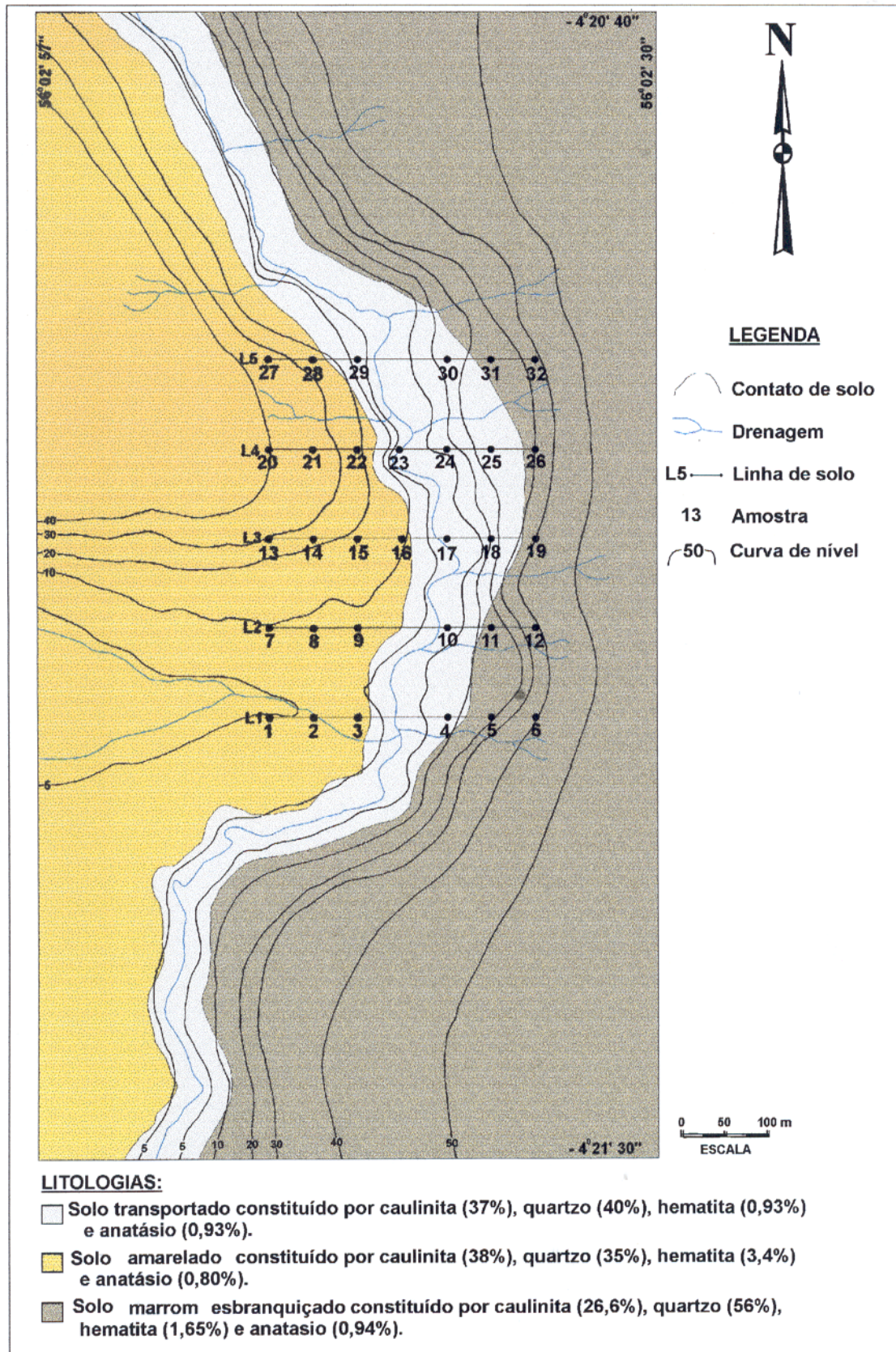


Figura 31: Mapa de solos da região do garimpo Painin com a localização da malha de amostragem.

4.5.2.1 Solo areno-argiloso marrom

Apresenta espessura média de 2 m, ocorre sobre o flanco oriental da área do garimpo, recobrando cerca de 45 % da área (Figura 31). É marrom esbranquiçado, com 65% a 70% de areia e composição mineralógica representada essencialmente por: quartzo (72,7%), caulinita (24,4%), goethita (1,6%) e anatásio (0,9%) (Tabela 14). Essa mineralogia é homogênea na área amostrada e com exceção dos dois últimos minerais, pode ser identificada em todas as amostras analisadas (Figura 32).

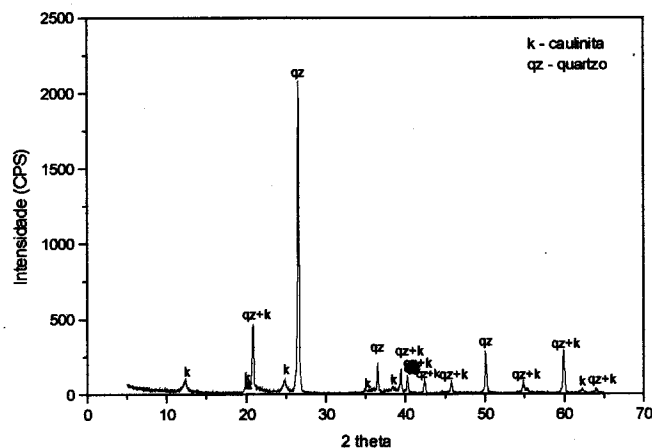


Figura 32: Difratograma de raios X do solo areno-argiloso marrom da região do garimpo Painin.

4.5.2.2 Solo areno-argiloso amarelo

Esse solo desenvolveu-se sobre a encosta ocidental perfazendo aproximadamente 40% do solo da área estudada (Figura 31). Apresenta cor amarela-alaranjada, textura areno-argilosa, constituído por 55% a 60% de areia e espessura superior a 8 m. Do ponto de vista mineralógico é constituído em média por: quartzo (64,6%), caulinita (31,4%), anatásio (0,8%) e goethita (2,8%) (Tabela 14). Essa mineralogia é homogênea no domínio desse solo e com exceção da goethita e anatásio, também pode ser identificada em todas as amostras analisadas (Figura 33).

A diferença no padrão de cores entre os solos areno-argilosos da região do Painin pode ser atribuída as maiores concentrações de goethita nos solos amarelados, como mostra a Tabela 11.

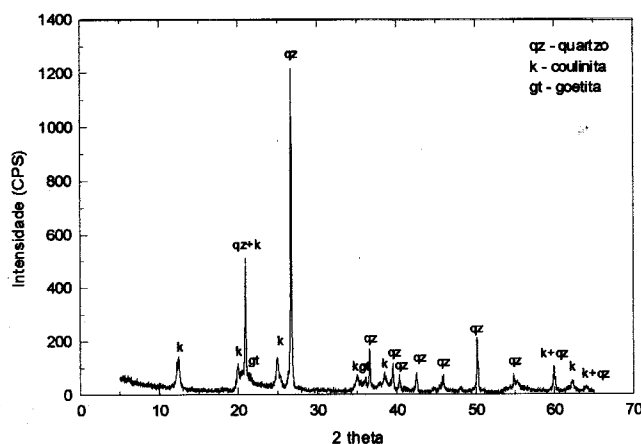


Figura 33: Difratoograma de raios X do solo areno-argiloso amarelo da região do garimpo Painin.

4.5.2.3 Solo alóctone

Apresenta espessura média 1,5 metros, recobre os depósitos colúvio-aluvionares diamantíferos e representa aproximadamente 15% dos solos da área estudada (Figura 31). É constituído em média por: quartzo (60,0%), caulinita (37,3%), goethita (0,9%) e anatásio (0,9%) (Tabela 14 e Figura 34). Na margem direita esse solo apresenta coloração cinza esbranquiçada, com características texturais, morfológicas e mineralógicas similares ao solo areno-argiloso marrom. Já o solo alóctone depositado sobre a margem esquerda tem coloração amarela-alaranjada, e também apresenta as mesmas características físicas e mineralógicas do solo areno-argiloso amarelo adjacente.

As semelhanças na coloração, textura, morfologia e mineralogia, entre os solos areno-argilosos e os respectivos solos alóctones adjacentes, mostram que estes são produto do retrabalhamento dos próprios solos areno-argilosos da região do garimpo.

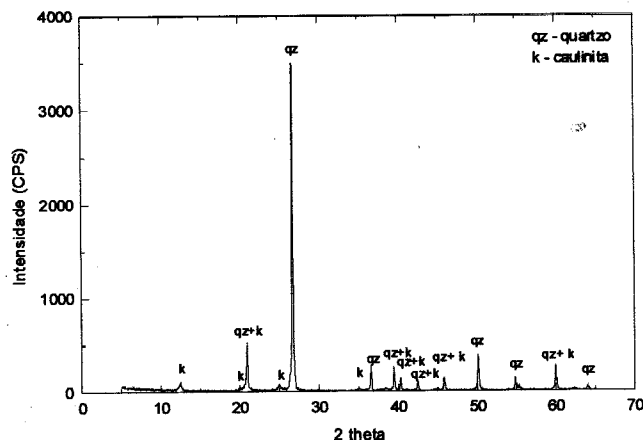


Figura 34: Difratoograma de raios X do solo alóctone da margem direita da região do garimpo Painin.

4.5.3 Composição química

As análises químicas obtidas mostram que as amostras da malha de solos da região do Painin não apresentam grandes variações na sua composição química (Tabela 15). São solos essencialmente ricos em SiO_2 e Al_2O_3 . Os maiores teores de SiO_2 estão nas amostras de solo areno-argilo marrom, com uma média 82,78%. As maiores concentrações de Al_2O_3 e Fe_2O_3 , são observadas no solo areno-argiloso amarelado, com os respectivos teores médios de 12,38% e 2,75%. TiO_2 apresenta uma distribuição homogênea em ambos os solos areno-argilosos, com teor médio entre 0,84 e 0,89%. Os valores de MgO , K_2O , Na_2O e P_2O_5 , são baixos e estão mais concentrados no solo areno-argiloso amarelo; os respectivos teores médios são: 0,08%; 0,21%; 0,04% e 0,09% (Tabela 15).

A relação entre SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , das amostras de solo da região do Painin, como ilustrado na Figura 35, sugere que as altas concentrações de sílica estejam principalmente na forma de grãos de quartzo e ligadas ao alumínio para formar a caulinita e o ferro na forma de óxidos como a goethita por exemplo.

Tabela 15: Composição química das amostras da malha de solo realizada na área do garimpo Painin.

| Amostra | Tipo de solo | % | | | | | | | | | | | Total |
|---------|--------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|------|------------------|-------------------|-------------------------------|-------|------|--------|
| | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | P ₂ O ₅ | MnO | P.F. | |
| PS 01 | SAA | 64,97 | 19,14 | 3,29 | 0,85 | -0,01 | 0,22 | 0,67 | 0,07 | 0,09 | -0,01 | 8,44 | 97,72 |
| PS 02 | SAA | 66,73 | 17,21 | 4,01 | 0,62 | - | 0,18 | 0,70 | 0,03 | 0,40 | - | 7,86 | 97,74 |
| PS 03 | SAA | 72,43 | 15,65 | 3,43 | 0,68 | 0,03 | 0,18 | 0,51 | 0,08 | 0,09 | -0,01 | 6,22 | 99,29 |
| PS 07 | SAA | 76,15 | 12,81 | 3,86 | 0,90 | -0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,07 | 0,01 | 5,66 | 99,55 |
| PS 08 | SAA | 79,50 | 11,29 | 2,91 | 0,79 | - | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | - | 5,44 | 100,05 |
| PS 09 | SAA | 75,68 | 13,94 | 2,86 | 0,85 | 0,06 | 0,10 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | -0,01 | 5,54 | 99,3 |
| PS 13 | SAA | 76,51 | 10,20 | 2,57 | 0,90 | -0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 6,48 | 96,81 |
| PS 14 | SAA | 77,06 | 10,20 | 2,86 | 0,95 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 6,62 | 97,86 |
| PS 15 | SAA | 79,49 | 10,01 | 2,00 | 0,82 | 0,01 | 0,08 | 0,13 | 0,03 | 0,07 | -0,01 | 5,92 | 98,55 |
| PS 20 | SAA | 74,32 | 10,77 | 2,86 | 0,93 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,07 | -0,01 | 7,16 | 96,21 |
| PS 21 | SAA | 73,28 | 10,77 | 2,72 | 0,97 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,01 | 7,15 | 95,09 |
| PS 22 | SAA | 76,29 | 10,58 | 2,57 | 0,97 | -0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | 0,01 | 6,54 | 97,14 |
| PS 27 | SAA | 74,93 | 10,77 | 1,72 | 0,80 | 0,03 | 0,07 | 0,16 | 0,04 | 0,07 | 0,01 | 6,17 | 94,77 |
| PS 28 | SAA | 79,34 | 10,01 | 0,80 | 0,78 | 0,01 | 0,10 | 0,27 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 5,04 | 96,44 |
| Média | SAA | 74,76 | 12,38 | 2,75 | 0,84 | 0,01 | 0,08 | 0,21 | 0,04 | 0,09 | 0,00 | 6,45 | 97,61 |
| PS 05 | SAM | 80,99 | 11,67 | 1,72 | 1,00 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 4,78 | 100,35 |
| PS 06 | SAM | 84,44 | 9,34 | 1,57 | 0,88 | -0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 4,24 | 100,57 |
| PS 12 | SAM | 81,40 | 9,45 | 1,86 | 0,88 | -0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 4,90 | 98,64 |
| PS 19 | SAM | 81,84 | 9,64 | 1,72 | 0,95 | -0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 4,98 | 99,28 |
| PS 11 | SAM | 81,86 | 9,64 | 1,57 | 1,00 | -0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 4,81 | 99,08 |
| PS 26 | SAM | 84,88 | 8,88 | 1,07 | 0,77 | -0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 3,81 | 99,58 |
| PS 31 | SAM | 83,33 | 9,26 | 1,57 | 0,80 | -0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 4,50 | 99,64 |
| PS 32 | SAM | 83,50 | 9,26 | 1,72 | 0,82 | -0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | - | 100,09 |
| Média | SAM | 82,78 | 9,64 | 1,60 | 0,89 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 4,59 | 99,65 |
| PS 04 | SAT | 90,36 | 6,82 | 0,04 | 0,30 | - | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,29 | - | 2,28 | 100,25 |
| PS 10 | SAT | 63,64 | 22,70 | 1,82 | 1,56 | - | 0,26 | 0,73 | 0,04 | 0,13 | - | 8,14 | 99,02 |
| Média | SAT | 77,02 | 14,74 | 0,93 | 0,93 | | 0,16 | 0,40 | 0,04 | 0,21 | | 5,21 | 99,64 |

continua

"conclusão"

| Amostra | Tipo de solo | ppm | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|
| | | Cr | Ni | Zn | Pb | Cu | Ba | Sr | As | Co | Li | Mo | Sb | Sc | V | Y | Zr |
| PS 01 | SAA | 76 | 21 | 47 | 82 | 26 | 167 | 86 | -8 | 11 | 109 | -3 | 13 | 13 | 107 | 21 | 240 |
| PS 03 | SAA | 65 | 18 | 27 | 63 | 21 | 201 | 78 | 8 | 9 | 97 | -3 | 13 | 10 | 93 | 14 | 142 |
| PS 07 | SAA | 45 | 8 | 22 | 65 | 12 | 75 | 44 | 8 | 10 | 6 | 4 | 11 | 7 | 60 | 15 | 358 |
| PS 09 | SAA | 54 | 12 | 21 | 60 | 12 | 163 | 78 | -8 | 10 | 18 | -3 | 11 | 10 | 68 | 15 | 297 |
| PS 13 | SAA | 42 | 6 | 17 | 65 | 12 | 66 | 32 | -8 | 10 | 3 | -3 | -8 | 6 | 50 | 15 | 410 |
| PS 14 | SAA | 43 | 6 | 17 | 70 | 12 | 67 | 34 | -8 | 10 | 4 | 4 | 12 | 7 | 52 | 16 | 396 |
| PS 15 | SAA | 47 | 12 | 20 | 59 | 11 | 134 | 78 | -8 | 10 | 23 | -3 | -8 | 7 | 60 | 14 | 264 |
| PS 20 | SAA | 55 | 7 | 17 | 76 | 12 | 70 | 45 | -8 | 11 | 3 | -3 | 10 | 7 | 65 | 16 | 380 |
| PS 21 | SAA | 53 | 8 | 18 | 79 | 12 | 74 | 42 | -8 | 11 | 4 | 4 | 11 | 7 | 60 | 16 | 388 |
| PS 22 | SAA | 52 | 9 | 19 | 77 | 12 | 73 | 46 | -8 | 10 | 5 | 5 | 13 | 7 | 58 | 16 | 360 |
| PS 27 | SAA | 54 | 11 | 17 | 68 | 11 | 154 | 70 | 29 | 10 | 12 | 4 | 10 | 7 | 63 | 17 | 268 |
| PS 28 | SAA | 47 | 13 | 15 | 57 | 11 | 171 | 87 | -8 | 10 | 25 | 3 | -8 | 6 | 47 | 16 | 224 |
| Média | SAA | 53 | 11 | 21 | 68 | 14 | 118 | 60 | 2 | 10 | 26 | 0,5 | 7 | 8 | 65 | 16 | 311 |
| PS 05 | SAM | 37 | 6 | 16 | 59 | 11 | 89 | 25 | 17 | 11 | 4 | -3 | 11 | 4 | 43 | 13 | 372 |
| PS 06 | SAM | 32 | 5 | 13 | 52 | 10 | 49 | 18 | 17 | 10 | -3 | -3 | -8 | 4 | 37 | 11 | 352 |
| PS 11 | SAM | 34 | 4 | 16 | 56 | 11 | 80 | 24 | -8 | 11 | 4 | -3 | 10 | 4 | 38 | 13 | 424 |
| PS 12 | SAM | 34 | 5 | 15 | 55 | 11 | 54 | 19 | -8 | 10 | 3 | -3 | -8 | 4 | 38 | 11 | 343 |
| PS 19 | SAM | 39 | 6 | 15 | 63 | 11 | 59 | 22 | 25 | 11 | 3 | -3 | -8 | 4 | 39 | 13 | 418 |
| PS 26 | SAM | 32 | 5 | 12 | 48 | 9 | 71 | 28 | -8 | 9 | 7 | -3 | 12 | -3 | 30 | 11 | 304 |
| PS 31 | SAM | 33 | 5 | 13 | 52 | 10 | 56 | 20 | -8 | 8 | 4 | -3 | -8 | 4 | 37 | 11 | 300 |
| PS 32 | SAM | 31 | 4 | 13 | 50 | 9 | 45 | 17 | 17 | 9 | -3 | -3 | 11 | -3 | 35 | 11 | 315 |
| Média | SAM | 34 | 5 | 14 | 54 | 10 | 63 | 22 | 6 | 10 | 2 | -3 | 2 | 2 | 37 | 12 | 354 |

- não analisado P.F. perda ao fogo -0,01 menor que SAA solo areno-argiloso amarelo
 SAM solo areno-argiloso marrom SAT solo alóctone

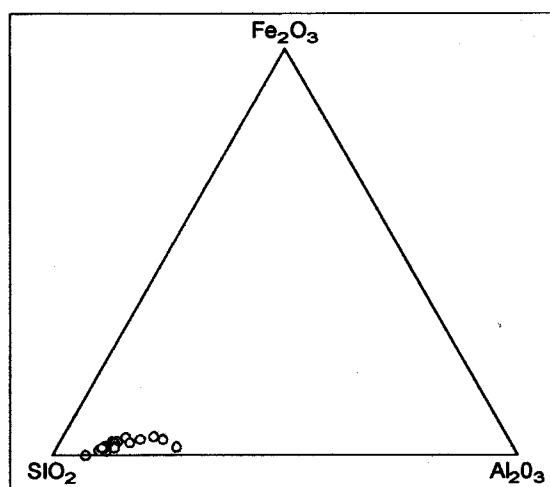


Figura 35: Diagrama SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃ das amostras da malha de solo do garimpo Painin, com base nas análises de FRX.

O modelo de composição química mais adequado para a identificação de rochas portadoras da mineralização diamantífera primária é o apresentado pelas rochas kimberlíticas de um modo geral. Essas rochas são as principais fontes primárias da mineralização diamantífera. Ao Comparar os solos estudados com outros solos derivados de rochas kimberlíticas como os estudados por Gregory & Janse (1992) em Serra Leoa, observa-se que a concentração de SiO_2 é superior em Painin enquanto Al_2O_3 e Fe_2O_3 são mais enriquecidos em Serra Leoa, eliminando-se a possibilidade da existência de *pipes* kimberlíticos na área do garimpo (Tabela 16 e Figura 36). Entretanto, a composição química dos solos da região do Painin são compatíveis com as apresentadas para o solo podzólico vermelho amarelado derivado do arenito Bauru estudado por Verdade (1975) e com as obtidas para os solos desenvolvidos sobre os depósitos areno-silto-argilosos da Formação Alter do Chão na região de Manaus, conforme apresentado por Konhauser *et al.* 1994 (Figura 36). TiO_2 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 e MnO , quando comparados com a média crustal apresentada por Fairbridge (1972), mostram concentrações bem inferiores nos solos da região do Painin (Tabela 16).

Tabela 16: Composição química média das amostras de solos da região do garimpo Painin comparada com aquelas de outras regiões.

| % Peso | Média Crustal ¹ | Painin ² | Painin ³ | PVA ⁴ | Região de Manaus ⁵ | Serra Leoa ⁶ |
|-------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|
| SiO_2 | 58,50 | 74,76 | 82,78 | 73,50 | 70,22 | 29,60 |
| Al_2O_3 | 15,80 | 12,38 | 9,64 | 12,04 | 16,66 | 20,85 |
| Fe_2O_3 | 6,50 | 2,75 | 1,6 | 5,80 | 2,79 | 27,38 |
| TiO_2 | 1,05 | 0,84 | 0,89 | 1,10 | 0,62 | |
| CaO | 6,51 | 0,01 | 0,01 | 0,25 | | 0,11 |
| MgO | 4,57 | 0,08 | 0,03 | 0,40 | 0,18 | 0,79 |
| K_2O | 2,22 | 0,21 | 0,04 | 0,36 | 0,04 | 0,48 |
| Na_2O | 3,06 | 0,04 | 0,02 | 0,06 | | 0,07 |
| P_2O_5 | 0,25 | 0,09 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | |
| MnO | 0,14 | | 0,02 | 0,03 | 0,02 | |
| H_2O | | 6,45 | 4,59 | 6,00 | | |

1 Segundo Fairbridge (1972).

2 e 3 Solo areno-argiloso amarelo e solo areno-argiloso marrom da região do Painin (neste trabalho).

4 Solo podzólico vermelho amarelado derivado do arenito Bauru em São Paulo (Verdade 1975).

5 Média da composição química de latossolos da F. Alter do Chão em Manaus (Konhauser *et al.* 1994).

6 Horizonte argiloso vermelho de solo tropical kimberlítico em Serra Leoa, África do Sul (Gregory & Janse 1992).

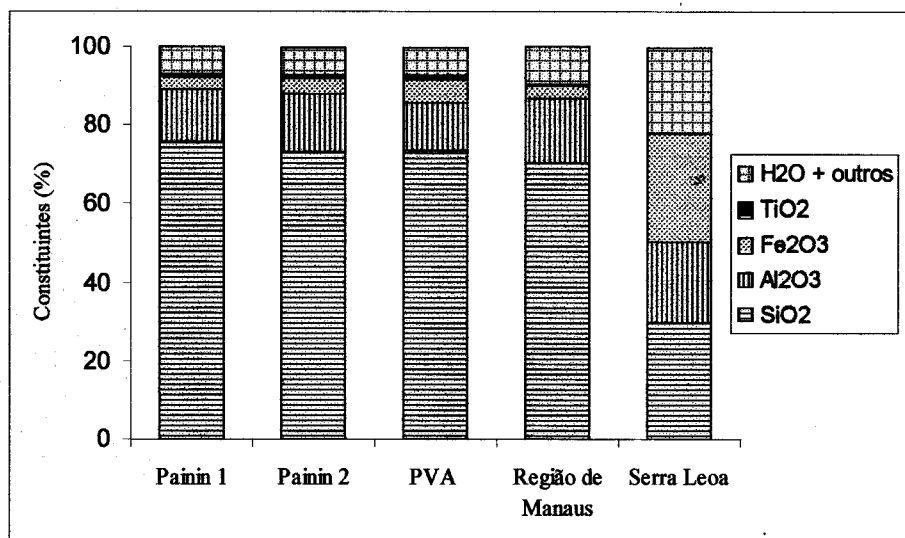


Figura 36: Composição química total dos solos da região do Painin comparada com a de solos de outras localidades.

Painin 1 e 2 - solo areno-argiloso amarelo e marrom, respectivamente (neste trabalho).

PVA - podzólico vermelho amarelado derivado do arenito Bauru (Verdade 1975).

Região de Manaus - Média da composição química de latossolos da F. Alter do Chão em Manaus (Konhauser *et al.* 1994).

Serra Leoa - Horizonte argiloso vermelho de solo tropical kimberlítico em Serra Leoa, África do Sul (Gregory & Janse 1992).

Comparando-se as médias dos elementos traços entre os solos da região do Painin, média crustal e solos de outras regiões, como ilustra a Tabela 17, observa-se que: As concentrações desses elementos nos solos do garimpo Painin estão abaixo dos níveis crustais, com exceção de Pb, As, Sb e Zr em destaque Pb e Sb que são enriquecidos mais de 4 vezes (Figura 37); quando comparados com a média dos latossolos desenvolvidos sobre os depósitos da Formação Alter do Chão, na região de Manaus, apresentados por Konhauser *et al.* (1994), apenas Cr, Ni e Zr apresentam teores inferiores em Painin; se considerarmos a associação Ni-Cr-Nb-Ce, identificada, por Gregory & Janse (1992) em Serra Leoa, para solos derivados de rochas kimberlíticas, descarta-se qualquer possibilidade de assinaturas geoquímicas que possam relacionar a gênese do diamante a rochas portadoras dessa mineralização primária na região do Painin (Tabela 17).

Os baixos valores de CaO, MgO, K₂O, Na₂O, MnO, P₂O₅ e demais elementos traços registrados nesses solos são atribuídos a natureza essencialmente arenítica das rochas da Formação Monte Alegre.

Embora a composição química dos solos da região estudada não apresente valores anômalos quando comparadas com as de outras regiões portadoras de mineralização diamantífera primária, os elementos traços estão ligeiramente mais concentrados no solo areno-argilo amarelado da região do garimpo (Tabela 17).

Tabela 17: Composição química média dos elementos traços das amostras de solos da região do garimpo Painin comparada com as de outras regiões.

| | Média Crustal ¹ | Painin ² | Painin ² | Região de Manaus ³ | Serra Leoa ⁴ |
|----|-------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Cr | 122 | 53 | 34 | 113 | 2325 |
| Ni | 99 | 11 | 5 | 6,85 | 1055 |
| Zn | 76 | 21 | 14 | 9,75 | |
| Pb | 12 | 68 | 54 | 13,5 | |
| Cu | 68 | 14 | 10 | 8,13 | |
| Ba | 390 | 118 | 63 | 51,25 | |
| Sr | 384 | 60 | 22 | 9,50 | |
| Ce | 66 | | | | 1295 |
| As | 1,8 | 2 | 6 | 5 | |
| Co | 29 | 10 | 10 | 5 | |
| Li | 32 | 26 | 2 | | |
| Mo | 1,2 | 0,5 | 3 | | |
| Sb | 0,2 | 7 | 2 | | |
| Sc | 25 | 8 | 2 | | |
| V | 136 | 65 | 37 | 32 | |
| Y | 31 | 16 | 12 | 8,65 | |
| Zr | 162 | 311 | 354 | 600,25 | |
| Nb | 20 | | | 19,75 | 232 |

1 Segundo Fairbridge (1972).

2 Solo areno-argiloso amarelo e solo areno-argiloso marrom da região do Painin (neste trabalho).

3 Média da composição química de latossolos da F. Alter do Chão em Manaus (Konhauser *et al.* 1994).

4 Horizonte argilos vermelho de solo tropical kimberlítico em Serra Leoa, África do Sul (Gregory & Janse 1992).

Os valores em negrito estão acima da média crustal.

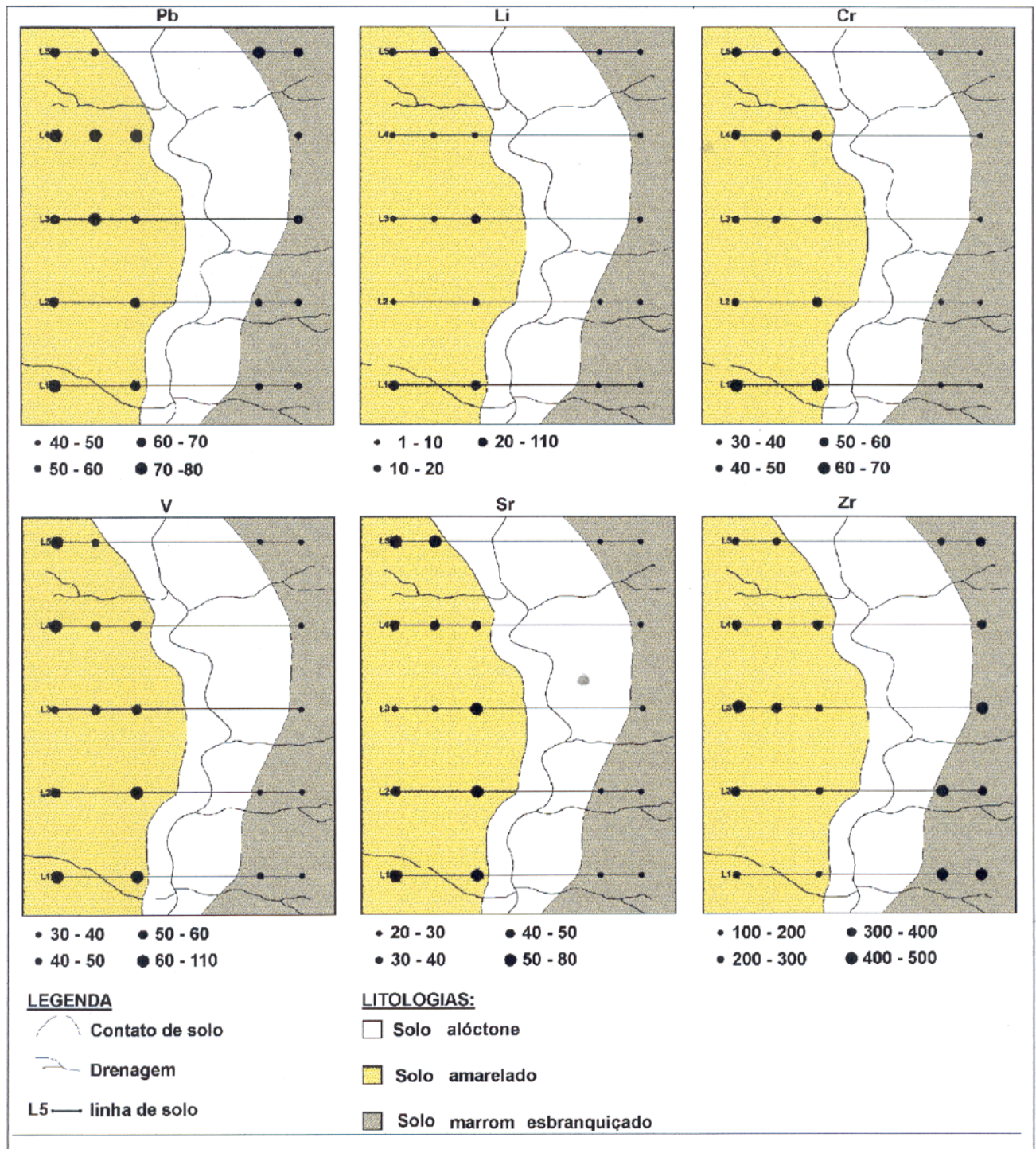


Figura 37: Mapa de distribuição geoquímica (ppm) do Pb, Li, Cr, V, Sr e Zr, da malha de solos da região do Painin.

4.6 DIAMANTE DO PAININ

4.6.1 Caracterização do "peso" (quilates)

O peso médio dos diamantes estudados da região do garimpo Painin, é de 0,42 ct. A figura 38 mostra que aproximadamente 46% deles apresenta peso superior a 0,30 ct, sendo porém, catalogados durante o trabalho de campo, diamantes com até 2 ct, correspondendo a uma população com cerca de 4%. Segundo garimpeiros locais os dois maiores diamantes encontrados nesse garimpo apresentavam peso de 7,85 ct e 7,50 ct, respectivamente.

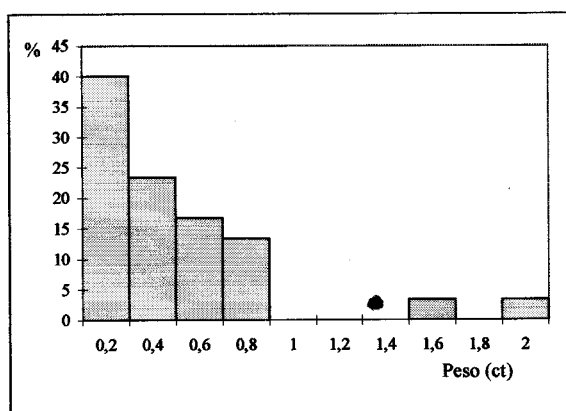


Figura 38: Distribuição do "peso" (quilates) dos diamantes da região do garimpo Painin. Dados obtidos com relação a 30 diamantes analisados.

4.6.2 Hábitos cristalinos observados

Durante a classificação de campo, realizada na região do garimpo Painin, foram catalogados 30 espécimes monocristalinos subdivididos em sete classes: dodecaédrica (44%), octaédrica (23%), octa-dodecaédrica (7%), *ballas* (7%), hexaédrica (3%), trioctaédrica (3%) e *bort* (3%); As formas não reconhecíveis foram classificadas como fragmento de clivagem (7%) e irregular (3%). A geminação observada é constituída por cristais octaédricos, dando origem a forma conhecida popularmente como chapéu-de-frade (Figura 39 e Tabela 18).

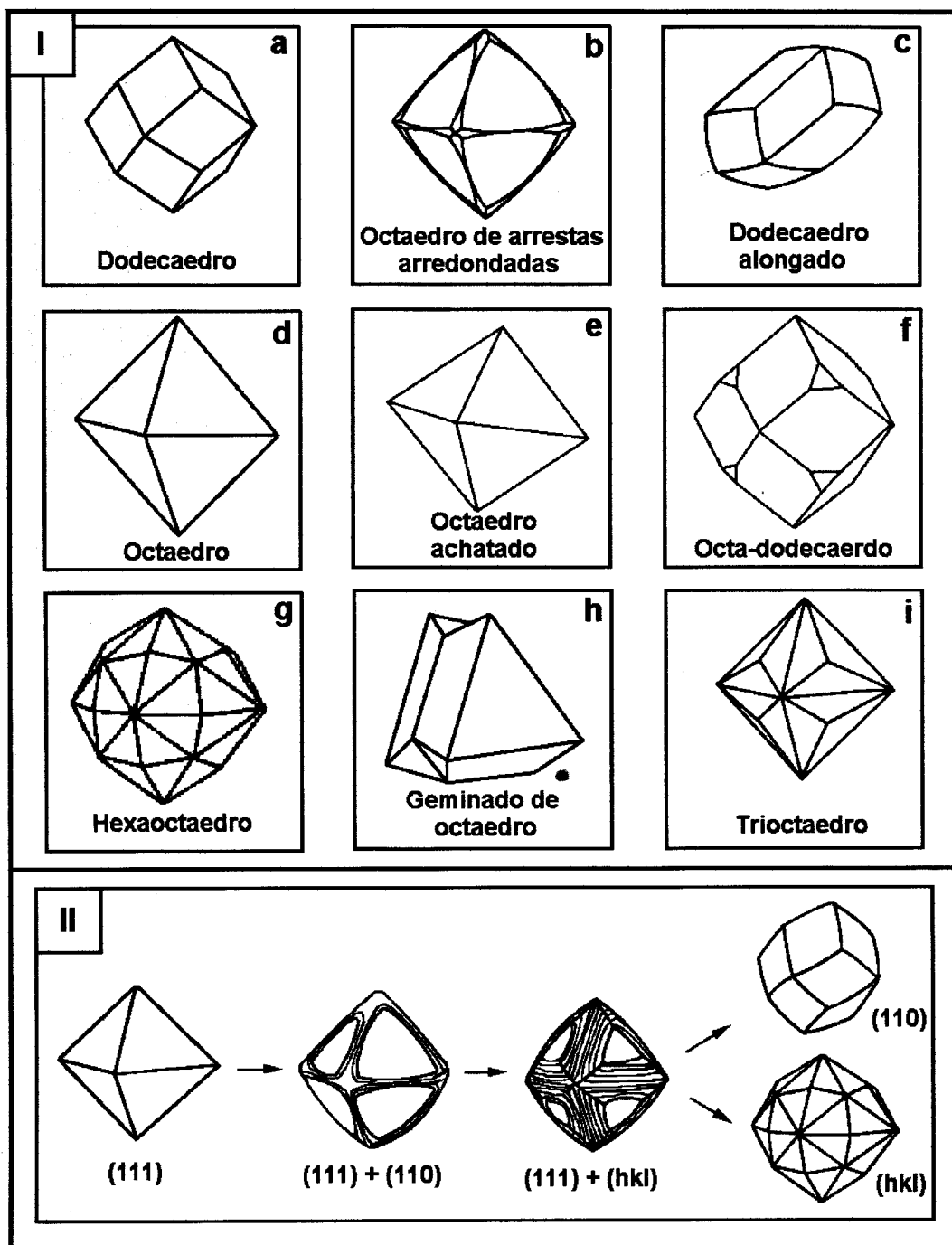


Figura 39: I - Principais hábitos cristalinos identificados entre os diamantes da região do Painin. II - evolução morfológica do diamante a partir do octaédrio primitivo, passando por fenômenos de dissolução a formas transitórias $(111) + (110)$ e $(111) + (hkl)$, proporcionando hábitos rombododecaédricos (110) e hexaoctaédricos (110) (adaptado de Chaves 1997).

Tabela 18: Principais características dos diamantes da região do Painin.

| Nº | Peso (ct) | Hábito | Cor | Figura de Dissolução | Fluorescência (cor) | Tipo de capa | Qualificação Gemológica | Tipo de inclusão |
|----|-----------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| 3 | 0,28 | Dodecaedro | Incolor | Presente | Ausente | Verde transparente | Gema | Ausente |
| 4 | 0,30 | Dodecaedro | Verde | presente | Média (azul leitoso) | Ausente | Gema | "Bolhas" |
| 11 | 0,30 | Dodecaedro | Incolor amarelado | Presente | Ausente | Ausente | Gema | Ausente |
| 12 | 0,20 | Dodecaedro | Incolor | Presente | Média (azul leitoso) | Ausente | Gema | "Bolhas" |
| 17 | 0,40 | Dodecaedro | Incolor | presente | Fraca (azul leitoso) | Ausente | Gema | "Bolhas" |
| 18 | 0,30 | Dodecaedro | Incolor | Ausente | Fraca (verde) | Ausente | Gema | "Jaça" e "Carvão" |
| 19 | 0,20 | Dodecaedro | Incolor | Presente | Média (azul leitoso) | Ausente | Gema | Ausente |
| 20 | 0,73 | Dodecaedro | Incolor | | Fraca (azul leitoso) | Ausente | Gema | Ausente |
| 21 | 0,20 | Dodecaedro | Marrom claro | Presente | Forte (verde) | Ausente | Gema | "Jaça" |
| 22 | 0,10 | Dodecaedro | Incolor | Presente | Forte (verde) | Ausente | Gema | Ausente |
| 23 | 0,08 | Dodecaedro | Incolor | Presente | Média (azul leitoso) | Ausente | Industrial | "Bolhas" |
| 24 | 0,15 | Dodecaedro | Incolor | Presente | Média (verde azulada) | Ausente | Gema | "Carvão" |
| 27 | 0,15 | Dodecaedro | Incolor | Presente | Média (verde) | Ausente | Gema | "Jaça" |
| 2 | 1,5 | Octaédro | Incolor amarelado | Presente | Ausente | Ausente | Gema | "Carvão" |
| 5 | 0,23 | Octaédro | Incolor | Presente | Fraca (azul) | Verde transparente | Industrial | "Bolha" e "Carvão" |
| 7 | 0,60 | Octaédro | Incolor | Presente | Forte (verde) | Verde transparente | Industrial | "Jaça" e "Carvão" |
| 13 | 0,50 | Octaédro | Incolor amarelado | Presente | Forte (verde) | Ausente | Industrial | "Jaça" |
| 15 | 0,65 | Octaédro | Incolor | Presente | Forte (azul) | Ausente | Gema | "Bolhas" |
| 30 | 0,05 | Octaédro | Verde claro | Presente | Forte (verde) | Ausente | Industrial | "Jaça" |
| 9 | 0,50 | Octa-dodecaédro | Incolor esverdeado | Presente | Média (azul esverdeada) | Ausente | Gema | "Bolhas" e "jaça" |
| 10 | 0,50 | Octa-dodecaédro | Incolor esverdeado | Presente | Média (azul) | Verde transparente | Gema | "Jaça" e "carvão" |
| 8 | 0,05 | Fragmento de clivagem | Marrom escuro | Presente | Ausente | Ausente | Fundo | "Carvão" |
| 14 | 0,75 | Fragmento de clivagem | Incolor | Presente | Forte (azul) | Ausente | Industrial | "Bolhas" e "carvão" |
| 16 | 0,45 | <i>Ballas</i> | Cinza | Presente | Fraca (verde azulada) | Ausente | Industrial | "Jaça" |
| 25 | 0,13 | <i>Ballas</i> | Incolor | Presente | Média (azul leitoso) | Ausente | Gema | "Jaça" |
| 1 | 2 | Hexaoctaedro | Branco leitoso | Presente | Média (verde amarelado) | Ausente | Gema | Não visível |
| 6 | 0,75 | Geminado de octaédro | Incolor | Presente | Fraca (azul leitoso) | Ausente | Gema | "Bolhas" |
| 29 | 0,12 | Trioctaedro | Verde escuro | Presente | Ausente | Verde densa | Gema | "Jaça" e "carvão" |
| 28 | 0,10 | <i>Bort</i> | Marrom escuro | Presente | Média (verde) | Ausente | Fundo | Não visível |
| 26 | 0,38 | Irregular | Marrom claro | presente | Forte (verde azulada) | Marrom clara | Industrial | "Jaça" e "carvão" |

4.6.2.1 Dodecaedro

Os cristais com esse hábito são predominantes, e apresentam uma média de peso com 0,26 ct. Constituem 13 diamantes estudados, e representam o provável hábito reliquiar da forma octaédrica primária. A cor desses diamantes varia de incolor a incolor amarelado, com raros cristais verdes e marrom claros. Entre esses foram observadas formas regulares, freqüentemente com arestas arredondadas, e alongadas (Figuras 39-Ia, b, c e 40). Apenas 1 cristal apresenta "capa", sendo esta do tipo verde transparente. As prováveis inclusões singenéticas, sob a forma de "bolhas", foram registradas em cerca de um terço dos cristais com esse hábito cristalino; e as sob a forma de "jaça" e "carvão", também foram observadas nas mesmas proporções. As características morfológicas desse grupo de monocristais lhes sugerem uma qualidade gema (*gem quality*).

4.6.2.2 Octaedro

O diamante com hábito octaédrico é o segundo mais freqüente na área estudada, com peso médio de 0,60 ct (Figura 41). Foram observadas 6 diamantes com essa forma, representados por três cristais incolores, dois incolor amarelados e apenas um verde clara, em função da presença de uma "capa" verde transparente. As prováveis inclusões singenéticas sob a forma de "jaça", "carvão" e "bolhas" estão presentes em todos os diamantes desse grupo, com exceção de um único cristal incolor que contém apenas "bolhas" incolores. Quanto a qualidade gemológica, os espécimes desse hábito, são principalmente industrial (Tabela 18).

4.6.2.3 Transições octa-dodecaédricas

Segundo Leite (1969), as transições evolutivas entre as classes octaédrica (111) e rombododecaédrica (110) devem ser diferenciadas das demais combinações, pois são originadas por processos diversos. Nesse mecanismo, o hábito octaédrico primário evolui gradativamente, por processos de dissolução, originando assim outras formas cristalográficas compatíveis com a simetria do diamante.

A classificação sistemática de campo registrou dois espécimes com esse hábito cristalino, entre os diamantes estudados (Figura 42). Apresentam coloração característica esverdeada, sendo um verde transparente natural e o outro esverdeado pela presença de um capeamento verde transparente; com qualidade gema (*gem quality*) e peso de 0,50 ct cada. As prováveis inclusões singenéticas, sob a forma de "bolhas", foram observadas apenas no cristal desprovido de "capa". Já as inclusões do tipo "jaça" estão associadas ao diamante com "capa" verde transparente.

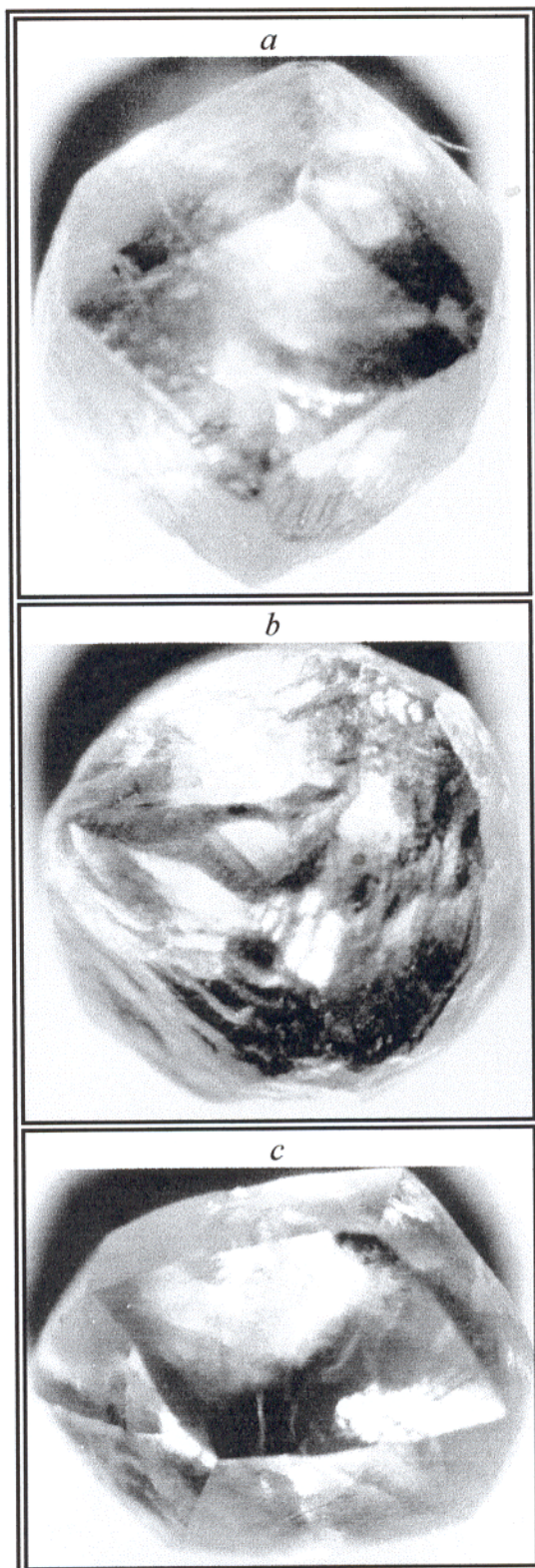


Figura 40: Cristais de diamantes com hábito dodecaédrico. *a* - cristal de hábito regular (peso=0,30ct); *b* - cristal de hábito regular com arestas arredondadas (peso=0,1ct); *c* - cristal alongado (peso=0,30ct).

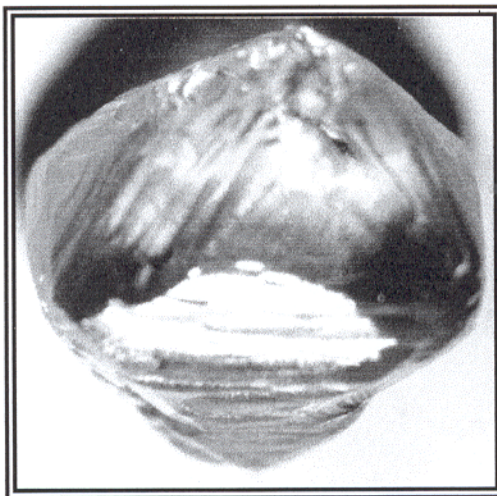


Figura 41: Cristal de diamante com hábito octaédrico (peso=0,65ct), observando-se ao contorno triangular das faces.

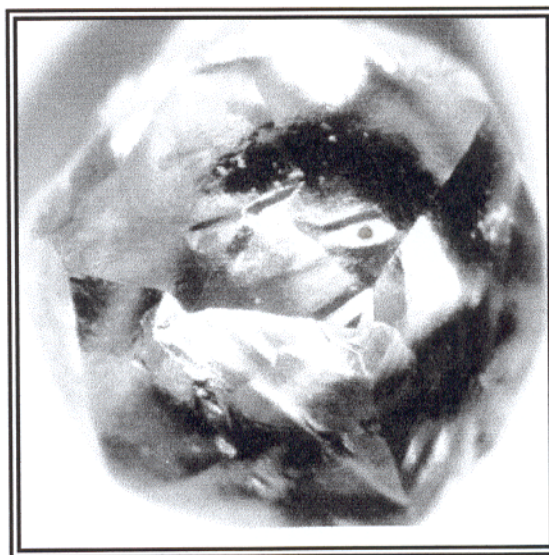


Figura 42: Cristal de diamante com hábito octa-dodecaédrico (peso=0,50ct).

4.6.2.4 Fragmento de clivagem

Este termo inclui uma categoria de diamantes com hábitos reconhecíveis ou não, mas que apresentem metade ou mais do monocristal original quebrado ao longo de um dos seus planos de clivagem. Foram catalogados dois diamantes pertencentes a essa categoria na área estudada. Um é incolor e o outro marrom escuro, com peso de 0,05 ct e 0,75 ct, respectivamente; apresentam superfícies corroídas; são desprovidos de "capa"; contém prováveis inclusões singenéticas na forma de "carvão" e "jaça"; e são classificados com industriais.

4.6.2.5 Ballas

Os dois cristais observados com esse hábito tem peso de 0,45 ct e 0,13 ct respectivamente. O cristal mais desenvolvido apresenta cor cinza e qualidade gema (Figura 43). O outro é incolor e classificados com industrial. Apresentam superfícies muito corroídas, caracterizando o seu hábito esférico; contém prováveis inclusões singenéticas sob a forma de "bolhas"; e não apresentam capeamento.

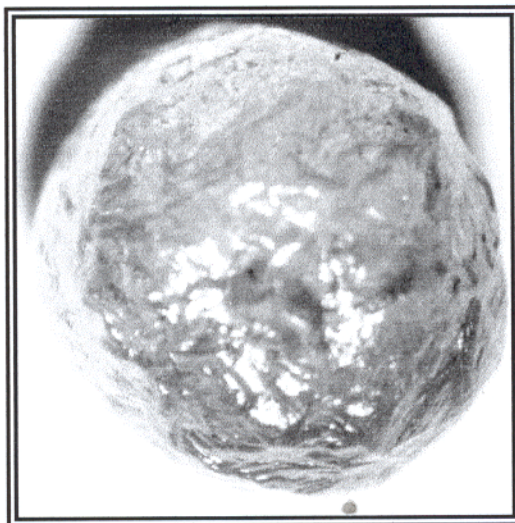


Figura 43: Diamante policristalino tipo ballas, com aspecto esférico típico (peso=0,45ct).

4.6.2.6 Hexaoctaedro

Apenas um diamante foi observado com esse hábito, pesando 2 ct. Sua cor branca leitosa opaca não permitiu observações a respeito da existência de possíveis inclusões singenéticas ou mesmo da presença de capeamento, impossibilitando a sua qualificação gemológica no campo.

4.6.2.7 Geminados

Diamantes geminados também são raros na região do garimpo Painin. Quando ocorrem apresentam-se segundo a lei do espinélio com plano de geminação $\{111\}$. Normalmente os diamantes com esse hábito apresentam superfícies planares e contornos triangulares, passando a ser chamado popularmente de chapéu-de-frade. O único cristal com esse hábito, registrado durante o trabalho de campo, apresenta as seguintes características: coloração incolor; contém pequenas inclusões singenéticas sob a forma de "bolhas"; não apresenta "capa"; e tem qualidade gema.

4.6.2.8 Trioctaedro

Cristais com esse hábito são incomuns entre os diamantes em geral. Na região do Painin, os diamantes com esse hábito também são raros; apenas um espécime foi catalogado durante o trabalho de campo. Apresenta cor verde escura, pequenas inclusões singenéticas na forma de "jaça" e "carvão", e qualidade gema.

4.6.2.9 Bort

Constituem agregados microcristalinos, raramente encontrados na região Painin. Durante a catalogação de campo registrou-se somente um cristal com esse hábito (Figura 44). Apresenta coloração preta a marrom escura, que dificulta a visualização das possíveis inclusões singenéticas; e qualidade "fundo" (abaixo da industrial).

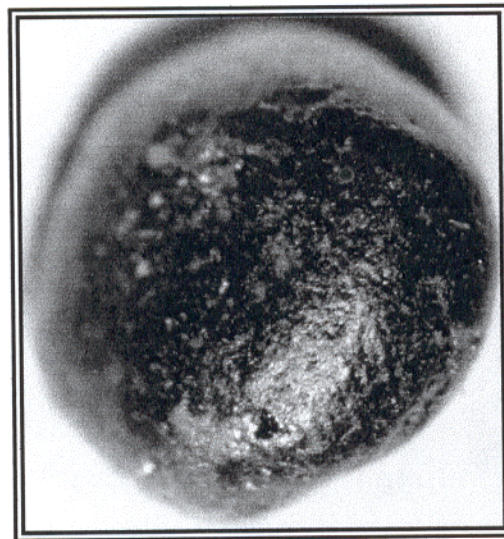


Figura 44: Diamante policristalino tipo bort, com aspecto irregular típico (peso=0,1ct).

4.6.2.10 Irregular

Chaves (1997) descreve os indivíduos desse hábito como cristais pequeno muito achatados ou desproporcionalmente desenvolvidos; com faces planas pouco proeminentes; normalmente com planos recurvados, nos quais não se pode notar arestas, dificultando sua orientação. Svisero (1971) relaciona essas formas irregulares ao crescimento desproporcional e a dissolução mais acentuada em determinados setores do diamante.

Em Painin os diamantes classificados como irregulares, também são raros. O único cristal irregular observado durante o estudo de campo é marrom claro; apresenta inclusões singenéticas na forma de "jaça" e "carvão"; e é classificado como industrial (Figura 45).

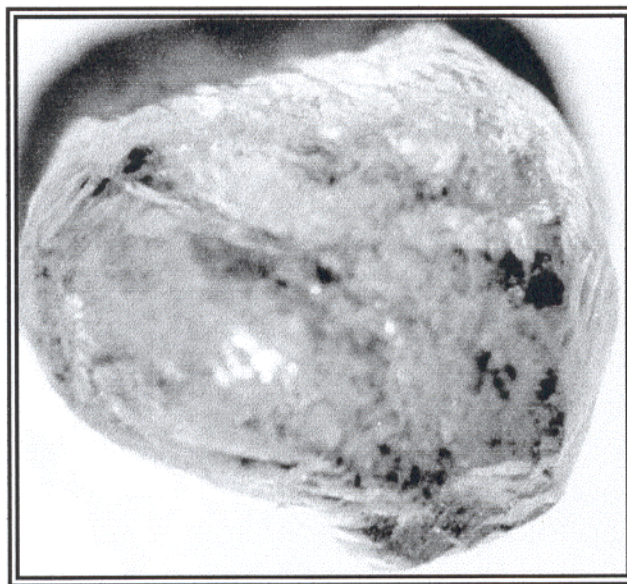


Figura 45: Cristais de diamantes irregular com "capa" verde (peso=0,38ct).

4.6.3 Figuras de superfícies

A velocidade de dissolução na superfície do diamante não é homogênea e ocorre na seguinte ordem sistemática entre os planos: $(110) > (100) > (111)$, ou seja, desenvolve-se com uma diferença relativa na velocidade de dissolução entre esses planos, facilitando a corrosão segundo (110) , correspondente às faces do rombododecaédrio (Patel & Agarwal 1965⁶ *apud* Chaves 1997). Segundo Chaves (1997) a evolução desse fenômeno explica a formação de cristais trioctaédricos, hexaoctaédricos e rombododecaédricos, a partir de cristais octaédricos primitivos conforme ilustrado na Figura 39-II.

Mais de 95% dos cristais estudados em Painin apresentam figura de dissolução bem desenvolvida proporcionando alto grau de corrosão das faces e arestas.

⁶ PATEL, A. R. & AGARWAL, M. K. 1965. Microestruturas on panna diamonds surfaces. *American Mineralogist*, 50:124-131.

4.6.3.1 Microestruturas em {111}

Os *trigons* são as principais figuras observadas nas faces de forma {111}. São constituídas por depressões triangulares equiláteras em profundidades variáveis, de fundos planos ou escalonados (pirâmides negativas); orientadas sempre em oposição ao contorno triangular das faces do octaedro; e com dimensões de 10 Å até as visíveis a olho-nu (Tolansky 1960⁷ *apud* Chaves 1997). Williams (1932)⁸ e Tolansky (1960)⁷ *apud* Chaves (1997) consideram o crescimento natural como responsável pelo surgimento dos *trigons* orientados em oposição ao contorno triangular das faces do octaedro. Leite (1969) e Svisero (1969)⁹ *apud* Chaves (1997) admitem que estas mesmas estruturas são originadas por fenômenos de dissolução.

Entre os cristais observados em Painin, os *trigons* visíveis a olho-nu são pouco freqüentes. Quando ocorrem estão sempre associadas aos cristais com hábito octaédrico de faces "rugosas" (figura 41), contrastante com o aspecto liso das faces da maioria dos cristais com hábito dodecaédrico (Figura 40a).

4.6.3.2 Microestruturas em {100}

São peculiares às faces do cubo, observadas em apenas um cristal, que por apresentar-se bastante dissolvido foi classificado em campo como trioctaedro (Figura 46a). Entre as figuras observadas nesta faces destacam-se as fraturas e "crostas irregulares" (Figuras 46b e c). As "crostas irregulares" não tem origem bem esclarecida, mas são atribuídas aqui aos processos complexos de corrosão da faces do cubo.

4.6.3.3 Microestruturas em {110}

Fersman & Goldschmidt (1911) realizaram os primeiros estudos envolvendo as faces {110} em diamantes, relacionando suas origens a fenômenos naturais de dissolução. Williams (1932)⁸ *apud* Chaves (1997), ao estudar os diamantes sul-africanos, observou a presença de estrias paralelas a essas faces. Moore & Lang (1974) ressaltaram a importância as feições de arredondamento típicas dessas superfícies.

⁷ Tolansky, S. 1960. Surface microtopography. London. Longman. 296 p.

⁸ Williams, A.F. 1932. The genesis of the diamond. London. Ernest Benn. 636p.

⁹ Svisero, D.P. 1969. Microscopia eletrônica de estruturas de superfície em cristais de diamantes do Brasil. São Paulo. FFCL/USP. 38 p. (Tese de mestrado).

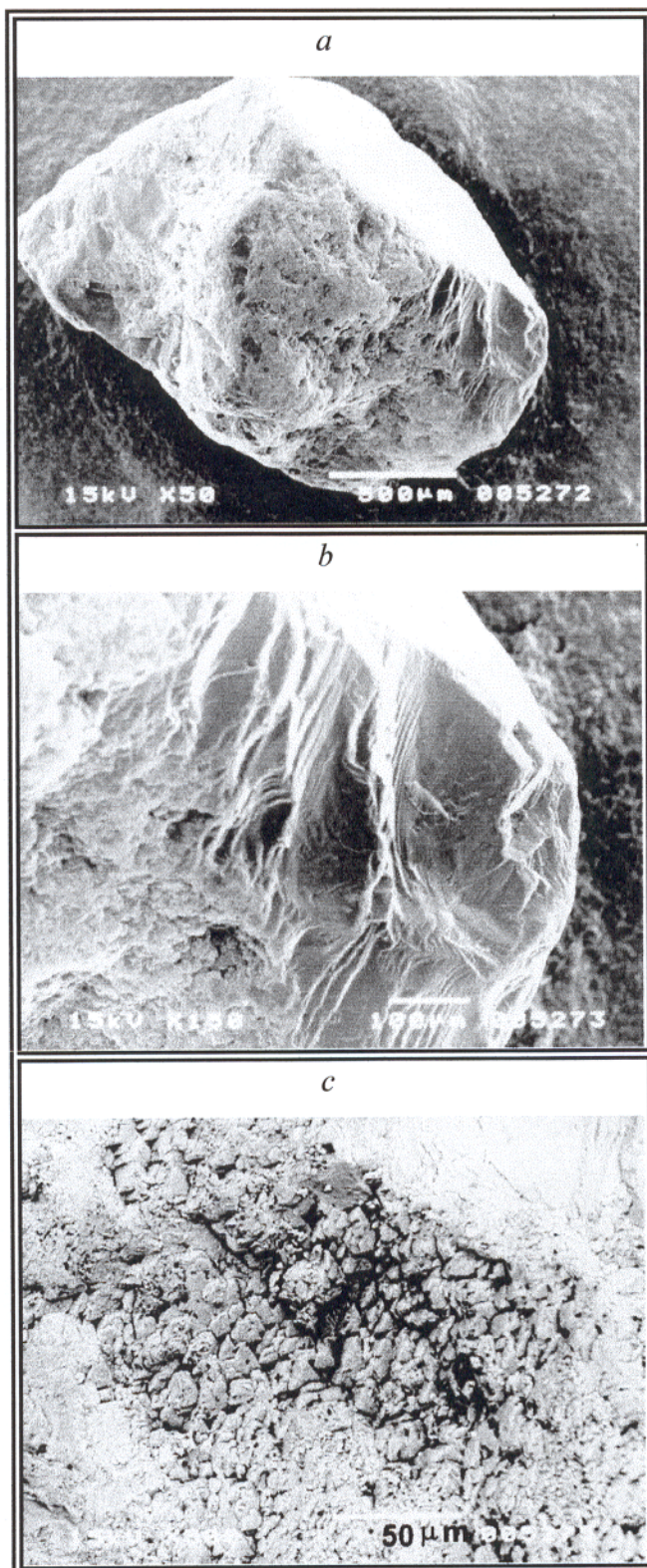


Figura 46: *a* - Cristal de diamante com hábito cúbico bastante dissolvido (peso=0,12 ct). *b* - Detalhe da figura *a*, observando-se estruturas de clivagem. *c* - Outro detalhe da figura *a*, ilustrando as "crostas irregulares" atribuídas aos processos de corrosão da face do cubo.

A análise das superfícies (110) dos diamantes da região do Painin identificou várias figuras tais como: estruturas em degraus, barras ou colunas, colinas, fraturas, feições quadráticas e marcas de impacto.

As estruturas em degraus escalonados são caracterizadas por um padrão com formas geométricas constantes, observadas em escala de pequenos aumentos até ampliações de centenas de vezes (Figura 47a, b e c). Os degraus correspondem a planos (111) formados durante o crescimento do cristal (Chaves 1997). Segundo Svisero & Pimentel (1970) a dissolução atua nos setores de separação dos sucessivos planos e produz um abaulamento nas bordas dos degraus. As regiões que apresentam retículo cristalino menos defeituosos oferecem maior resistência à dissolução, destacando-se na superfície, e constituindo evidências diretas de que essas feições sejam derivadas da dissolução natural do cristal (Chaves 1997).

As feições de barras ou colunas são microestruturas em alto relevo dispostas de forma paralela, rodeadas por estrias de dimensões menores, também paralelas. Essas estruturas são freqüentes nos cristais dodecaédricos de faces arredondadas, observadas desde de pequenos aumentos até ampliações de centenas de vezes (Figuras 48a e b). É provável que a origem dessas estruturas esteja relacionada à dissolução natural. ●

Colinas são figuras, também em alto relevo, de formas alongadas, assimétricas, dispostas em arranjos paralelos entre si, com dimensões variadas e comprimento concordante com os diferentes planos cristalinos. São observadas desde pequenos aumentos até ampliações de centenas de vezes (Figuras 49a e b). Sua origem é atribuída a provável corrosão natural segundo os diferentes planos de clivagens.

As feições quadráticas são estruturas em alto relevo de contorno regular em dimensões variadas; visíveis somente em aumentos de centenas de vezes (Figuras 50a e b). Sua origem está possivelmente relacionada aos complexos processos de dissolução das regiões com retículo cristalino defeituosos, proporcionando o destaque, na superfície das demais regiões com maior resistência à dissolução natural.

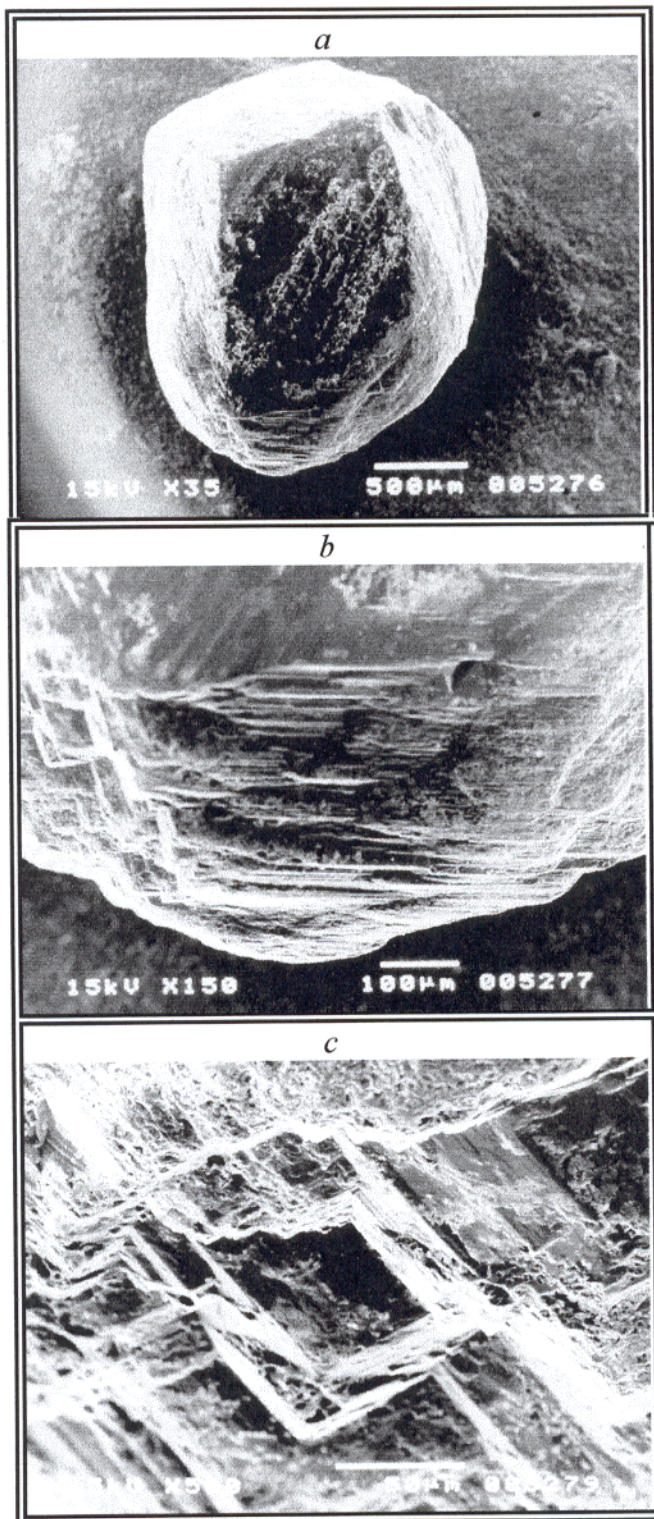


Figura 47: *a* - Cristal de diamante com hábito dodecaédrico dissolvido (peso=0,08 ct). *b* - Detalhe da figura *a*, ilustrando estruturas em "degraus" provavelmente formadas pela dissolução natural nas faces $\{110\}$. *c* - Outro detalhe da mesma figura, observando-se o padrão geométrico constante das figuras em "degraus" escalonadas.

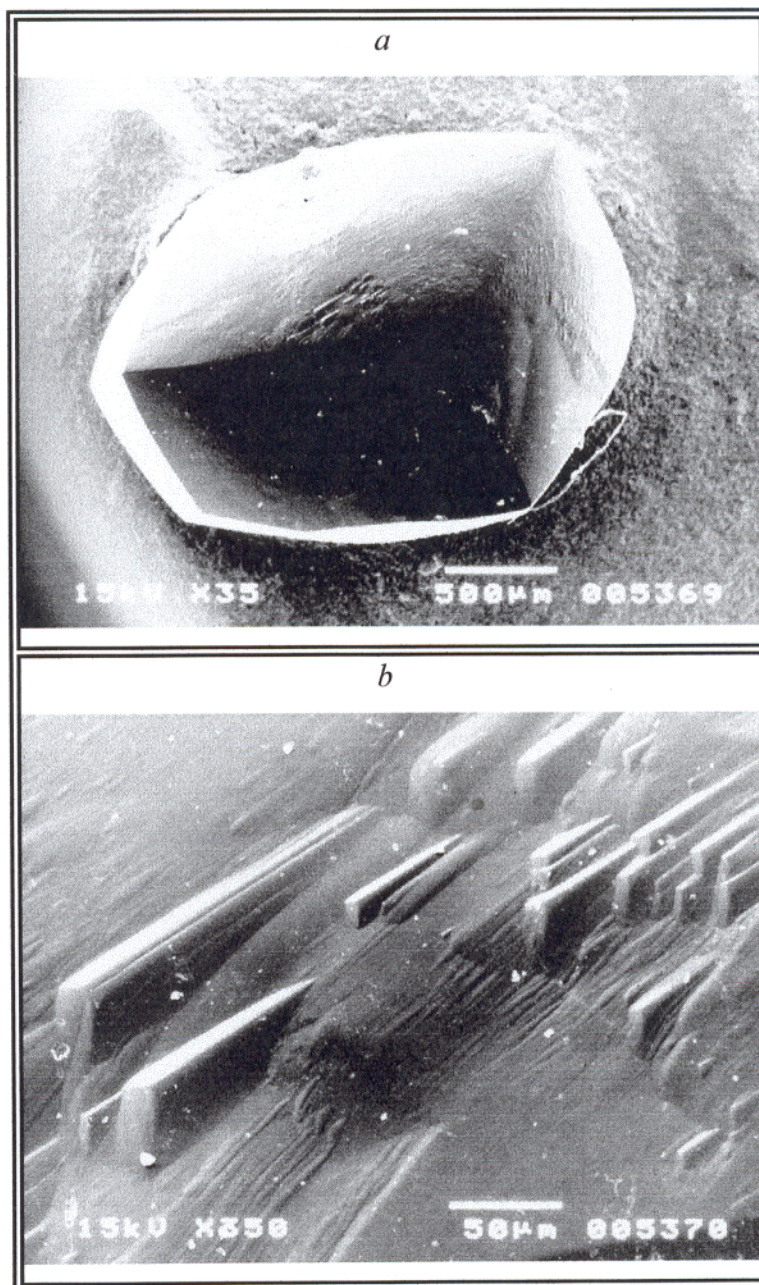


Figura 48: *a* - Cristal de diamante dodecaédricos de faces arredondadas (peso=0,20 ct), observando-se nas faces $\{110\}$ as figuras conhecidas como barras ou colunas. *b* - Detalhe das microestruturas em barras ou colunas, mostrando seus tamanhos variados.

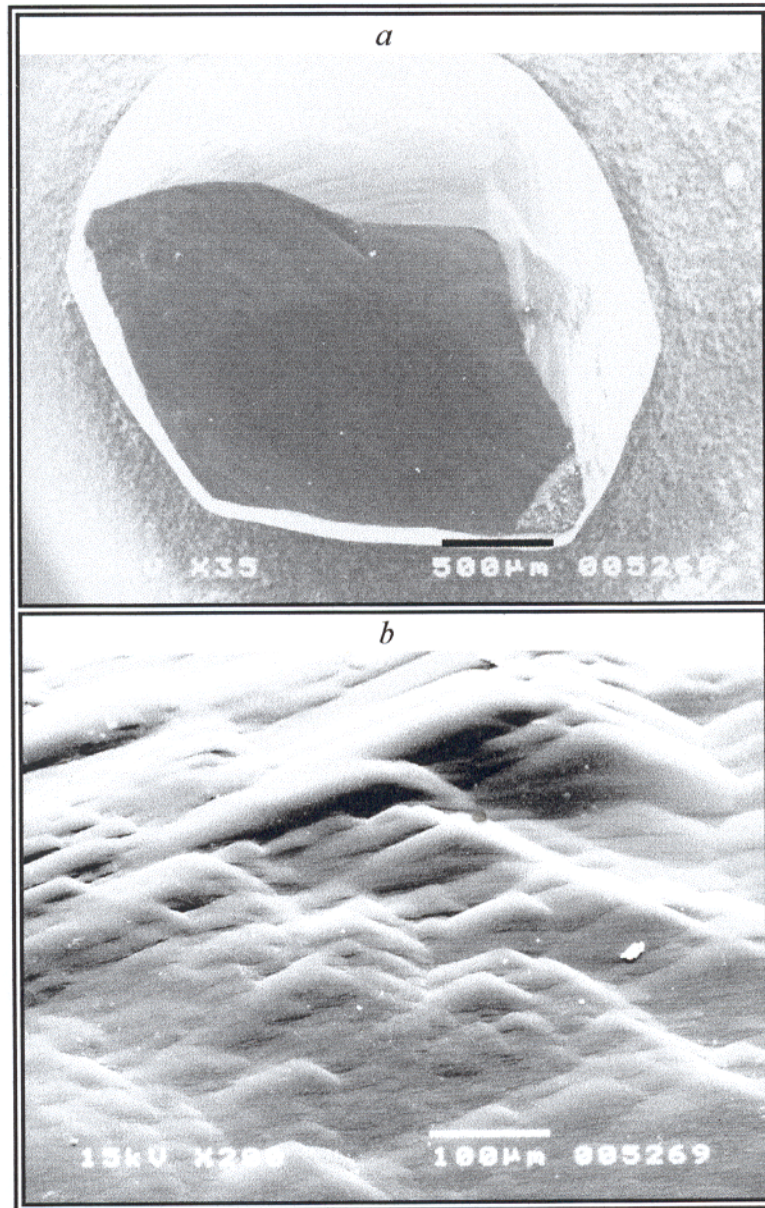


Figura 49: *a* Cristal de diamante com hábito dodecaédrico, apresentando nas faces $\{110\}$ microestruturas conhecidas como "colinas". *b* Detalhe da figura anterior, ilustrando a morfologia atribuídas a corrosão natural das feições em "colinas".

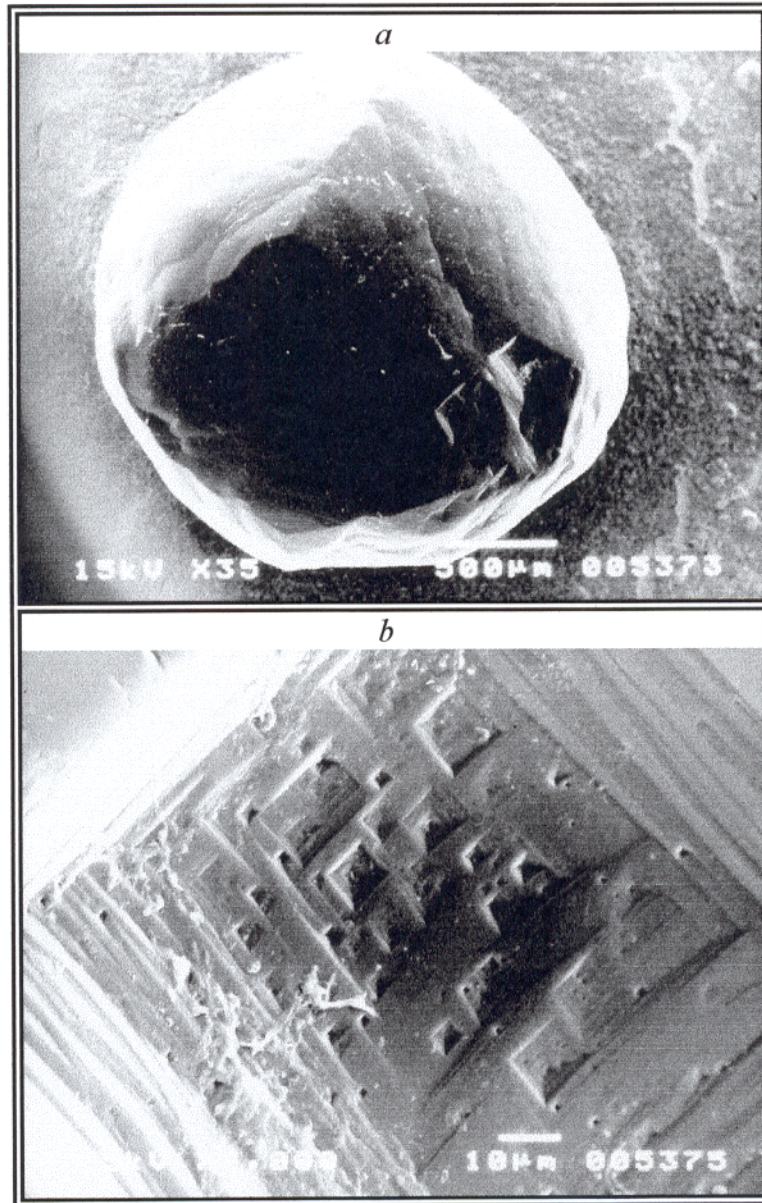


Figura 50: *a* - Cristal de diamante de hábito dodecaédrico bastante dissolvido, semelhante a um cristal tipo *ballas* (peso=0,20 ct). *b* - Detalhe da figura anterior, ilustrando as feições quadráticas, ressaltadas pelas regiões com retículo cristalino menos defeituosos.

São conhecidas como "marcas de impacto" (*impact marks*) as figuras que normalmente apresentam forma de meia-lua, conhecidas comercialmente como "unhadas" (Figura 51). Censier & Tourenq (1985)¹⁰ *apud* Chaves (1997) interpretaram a origem destas microestruturas nos diamantes como sendo produzida pela abrasão durante o transporte fluvial. Chaves (1997) analisou microscopicamente dezenas dessas figuras afim de contribuir para o esclarecimento dessa questão. E observou que as estruturas em meia-lua estavam presentes exclusivamente nas faces dodecaédricas, e não indistintamente em todos os tipos de faces cristalinas como era de se esperar, contrariando o possível surgimento dessas estruturas durante o transporte fluvial. Segundo Chaves (1997) essa evidência parece não deixar dúvidas que as marcas de impacto são produzidas pela dissolução natural, corroborando com Svisero (1971) ao considerar a clivagem a única alteração sofrida pelo diamante durante o transporte fluvial.

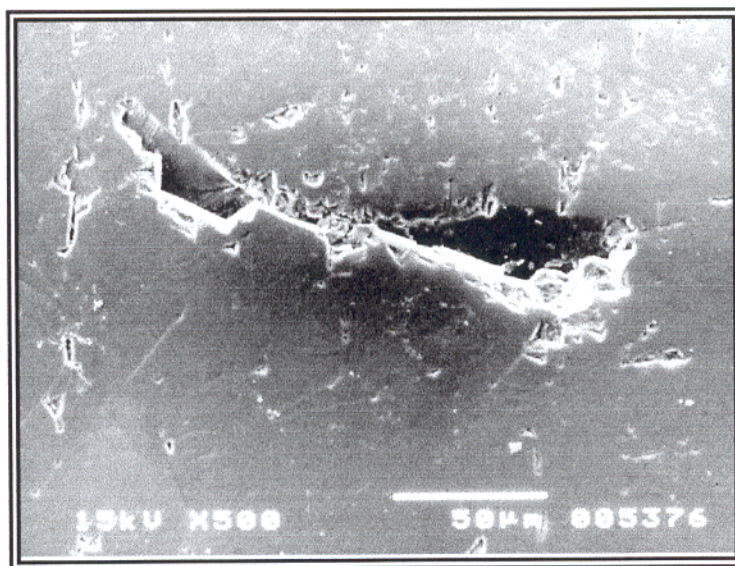


Figura 51: Cristal de diamante com hábito dodecaédrico mostrando prováveis "marca de impacto".

¹⁰ Censier, C. & Tourenq, J. 1985. Cristal forms and surface textures of alluvial diamonds from the western region of the Central African Republic. *Mineralium Deposita*, 30:314-322.

4.6.4 Luminescência

Freqüentemente o diamante apresenta fluorescência em tons diversos. A avaliação desta propriedade é feita em função das tonalidades e dos seus respectivos graus de intensidade. As fluorescências mais observadas são as de cores azul, verde, amarela e rosa. Entre essas a azul é a mais comum, podendo variar entre as tonalidades azul claro até azul anil. Alguns espécimes são fosforescentes. Dependendo do comprimento da onda ultravioleta um mesmo diamante pode apresentar diferentes intensidades de fluorescência. Logo, um diamante que apresenta fluorescência média ou fraca sob a incidência de raios ultravioletas com comprimento de ondas curtas, deverá apresentar fluorescência com o mesmo padrão de cor, porém com intensidade muito mais forte ao ser submetido a exposição de fonte ultravioleta de ondas longas.

Entre os trinta diamantes estudados em Painin 83% apresentam fluorescência (Tabela 19). Entre os indivíduos que apresentam essa propriedade, predominam os com intensidade média. As fluorescências azul e azul "leitoso" são as mais freqüentes, observadas em 40% dos espécimes avaliados; seguindo-se as tonalidades verde e verde amarelada (30%); azul esverdeado e verde azulado (13%). Todos os diamantes coloridos apresentam fluorescência entre as tonalidades azuladas e esverdeadas, normalmente com intensidade média a fraca.

Tabela 19: Freqüência (em %) das cores e intensidade de fluorescência em 30 diamantes da região do garimpo Painin.

| | Fluorescência | % |
|-------------|--------------------------------|----|
| Cores | Ausente | 17 |
| | Azul, azul "leitoso" | 40 |
| | Verde, verde | 30 |
| | Amarelada | |
| | Azul esverdeado, verde azulado | 13 |
| Intensidade | Ausente | 17 |
| | Fraca | 20 |
| | Média | 37 |
| | Forte | 26 |

4.6.5 Inclusões

As inclusões minerais presentes nos diamantes da região do Painin foram classificadas em: "carvão", "jaça" e "bolha". Por tratarem-se de termos puramente comerciais, seus significados devem ser brevemente esclarecidos para melhor compreensão. As inclusões tipo

"carvão" são manchas escuras, com duas origens do ponto de vista mineralógico: a - defeito puramente estrutural do cristal como uma clivagem; b - presença de uma inclusão mineral escura. As manchas escuras nas regiões com defeitos estruturais são geradas pela reflexão total da luz incidente no cristal. Ao passar do diamante que tem índice de refração de 2,42 para uma região com defeito onde existe um vácuo com índice de refração igual 1, a luz sofre reflexão total originando manchas escuras de formas variáveis em dependência da extensão da clivagem (Chaves 1997). Sua melhor visualização depende principalmente do ângulo de observação do cristal. As "jaças" também são originadas por clivagens, mas não apresentam coloração escura. As "bolhas" representam inclusões minerais transparentes, e sua coloração depende da espécie mineral presente: olivina, enstatita e coesita são incolores; as granadas podem ser vermelhas (piropo) ou alaranjadas (piropo-almandina); diopsídio e onfacita são verdes; espinélio e rutilo podem ser castanho avermelhados (Chaves 1997).

Guimarães (1934) identificou a presença de inclusões de quartzo nos diamantes de Diamantina. Meyer & Svisero (1975) classificaram inclusões deste tipo como inclusões epigenéticas, preenchendo microfraturas no cristal de diamante. As principais inclusões registradas nos diamantes do Rio Jequitinhonha são representadas por cromo-espinélio, enstatita e forsterita (Svisero 1978).

As "jaças" e/ou "carvões" estão presentes em pouco mais da metade dos diamantes avaliados (56,7%), seguindo-se as "bolhas" em 20% desses. Apenas cinco entre os cristais estudados não apresentam inclusões minerais; somente dois espécimes com cores opacas não possibilitaram a visualização de possíveis inclusões singenéticas. Apesar da ocorrência das "jaças", "carvões" e "bolhas", menos de 35% dos diamantes estudados da região do Painin não apresentam qualidade gema, em função da quantidade, posicionamento e tamanho dessas inclusões minerais.

O estudo por MEV-EDS de alguns diamantes da região do Painin revelou a presença de inclusões minerais singenéticas e epigenéticas. A determinação da composição química das principais inclusões singenéticas demonstrou tratar-se de periclásio, diopsídio, topázio ou silimanita, mica (muscovita), coesita e olivina (Figuras 52, 53 e 54). Enquanto as epigenéticas são inclusões de preenchimento de microfraturas localizadas principalmente nas bordas dos cristais, representadas por quartzo e outros minerais da crosta como calcita e crandalita (Figuras 55).

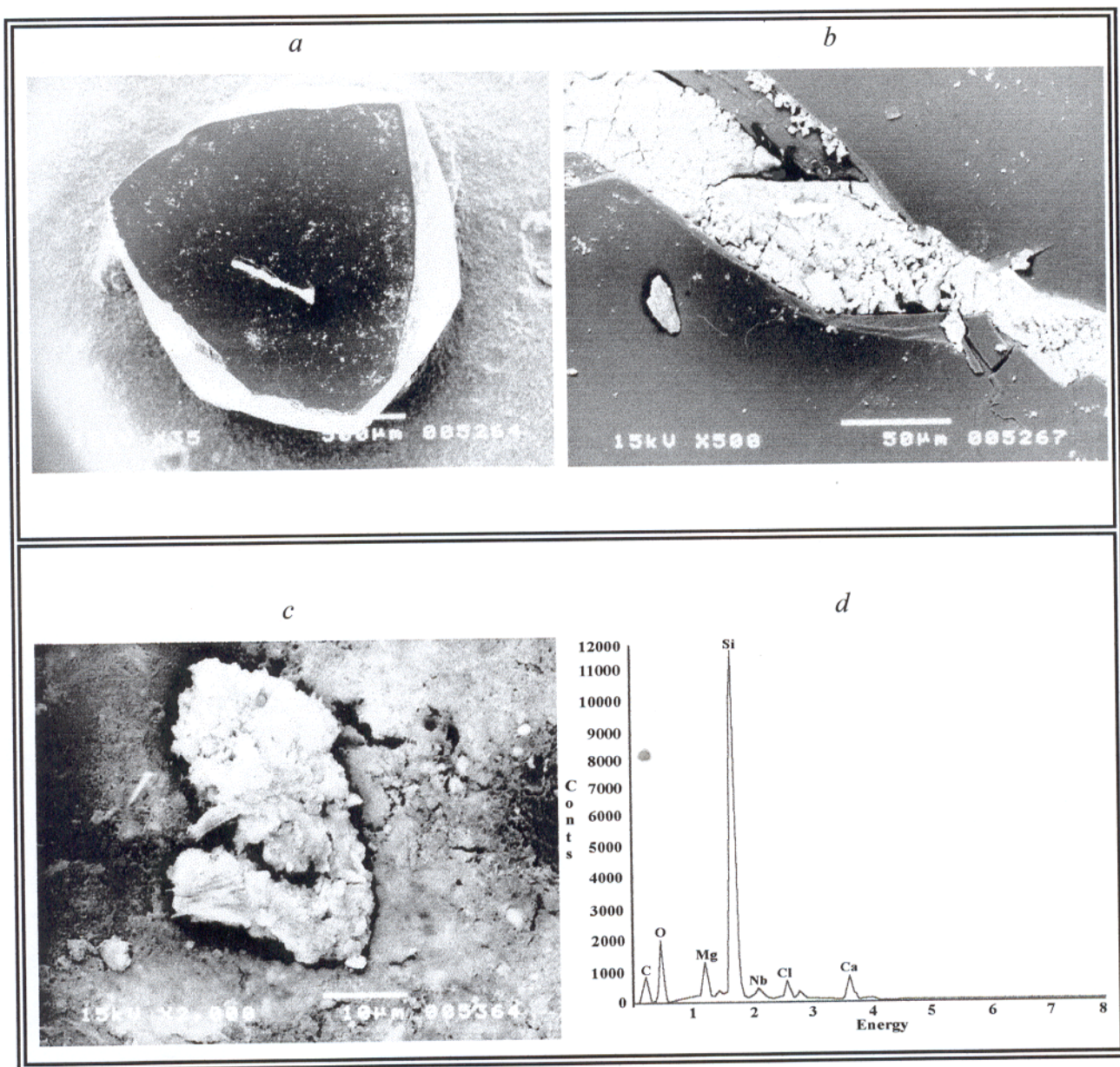


Figura 52: Algumas inclusões singenéticas observadas em diamantes da região do Painin. *a* - Aspecto geral de uma fácies polida, mostrando uma inclusão de periclásio; *b* - Detalhe da inclusão anterior. *c* - Inclusão de diopside. *d* - EDS da inclusão de diopside.

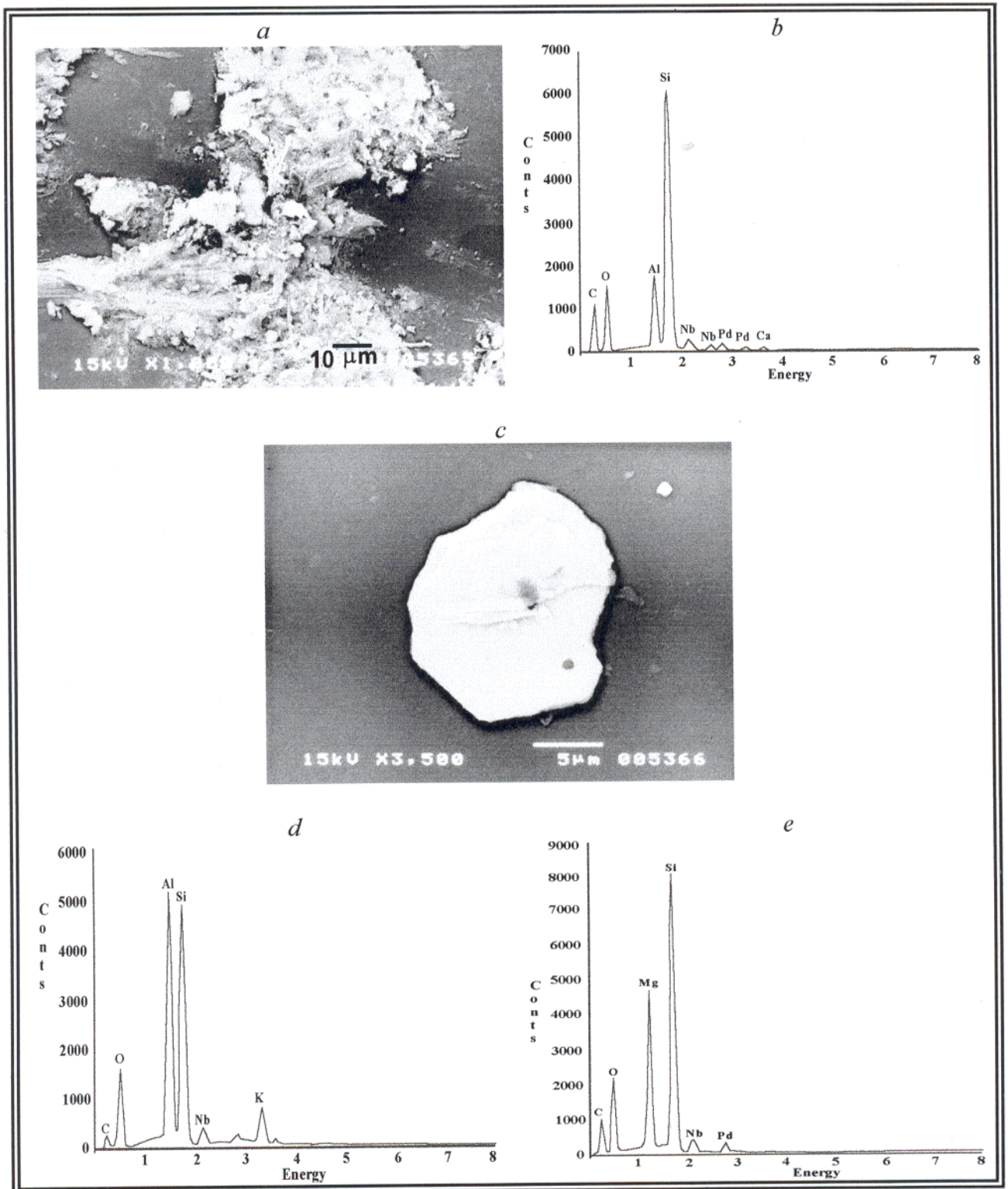


Figura 53: Algumas inclusões singenéticas observadas em diamantes da região do Painin. *a* - Detalhe de uma inclusão de topázio ou cianita; *b* - EDS da inclusão de topázio ou cianita; *c* - Aspecto geral de uma inclusão de muscovita e olivina; *d* - EDS da inclusão de muscovita; *e* - EDS da inclusão de olivina.

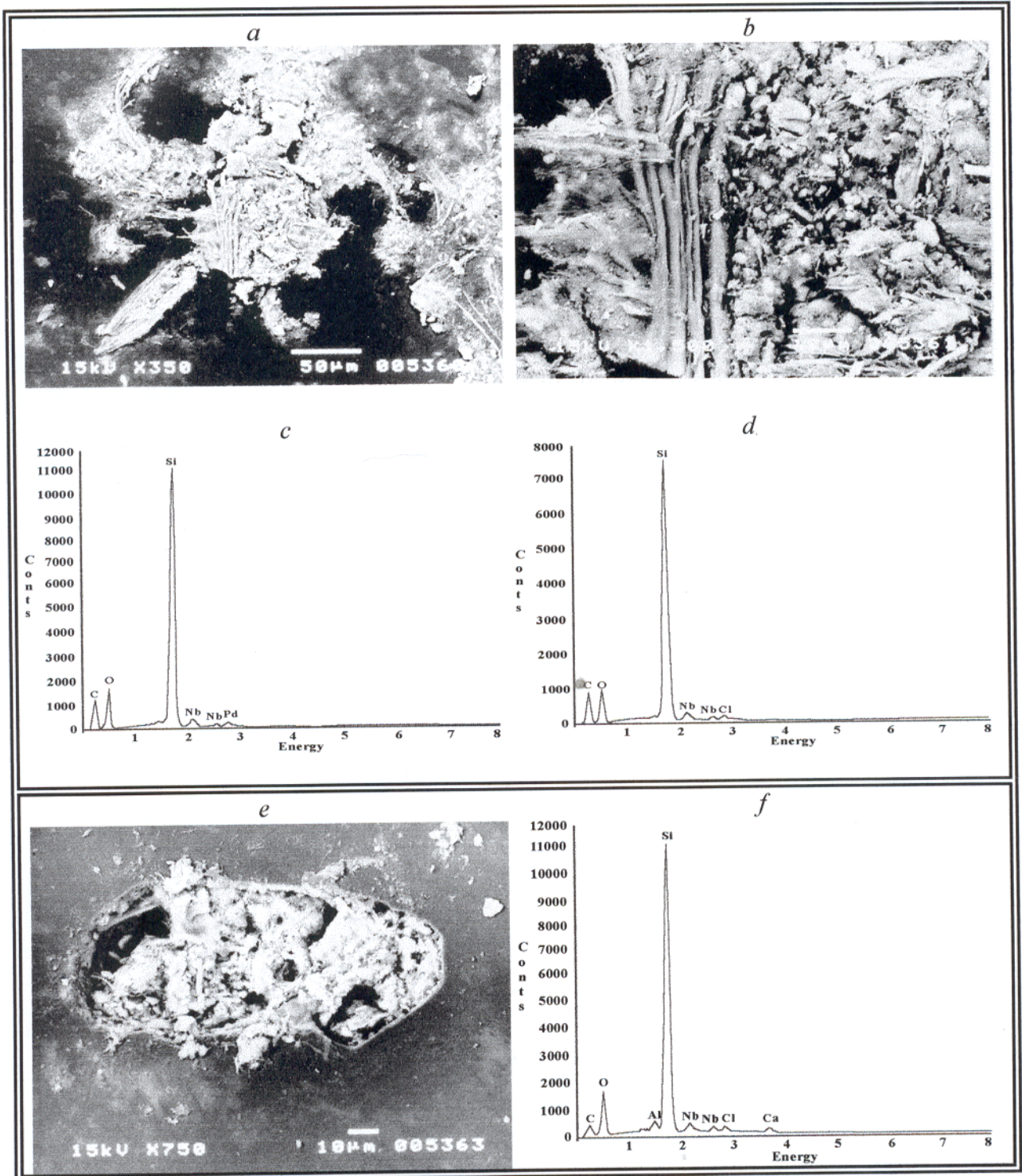


Figura 54: Algumas inclusões de coesita observadas em diamantes da região do Painin. *a* - Aspecto geral da inclusão; *b* - Detalhe da inclusão anterior; *c* - EDS da inclusão de *a*; *d* - EDS da inclusão de *b*; *e* - Inclusão em superfície (111); *f* - EDS da inclusão anterior.

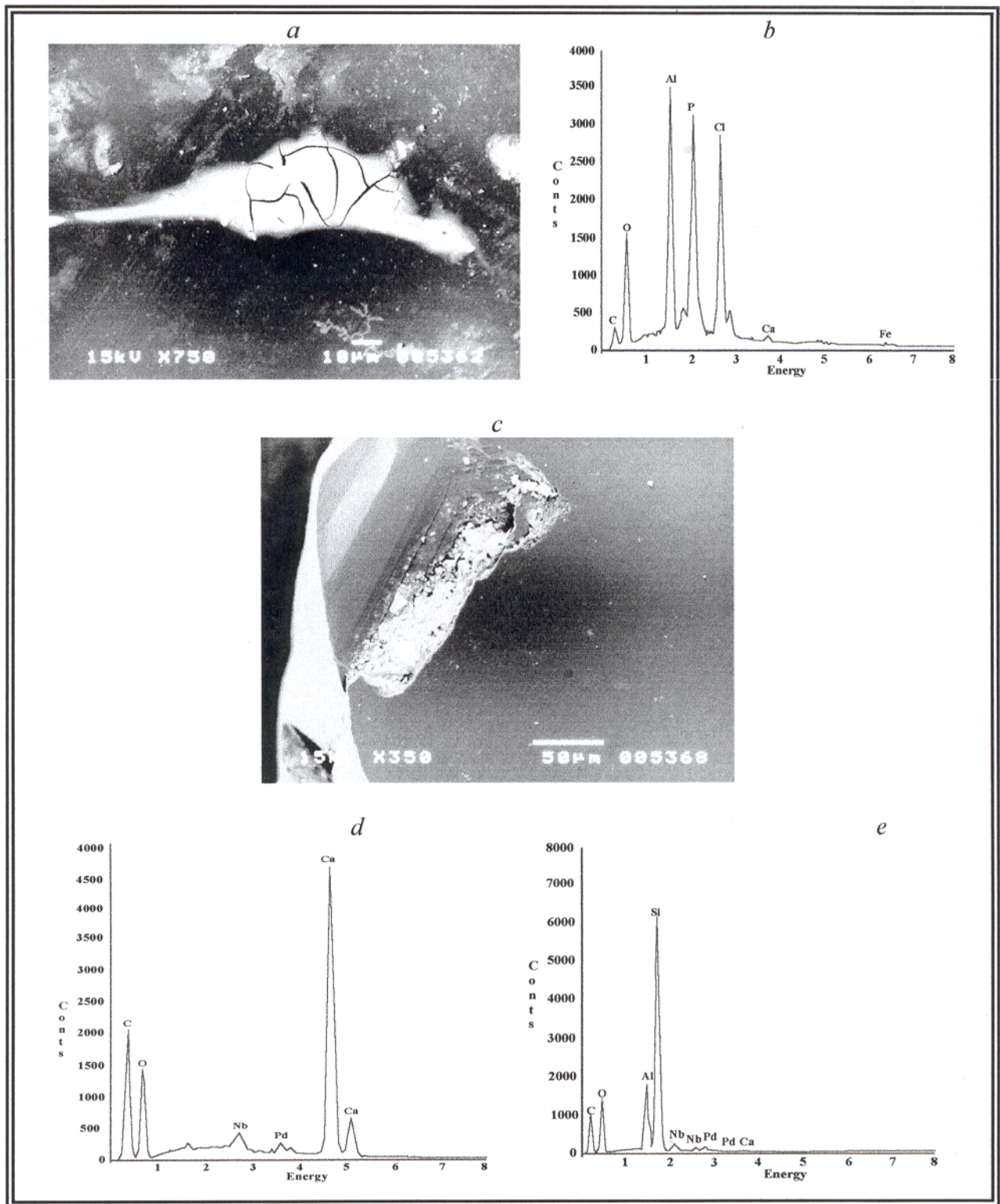


Figura 55: Algumas inclusões epigenéticas observadas em diamantes da região do Painin. *a* - Detalhe de uma inclusão de fosfato, possivelmente crandalita; *b* - EDS da inclusão de fosfato; *c* - Aspecto geral de inclusões de preenchimento de calcita e quartzo na borda do cristal; *d* - EDS da inclusão de calcita; *e* - EDS da inclusão de quartzo.

4.6.6 Capa verde e marrom

Diamantes verdes são freqüentes tanto a nível mundial como nos depósitos brasileiros aluvionares. A cor verde pode ser uma propriedade mineralógica verdadeira dessa gema (raríssimo na natureza), ou simplesmente ocasionada pela existência de capeamento verde (*green coated diamond*), que pode ocorrer nas seguintes formas (Vance *et al.* 1973¹¹ e Orlov 1973¹² *apud* Chaves 1997): a - capa verde opaca, grossa e com espessura variada; b - capa verde densa, translúcida, normalmente com 20 μ de espessura; c - pontos ou manchas verdes transparentes, também com cerca de 20 μ .

Além da capa verde o diamante também pode apresentar outro capeamento de cor marrom claro ou amarelo "palha", que é muito mais raro na natureza. É importante ressaltar que ambos os tipos de capa presentes no diamante, normalmente não prejudicam o seu valor comercial, podendo ser facilmente eliminada no polimento durante a lapidação.

Segundo Chaves (1997) os diamantes de capa verde translúcida e transparente representam cerca de 50% da produção comercializada da região de Diamantina, e são os diamantes mais freqüentes dos depósitos brasileiros.

A maioria dos autores relacionam a presença da "capa" verde em diamantes provenientes de kimberlitos africanos a fenômenos de irradiação natural dos cristais por partículas- α , emitidas por minerais (ou soluções) com urânio (Vance *et al.* 1973¹¹ *apud* Chaves 1997). Essa hipótese foi contestada por Orlov (1973)¹² *apud* Chaves (1997) que prefere atribuir essa coloração verde a alguns elementos cromóforos como Ni, Cu, Mn, Cr e terras raras, presentes na parte mais externa dos cristais.

Haralyi & Rodrigues (1992) relacionam o alto percentual de diamantes com "capa" verde da região da mina de Campo Sampaio, em Diamantina, à presença de monazita no conglomerado da Formação Sopa Bromadinho, concordando com Raal (1969)¹³ *apud* Chaves (1997) ao descrever diamantes com as mesmas características no conglomerado auro-uranífero de Witwatersrand, na África do Sul.

¹¹ VANCE, E. R.; HARRIS, J. W. & MILLEDGE, H. J. 1973. Possible origins of α -damage in diamonds from kimberlite and alluvial sources. *Mineralogical Magazine*, 39:349-360

¹² ORLOV, Y. L. 1973. *Mineralogy of the diamond*. New York. John Wiley & Sons, 235p.

¹³ RAAL, F. A. 1969. A study of some gold mine diamonds. *American Mineralogist*, 54:292-296.

Diamantes com "capa" verde são característicos de áreas onde se tem registros de fontes secundárias metamorfizadas (Urais, Costa do marfim, Witwatersrand, Espinhaço, entre outras), portadoras de minerais radioativos oriundos de outras rochas não kimberlíticas (Chaves 1997).

Na região do garimpo Painin a frequência dos diamantes com capeamento é relativamente baixa quando comparada à outros depósitos brasileiros, como por exemplo Diamantina. Entre os diamantes aqui estudados apenas 20% apresentam essa característica, sendo os de capa verde transparente os mais frequentes. Foi observado apenas um diamante com "capa" verde densa e outro marrom. Os cristais com "capa" verde transparente, quando observados com lupa de 10 X, mostram pontos com núcleos verdes intensos rodeados por nuvens de pontos menores (Figuras 45 e 56). O único diamante "capa" verde densa estudado apresenta sua superfície parcialmente coberta por manchas verdes, facilmente visíveis a olho-nu.

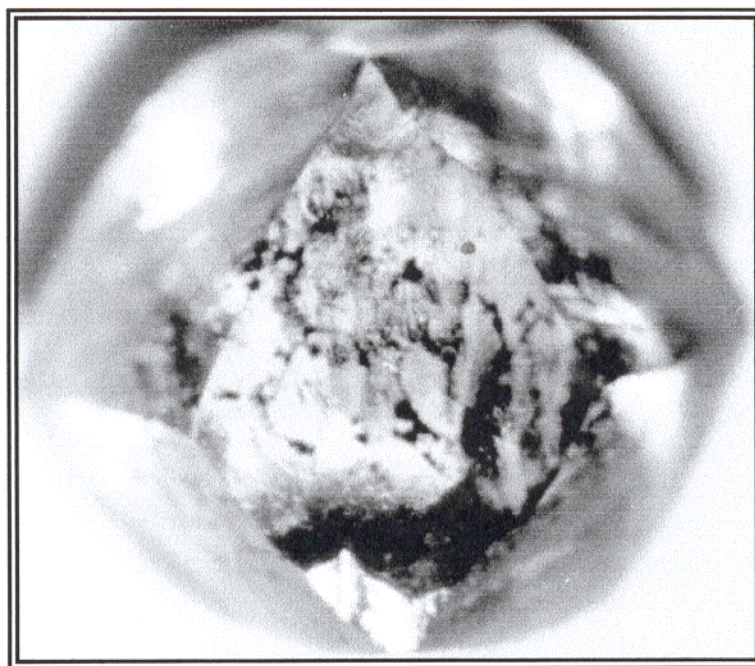


Figura 56: Cristal de diamante com "capa" verde, apresentando pontos verdes na superfície.

5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os resultados dos estudos da geologia local; das propriedades físicas e mineralógicas do diamante e seus minerais indicadores; assim como a caracterização geoquímica e mineralógica dos solos da região do Painin, obtidas neste trabalho, permitiram as seguintes conclusões:

1- A exploração diamantífera na região do garimpo Painin, ocorre ao longo do igarapé Açu (drenagem principal) e subordinadamente em seus afluentes (Figura 5). O diamante é extraído dos níveis de cascalho basal dos depósitos colúvio-aluvionares quaternários, assentados sobre os blocos desmantelados *in situ* da Formação Itaituba, e em muitos casos, preenchendo "marmitas" nos folhelhos da Formação Barreirinha.

2- As rochas dominantes na área são representadas pelos diferentes faces sedimentares da Formação Monte Alegre, intercalados por níveis conglomeráticos. Esses níveis conglomeráticos são constituídos predominantemente por seixos e grânulos de quartzo, arenito, quartzitos, granitos e gnaisses. Apresentam arcabouço fechado, com uma matriz areno-argilosa formada essencialmente por grãos de quartzo e caulinita, e uma associação de minerais pesados inferior a 1% representada por: estauroлита, turmalina, zircão, rutilo, anatásio e cianita. É provável que esses níveis conglomeráticos tenham derivado do retrabalhamento dos depósitos glaciais da Formação Curiri (principalmente os diamictitos) descrita por Daemon & Contreiras (1971), que regularmente apresentam-se truncada pelas camadas basais da Formação Monte Alegre, na região de Itaituba (Caputo 1984).

3- Os níveis colúvio-aluvionares quaternários diamantíferos são constituídos por seixos de quartzo, fragmentos de rocha (arenito, calcário, quartzito, granito, conglomerado e gnaiss), seixos de minerais do grupo da crandalita e fragmento de crosta laterítica ferruginosa. Estes constituintes estão dispostos em um arcabouço fechado, sustentados por uma matriz areno-argilosa formada principalmente por grãos de quartzo, caulinita, grupo da crandalita e uma assembléia de minerais acessórios pesados, destacando-se a estauroлита, turmalina, córindon, rutilo, diásporo, ouro, topázio, zircão, anatásio e cianita. Esses pesados representam cerca de 1 a 2 % do cascalho concentrado.

4- São freqüentes contatos litológicos entre os níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos quaternários e os níveis de conglomerado carboníferos da Formação Monte Alegre. Entretanto, a principal distinção entre eles é feita pela ausência de calcário da Formação Itaituba

e minerais do grupo crandalita, nos níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre. O contato litológico entre os níveis de cascalhos quaternários e os níveis conglomeráticos do Carboníferos é favorecido pela existência de falhamentos normais com direções NW-SE, N-S e uma falha normal côncava, de direção aproximada N-S, ambas com caimento para leste. Entretanto, não se deve excluir a possibilidade da existência de prováveis falhas inversas ou de empurrão (Figura 5).

5- Os níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos apresentam uma associação mineralógica complexa se comparados aos níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre na região do Painin. Entretanto, esses diferentes níveis de cascalhos apresentam alguns minerais pesados comuns as duas unidades (estauroлита, turmalina, zircão, rutilo, anatásio e cianita), com as mesmas propriedades físicas tais como: cor, hábito, textura, granulometrias, dentre outras. Apesar da semelhança entre esses pesados, os níveis conglomeráticos da Formação Monte Alegre diferem dos níveis de cascalhos colúvio-aluvionares diamantíferos pela ausência dos fragmentos de crosta laterítica ferruginosa, minerais do grupo da crandalita, calcário, topázio, ouro e diamante, que só foram registrados nos níveis quaternários dessa região. Essa comparação foi feita tendo-se em vista o potencial da Formação Monte Alegre, como área fonte coluviõe-aluviões diamantíferos da região do Painin.

6- A prospecção de minerais pesados envolvendo os conglomerados da Formação Monte Alegre e os depósitos colúvio-aluvionares quaternários não identificou minerais que permitissem associar a mineralização diamantífera da região do Painin à rochas de filiação kimberlítica.

7- Os minerais pesados com maior afinidade ao diamante, comumente descritos na literatura como acompanhantes/indicadores, e freqüentemente usados pelos garimpeiros locais como "guias prospectivos" são os que seguem em ordem decrescente de importância: grupo da crandalita, estauroлита, córindon, rutilo, diásporo e topázio, que tem a seguinte denominação local: "feijão", "chicória", "anil", "pretinha", "vermelhinha" e topázio, respectivamente.

8- A presença do grupo da crandalita, córindon e diásporo, em especial o primeiro, que ocorre como o principal mineral indicador do diamante associado aos níveis colúvio-aluvionares da região do Painin, deve ser investigada como maiores detalhes, visto que esses minerais também ocorrem em outros depósitos diamantíferos de natureza semelhante aos da região do Painin. CPRM (1997) identificou uma complexa associação mineralógica nos cascalhos mineralizados a diamante e ouro das regiões de garimpos do rio Maú, em Roraima e observou

que os cascalhos com maior potencial diamantífero da região em apreço apresentavam as maiores concentrações de córindon, diásporo e seixos de minerais do grupo da crandalita (gorceixita-goyazita-plumbogumita-florencita), em especial os com maiores concentrações de florencita. Costa (1999) observou entre os constituintes mineralógicos de alguns depósitos aluvionares ricos em diamante e ouro da região da Serra do Tepequém, a presença de seixos avermelhados, com dureza alta, aspecto vítreo e composição química representada por diásporo e pirofilita, conhecido como "lacre". Höhn (1999) identificou seixos de minerais do grupo da crandalita, córindon (rubi) e diásporo (safira) acompanhando os diamantes de alguns depósitos aluvionares no rio Tocantins, município de São João do Araguaia/PA. Chaves (1997) também observou a presença de minerais como diásporo e grupo da crandalita (florencita, goyazita, gorxeicita e goyazita-gorxeicita) como importantes acompanhantes de vários depósitos aluvionares recentes da Serra do Espinhaço, em Minas gerais. Guimarães (1934), ao estudar os diamantes dos mesmos depósitos investigados por Chaves (1997), relacionou minerais como o óxido de titânio e "favas" fosfatadas a uma fase magmática ácida, a qual seria possivelmente responsável pela origem primária do diamante dessa região. Entretanto, até o presente, aqui também não se tem evidências suficientes que possam relacionar os principais minerais indicadores/accompanhantes do diamante da região do garimpo Painin com sua origem primária ou secundária.

9- O estudo mineralógico e geoquímico do solo da região do Painin descartou a possibilidade de existência de assinaturas geoquímicas que possam relacionar os terrenos adjacentes à gênese (procedência) do diamante com rochas portadoras de mineralização diamantífera primária.

10- "Depósitos diamantíferos de origem primária tem como principais características o predomínio de cristais quebrados e do tipo *bort*, além de maiores proporções de cristais com hábito octaedro em relação aos de hábito dodecaédrico" (Hall & Smith¹⁴ 1984 *apud* Chaves 1997). Em Painin os cristais quebrados e do tipo *bort* são muito raros, e os cristais com hábito dodecaédrico são mais freqüentes que os de hábito octaedro. Chaves (1997) considera a baixa freqüência de cristais quebrados e do tipo *bort*, assim como o predomínio das formas dodecaédricas, nos depósitos conglomeráticos da Serra do Espinhaço, como uma característica

¹⁴ Hall, A. E. & Smith, C. B. 1984. Lamproite diamonds – are they different? In: Glover, J. E. & Harris, P. G., eds., Kimberlites occurrences and origins. University of Western Australia, Geology Department Publication, 8:167-212.

típica de depósitos sedimentares distantes. A maior concentração de diamantes dodecaédricos em depósitos dessa natureza é favorecida pelas próprias condições hidrodinâmicas que eles apresentam, ou seja, maior número de faces, as quais são arredondadas pela dissolução natural atuante no meio magmático durante o seu *emplacement* (Chaves 1997).

11- Os depósitos diamantíferos primários apresentam um baixo percentual de cristais com qualidade gemológica, além de altas taxas de cristais com inclusões singenéticas, cristais geminados e de hábito cúbico (Chaves 1997). Entre os diamantes aqui estudados observou-se o predomínio de cristais com inclusões do tipo "jaças", "carvões" e "bolhas. Entretanto, a quantidade, posicionamento e tamanho dessas inclusões minerais não comprometem a qualidade gemológica da maioria desses cristais.

12- A ocorrência de diamantes com "capa" verde (ou com restos de capa); assim como a presença de inclusões de quartzo e outros minerais típicos da crosta como a crandalita e calcita, entre os cristais analisados, podem ser indicativos da existência fontes secundárias já metamorfizadas, conforme propôs Chaves (1997) para a região do Espinhaço.

13- A presença da "capa" verde em cerca de 20% dos diamantes aqui estudados deve ser devidamente investigada, pois é possível que esse capamento tenha sido originado pela emissão de partículas- α , a partir de alguns elementos radioativos presentes nos seixos do grupo da crandalita, como mostra a Tabela 11.

14- Apesar do exposto, na presente tese, a problemática da gênese do diamante da região estudada, como na Amazônia de um modo geral, continua envolta por uma série de dúvidas, as quais deverão permanecer como alvos de discussões futuras. A prospecção na tentativa de localização de kimberlitos tem se intensificado nos últimos anos no Brasil como um todo, e em particular na Amazônia. Embora estes trabalhos de prospecção tenham começado a apresentar resultados positivos, ainda não foi comprovado o potencial diamantífero desses *pipes* kimberlíticos ou mesmo a sua ligação com depósitos coluvionares/aluvionares das regiões estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. & NOGUEIRA FILHO, J, do V. 1959. Reconhecimento geológico no rio Aripuanã. Rio de Janeiro, DNPM. v. 199. p.1-43. (Bol. Div. Geól. Mineral).
- ANDRADE, A. F.; SANTIAGO, A. F.; MELO, C. F.; BIZINELLA, G. A.; MOREIRA, H.L.; SANTOS, J.O.S.; OLIVEIRA, J.R.; MOURA, P.A.; LOPES, R. C.; RODRIQUES FILHO, S. F. R.; NEVES, S. A. V. 1978. Projeto Tapajós-Sucunduri. Manaus, DNPM/CPRM. v.3, p. 54-64. (Relatório técnico).
- BARBOSA, O. 1991. Diamante no Brasil: histórico, ocorrência, prospecção e lavra. Brasília, CPRM. p. 19-76.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. G.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. R. 1970. Geologia da região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM. p. 140. (bol., 136).
- BIZINELLA, G. A.; SANTIAGO, A. F.; MELO, A. F. F. de; SANTOS, A. J. dos; BORGES, F. R.; GODOY, H. K.; YAMAGUTI, H. S.; OLIVEIRA, J. R. de; CARMONA, J. R. M.; D'ANTANA, R. de J. G.; OLIVEIRA, R.L.1980. Projeto Tapajós-Sucunduri. Manaus, MME/DNPM/CPRM. v. 6, 60 p. (Relatório técnico).
- BOHRER, C.B.A & GONÇALVES, L.M.C. 1991. Vegetação. In: HAMMERLI, S.M. & FREDRICH, O.M.B.L. Geografia do Brasil - Região Norte. Rio de Janeiro, IBGE. v.3, p.137-168.
- BULANOVA, G.P. 1995. The forination of diamond. Journal of Geochemical Exploration, 53:1-24.
- CAPUTO, M. V. 1984. Stratigraphy, Tectonocs, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil. Santa Barbara, University of California. 583 p. (Tese de Doutorado).
- CAROZZI, A. V.; ALVES, R. J.; CASTRO, J. C. 1973. Environmental and synsedimentary tectonic evolution of the paleozoic ciastics of Middle Amazonas Basin. Belém, PETROBRÁS. (Relatório técnico).
- CASSEDANE, J.P. & CASSEDANE, J.O. 1974. Les anatases de Diamantina (Minas Gerais): minéralogie et importance paléogéographique. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 46:83-97.

- CHAVES, M. L. S. C. 1991. Sequências Cretácicas e mineralizações diamantíferas no Brasil Central e África Centro Meridional: considerações preliminares. Rio Claro, Geociências, 10: 231-245.
- CHAVES, M. L. S. C. 1997. Geologia e Mineralogia do Diamante da Serra do Espinhaço em Minas Gerais. São Paulo. Universidade de São Paulo, Centro de Geociências. 289 p. (Tese de Doutorado).
- COLLYER, A. C.; LIMA, M. I. C.; RODRIGUES, E. G.; GRANJEIRO, I.; MACHADO, J. 1998. Mapa Gemológico do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. Camboriú, *Anais...* SBG. v. 1, p. 195-196.
- COOKENDBOO, H. O. 1999. Review of diamond indicator mineralogy and major element chemistry. In: International Geochemical Exploration Symposium, 19., Vancouver. Diamond exploration Methods and Case studies. 177 p.
- COSTA, M. G. F. 1984. Fácies deposicionais e ambientes de sedimentação da Formação Monte Alegre (Neocarbonífero) na área de Autás Mirim e adjacências. Bacia do Médio Amazonas. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 125 p. (Tese de Mestrado).
- COSTA, M.L. 1982. Petrologisch-Geochemische Untersuchungen zur Genese der Bauxite und Phosphat-Laterite der Region "Gurupi" (Ost-Amazonien). Erlangen (FRA), Universitaet Erlangen-Nuernberg. 189 p. (Tese de Doutorado).
- COSTA, M.L. 1990a. Potencial metalogenético dos lateritos da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA., 36. Natal. *Anais...* SBG v.3. p.1371-1385.
- COSTA, M.L. 1990b. Lateritos e lateritização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. Natal. *Anais...* SBG. v. 1, p. 404-420.
- COSTA, M.L. 1990c. Mineralogia, geoquímica, gênese e epigênese dos lateritos fosfáticos de Jandiá, na região Bragantina (NE do Pará). *Geochim. Brasil.* 4(1):85-110.
- COSTA, M.L. 1999. Evidências de lateritos metamorfizados na Amazônia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6., Manaus. *Anais...*SBG. v. 1, p. 383-386.
- CPRM. 1997. Projeto Calcário de Itaituba. Mapa Geológico, Folha SB-21-X-A-III. Belém, DNPM/CPRM. Escala 1:100.000. (Programa Polamazônia).
- CPRM. 1997. Diamante do Rio Maú: Estudo de Roraima. EXAP. Manaus. 26 p. (Relatório técnico).

- DAEMON, R.F. & CONTREIRAS, C.J.A. 1971. Zoneamento palinológico da bacia do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25. São Paulo. *Anais...* SBG. v. 3, p. 79-88.
- DAWSON, J. B. 1980. *Kimberlites and Their Xenoliths*. Berlin, Springer. 252 p.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. 1992. *The rock forming minerals*. 2nd ed. p 130-139.
- EVENSEN, R.W.; HAMILTON, P.J. & O'NIONS, R.K. 1987. Rare Earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmoch. Acta*, 42:1199-1212.
- FAIRBRIDGE, R.W. 1972. The encyclopedia of Geochemistry and Environmental Sciences - IVA. In: NOSTRAD, V & REINHOLD, R. (ed.) *The encyclopedia the Earth Sciences*. New York. 1321 p.
- FARACO, M. T. L.; CARVALHO, J. M. A.; KLEIN, E. L. 1997. Carta Metalogenética da Província Aurífera do Tapajós. In: COSTA, M. L. & ANGÉLICA, R. S. 1997. Belém, *Contribuição a geologia da Amazônia*. p. 423-445.
- FERSMAN, A. & GOLDSCHMIDT, V. 1911. *Der Diamant*, Carl Winters. Heidelberg. 274 p.
- GOLUBEV, YU. K. 1995. Diamond exploration in glaciated terrain: a Russian perspectiva. *Journal of Geochemical Exploration* 53:265-276.
- GRAHN, Y. 1992. Revision of Silurian and Devonian strata of Brazil. p. 35-61. (*Palinology*, 16).
- GREGORY, G. P. & JANSE, A. J. A. 1992. Diamond Exploration in Tropical Terrains. p. 420-437. (*Handbook of Exploration Geochemistry*, 4).
- GRIFFIN, W. L. 1995. Diamond Exploration: into the 21st Century. *Journal of Geochemical Exploration* 53 (1-3):367.
- GRIFFIN, W. L. & RYAN, C.G. 1995. Trace elements in indicator minerals: area selection and target evaluation in diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 53: 331-338.
- GÜEBELIN, E. J. & KOIVULA, J. I. 1992. *Photoatlas of inclusions in gemstones*. Zuerich, ABC Edition. S. 189p.
- GUIMARÃES, D. 1934. À margem de "Os satélites do diamante". Belo Horizonte, Serviço Geológico do Estado de Minas Gerais. 58p. (*Monografia*, 2).
- GURNEY, J. J. & ZWEISTRA, P. 1995. The interpretation of the major element compositions of mantle minerals in diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:293-310.

- HARALYI, N. L. E. & RODRIGUES, L. P. 1992. Considerações sobre a utilização do diamante de capa verde e marrom em paleogeotermometria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. São Paulo. *Anais...* SBG. v. 2, p. 432-433.
- HASUY, J. & PENALVA, L. 1970. O problema do diamante do alto Paranaíba. Estado de Minas Gerais. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 19: 71-78.
- HASUY, Y.L.; HARALYI, N.L.E.; SCHOBENHAUS, C. 1984. Elementos Geofísicos e Geológicos da Região Amazônica: Subsídios para um Modelo Geotectônico. SYMPOSIUM AMAZÔNICO. *Anais. Manaus, DNPM/CNPQ*. p. 129-141.
- HELMSTAEDT, H.H. & GURNEY, J.J. 1995. Geotectonic controls of primary diamond deposits: implications for area selection. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:125-144.
- HÖHN, H. 1999. Mineralogia do diamante e minerais em aluviões do rio Tocantins (São João do Araguaia-PA). Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. (Tese de Mestrado em desenvolvimento).
- HÖHN, H. & COSTA, M. L. 1996. A exploração de diamantes no Rio Tocantins. Belém, Governo do Estado do Pará. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração. 25 p.
- HUGHES, C. J. 1982. *Igneous petrology*. Amsterdam, Elsevier. 313 p.
- HUSSAK, E. 1917. Os satélites do diamante. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. 55p.
- JANSE, A. J. A. B. & SHEAHAM, P. A. 1995. Catalogue of world wide diamond and Kimberlite occurrences: a selective and annotative approach. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:73-111.
- JENNINGS, C. M. H. 1995. The explomtion context for diamonds. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:113-124.
- KAMINSKY, F.V.; FEIDMAN, A.A.; VARLAMOV, V.A.; BOYKO, A.N.; OLOFINSKY, L.N.; SHOFMAN, I.L.; VAGANOV, V.I. 1995. Prognostication of primary diamond deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:167-162.
- KARFUNKEL, J.; CHAVES, M. L. S. C.; SVISERO, D. P.; MEYER, H. O. 1994. Diamonds from Minas Gerais, Brazil: an update an sources, origim and production. *International Geology Review*, 36:1019-1032.

- KARFUNKEL, J. & CHAVES, M. L. S. C. 1994. Conglomerados cretácicos da Serra do Cabral. Minas Gerais. e suas possível relação com os diamantes aluvionares da região. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3. Rio Claro. Anais... p. 96-111.
- KIRKLEY, M. B. 1998. The Origin of Diamonds: Earth Processes. In: HARLOW, G. E. (ed) The Nature of Diamonds. New York. p. 48-65.
- KONHAUSER, K.O.; FYFE, W. S.; KRONBER, B. I. 1994. Mult-element chemistry of some Amazonian waters and soils. *Chemical Geology*, 111(1-4):155-175.
- LEAL, J. W. L.; PASTANA, J. M. N.; JOÃO, X. S. J.; AMARAL, J. A. F.; NETO, C. S. S.; SILVA, M. R.; PEREIRA, M. S. M. 1996. Programa de Integração Mineral no Município de Itaituba (Primaz). Belém, CPRM/SEICOM/Prefeitura municipal de Itaituba. 229 p.
- LEITE, C. R. 1969. Mineralogia e cristalografia do diamante do Triângulo Mineiro. São Paulo, FFCL/USP. 102 p. (Tese de Doutorado).
- LEMONS, V.P. & COSTA, M.L. 1987. Participação do terras raras nos lateritos fosfáticos de Maicuru-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1. Porto Alegre. *Anais...* SBG. v. 1, p. 82-102.
- LEVINSON, A. A.; BRADSHAW, P.M.; THOMSON, J. 1987. Practical Problems in Exploration Geochemistry. Wilmette, Illinois. Applied Publishing Ltd. 269 p.
- LIMA, M. I. C. 1995. Introdução à interpretação radargeológica. Manuais Técnicos em Geociências. IBGE. v. 3, 124 p.
- LUDWIG, G. 1964. Divisão estratigráfico-faciológica do Paleozóico da Bacia do Amazonas. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. 72 p. (Série Ciência Técnica-Petróleo, 1).
- MACNAE, J. 1995. Applications of geophysics for the detection and exploration of kimberlites and lamproites. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:213-244.
- MARSHALL, T. R. & BAXTER-BROWN, R. 1995. Basic principles of alluvial diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:277-292.
- MERCEDES-BENZ DO BRASIL. 1987. Gemas do Brasil. Gems of Brazil. São Bernardo do Campo. São Paulo. 123 p.
- MEYER, O. A. H. 1994. Young diamond reveals gem's timeless quality. *Geotimes: news and trends in the geosciences*. 10:5-15.
- MEYER, O. A. & SVISERO, D. P. 1975. Mineral inclusions in Brazilian diamonds. *Physics and Chemistry of the Earth*, 9:785-795.

- MILLER, R.P. 1995. Diamonds, commencing the countdown to market renaissance. Published by Lindsay Ross Publishing Limited. Abingdon. UK. 63 p.
- MITCHELI, R. H. 1995. The role of petrography and litho geochemistry in exploration for diamondiferous rocks. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:339-350.
- MIURA, K.; THOMAZ, F. A.; CUNHA, F. M. B.; DELLA FÁVERA, J.C. 1983. Reavaliação das possibilidades petrolíferas da Bacia do Médio Amazonas. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. 59 p. (Relatório técnico).
- MOORE, M. & LANG, A. R. 1974. On the origin of the rounded rhombic dodecahedral habit of natural diamond. *Journal of Crystallography Growth*, 26:133-139.
- MORAES, L. J. 1927. Algumas jazidas de diamante no Norte de Minas Gerais. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. 23: 49-65.
- MORGAN, P. 1995. Diamond exploration from the bottom up: regional geophysical signatures of lithosphere conditions favorable for diamond exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:145-166.
- MOURA, P. 1932. Reconhecimento Geológico no Vaie do Tapajós, Brasil. Rio de Janeiro, DNPM. SBG. v. 67, 40 p.
- MUGGERIDGE, M. T. 1995. Pathfinder sampling techniques for locating primary sources of diamond: Recovery of indicador minerais, diamonds and geochemical signatures. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:183-204.
- NIXON, P.H. 1995. The morphology and nature of primary diamondiferous occurrences. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:41-72.
- OLIVEIRA, N. P. 1978. Fosfatos da região de Santa Luzia (Nordeste do estado do Pará). Belém. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 74p. (Tese de Mestrado).
- OLIVEIRA, N. P. & SCHWAB, R. G. 1980. Itacupim: Um exemplo da influência do fosfato sobre o desenvolvimento de perfis lateríticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Camboriu. *Anais...* SBG. v. 1, p. 184-196.
- ORLOV, Y. L. 1973. Mineralogy of the diamond. New York. John Wiley & Sons. 235 p.
- PAIVA, G. de. 1929. Vale do rio Negro (physiographia e geologia). Rio de Janeiro, DNPM. p. 1-45. (Boletim da Divisão Geológica e Mineral, 40)
- PETTIJOHN, F.J. 1957. Sedimentary rochs. In: HARPER & ROW. (ed.). New York. 718p.

- PINHEIRO, R. V. L.; MAURITY, C. W.; SANTOS, H. M. M.; MELO, C. C. S.; TOLEDO, P. M. 1998. Observações preliminares sobre as cavernas da região de Itaituba - PA. Grupo Espeleológico Paraense. Belém, UFPA. p. 15 (Relatório técnico).
- ROMBOUTS, L. 1995. Sampling and statistical evaluation of diamond deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:351-367.
- SAMPAIO, D. R.; COSTA, E. D.; ARAÚJO NETO, M. C. 1994. Diamantes e carbonados do alto rio Paraguaçu: geologia e potencialidade econômica. Salvador, CPRM. p. 1-23. (Arquivos Abertos, 8).
- SANTOS, D. B.; FERNANDES, P. E. C. A.; DREHER, A. M.; CUNHA, F. M. B.; BASEI, M. A. S.; TEIXEIRA, J. B. G. 1975. Geologia. In: Brasil. Projeto Radam. Folha SB.21-Tapajós. Rio de Janeiro, DNPM. p. 15-99. (Levantamentos de Recursos Naturais, 7).
- SANTOS, J.O.S. & LOGUERCIO, S.O.C. 1984. A Parte meridional do cráton Amazônico (escudo Brasil-Central) e as bacia do Alto Tapajós e Parecis-Xingu. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. 1984. Geologia do Brasil. Brasília, DNPM. p. 57-88. (ed. Comemorativa do Cinquentenário).
- SILVA, G. G. SANTOS, A. J. dos; BORGES, F. R.; GODOY, H. K.; YAMAGUTI, H.S.; OLIVEIRA, J. R. de; CARMONA, J.R.M.; D'ANTANA, R. de J.G.; OLIVEIRA, 1974. Geologia. In: Brasil. Projeto Radam. Folha SB.22- Araguaia e parte da Folha SC.22 - Tocantins. Rio de Janeiro, DNPM. p. 15-99. (Levantamentos de Recursos Naturais, 4).
- SINDOWSHI, F.K.H. 1949. Result and Problems of heavy-mineral analysis in Germany: a reiew of sedimentary-petrological papers. p. 3-25. (*Journal of sidimentary petrology*, 19).
- SMITHSON, F. 1941. The alteration of detrital minerals in the Mesozoic rocks of Yorkshire. p. 97-112. (*Geol. Mag.*, 78).
- SOARES, P. C. & FIORI, P. A. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*. Campinas. 16 (32):71-104.
- SOUZA, M. M. 1997. Ocorrências de Diamante na Formação Monte Alegre nas Proximidades de Itaituba-Pará. Manaus. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39. Belo Horizonte. *Anais...* SBG. p. 289.
- SPETSIUS, Z.V. 1995. Occurrence of diamond in the mantle: a case study from the Siberian Platform. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:25-40.

- SVISERO, D. P. 1971. Mineralogia do diamante da região do Alto Araguaia, MT. São Paulo, IGA/USP. 137p. (Tese de Doutorado).
- SVISERO, D. P. 1978. Composição química, origem e significado geológico de inclusões minerais de diamantes do Brasil. São Paulo, IC/USP. 165 p. (Tese de Livre Docência).
- SVISERO, D.P. & PIMENTEL, C.A. 1970. Microestructuras en la superficie de diamantes de Brasil. In: GRUPO IBEROAMERICANO DE CRISTALOGRAFIA, Segunda Reunion. Buenos Aires. Anales... Buenos Aires, p. 147-157.
- SVISERO, D.P.; MASCARENHAS, Y. P.; SIMONE, C. C. A.; FRANCESCONI, R. 1984. Mineralogia da ocorrência de florencita do município de Bicas-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro. *Anais...* SBG. v. 2, p. 4434-4445.
- TEIXEIRA, W; TASSINARI, C. C. G; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. 1989. A Review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, 42 (3-4): 213 - 227.
- TOMPKINS, L. A. & GONZAGA, G. M. 1989. Viagem aos terrenos diamantíferos de Abaeté. Ouro Preto. p. 91-164. (Revista Escolar de Minas, 4).
- TOWIE, N. J. & SEET, L. H. 1995. Diamond laboratory techniques. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:205-212.
- TRUCKENBRODT, W. & KOTSCHOUBEY, B. 1981. Argila de Belterra - Cobertura terciária das bauxitas amazônicas. *Revista Brasileira de Geociências*, 11(3):203-208.
- VERDADE, F. C. 1975. Análise Química Total. In: MONIZ, A. C. (ed.) *Elementos de Pedologia*. Rio de Janeiro. p. 209-221.
- WHITE, S.H.; BOORDER, H.; SMITH, C.B. 1995. Structural controls of kimberlite and lamproite emplacement. *Journal of Geochemical Exploration*, 53:245-264.
- YACOOT, A. & MOORE, M. 1993. X-ray topography of natural tetrahedral diamonds. *Mineralogical Magazine*, 57:223-230.