

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



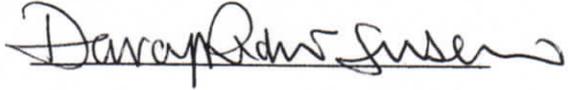
ASPECTOS MINERALÓGICOS, GENÉTICOS E ECONÔMICOS
DAS OCORRÊNCIAS DIAMANTÍFERAS DA REGIÃO
NORDESTE DO PARANÁ E SUL DE SÃO PAULO

Luiz Antonio Chierigati

Orientador: Prof. Dr. Darcy Pedro Svisero

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. D.P.Svisero	
Examinadores:	Dr. J.S.Bettencourt	
	Dr. Y.Kihara	

São Paulo
1989

Chierregati, Luiz Antonio

Aspectos mineralógicos, genéticos e econômicos das
ocorrências diamantíferas da Região Nordeste do
Paraná e Sul de São Paulo / Luiz Antonio Chierregati.

-- São Paulo, 1989.

180 p. : il. + mapa

Dissertação (Mestrado) : IGc/USP

Orient.: Svisero, Darcy Pedro

1. Mineralogia 2. Geologia econômica 3. Diamante :
Paraná : São Paulo I. Título

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO



RELATÓRIO DA COMISSÃO JULGADORA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO: Luiz Antonio Chieregati

TÍTULO: "ASPECTOS MINERALÓGICOS, GENÉTICOS E ECONÔMICOS DAS
OCORRÊNCIAS DIAMANTÍFERAS DA REGIÃO NORDESTE DO
PARANÁ E SUL DE SÃO PAULO"

O candidato fez uma apresentação do tema de forma clara e objetiva, destacando a problemática de pesquisa de diamante realizada na região do Rio Tibagi, PR.

O texto representa uma contribuição importante para a geologia do diamante no Brasil, considerando-se as dificuldades para a obtenção de informações relacionadas à esse tipo de trabalho, dificuldades essas devidas ao monopólio do diamante.

Durante a arguição foram levantados pontos sobretudo em relação a conceitos e a metodologia de pesquisa "sensu latu" que foram acatados para melhoria do trabalho.

Levando em consideração a dissertação e sua defesa, a Comissão Julgadora atribuiu as seguintes notas: Dr. Yushiro Kihara 9,5; Dr. Jorge Silva Bettencourt 9,5; Dr. Darcy Pedro Svisero 9,5. O candidato foi aprovado com "distinção", com a média final 9,5.

São Paulo, 16 de outubro de 1989

Dr. Yushiro Kihara

Dr. Jorge Silva Bettencourt

Dr. Darcy Pedro Svisero

Magali Poli Fernandes Rizzo
Chefe Administrativo de Serviço
de Pós-Graduação
IGC/USP - N.º Func. 3808175

R E S U M O

As ocorrências diamantíferas do nordeste paranaense e sul do Estado de São Paulo são conhecidas desde meados do século passado, e vem sendo exploradas, de modo intermitente, até os dias de hoje. O diamante ocorre tanto em cascalheiros do leito atual dos rios, como também em aluviões recentes e antigos, constituindo os denominados "monchões". Os depósitos são em geral de pequenas dimensões, sendo raros aqueles que suportam um trabalho mecanizado de lavra e beneficiamento. O conteúdo de diamantes nos depósitos também é pequeno, variando os teores entre 0,04 e 0,08 ct/m³. A produção total dos garimpos oscila entre 400 e 1.000 ct/ano de diamantes além de pequena quantidade de ouro obtido como subproduto.

As principais ocorrências situam-se na bacia do rio Tibaji, desde os arredores da cidade homônima até cerca de 50km a jusante de Telêmaco Borba. Outros rios diamantíferos são o Laranjinha, Cinzas, Jaguariaíva, Jaguaricatu, Itararé e Verde, este último integralmente no Estado de São Paulo. Do ponto de vista geológico, as ocorrências estão posicionadas sobre unidades estratigráficas do Devoniano, Permo-Carbonífero e Permiano da bacia do Paraná, sendo rara a presença de depósitos mineralizados, sobre terrenos geologicamente mais antigos ou mais novos do que os mencionados.

Além dos parâmetros econômicos e geológicos, os depósitos foram estudados quanto ao seu conteúdo mineralógico, buscando-se caracterizar a fonte desses sedimentos bem como a eventual presença de minerais paragenéticos do diamante, indicadores de suas fontes primárias. Entre os minerais pesados verificou-se a predominância das fases ultra-estáveis, zircão, turmalina e rutilo, além da presença marcante de ilmenita, magnetita, goethita, cromita e monazita. Subsidiariamente verificou-se a presença de granadas de cores variadas, anfibólios, piroxênios, epidoto, estauroлита, apatita, xenotima anatásio, espinélio verde, ouro e o próprio diamante.

Determinações químicas por meio de microsonda eletrônica, efetuadas em granadas, ilmenitas e espinélios da região,

não revelaram, entretanto, indícios da presença de kimberlitos. As granadas são constituídas principalmente da molécula de almandina, com pequenas proporções das moléculas de piropo e grossulária. As ilmenitas por sua vez apresentam baixo conteúdo de magnésio, não correspondendo às de natureza kimberlítica. Quanto à presença de minerais de lamproítos na área, os dados obtidos com os espinélios não permitem avançar muito nessa hipótese, já que as características dos minerais-índice utilizados na prospecção dessas rochas não se encontram suficientemente divulgados na literatura especializada.

No que se refere ao diamante, o mesmo é de pequenas dimensões, com peso médio de 0,10 ct não obstante termos registrados o achado de pedras com peso de até 10 ct. O hábito predominante é o rombododecaedro, seguido das formas de transição para o octaédro. Subordinadamente ocorrem cristais geminados, agregados policristalinos e o próprio octaédro, além de exemplares irregulares e fraturados. O diamante é predominantemente incolor e de qualidade gemológica.

A origem desse diamante tem sido motivo de controvérsia ao longo dos tempos. A distribuição das ocorrências conhecidas, invariavelmente situadas sobre os terrenos paleozóicos da bacia do Paraná, sugere que o diamante esteja sendo liberado dos sedimentos rudáceos dessas unidades. Por outro lado, o balizamento das ocorrências pelas estruturas tectônicas do arco de Ponta Grossa e a presença de rochas alcalinas e alcalino-ultrabásicas na porção central dessa estrutura, permite supor a existência de rochas matrizes primárias do diamante, a elas associadas.

Apesar das evidências apontarem para um modelo de reciclagem do diamante, a localização espacial e temporal de suas fontes primárias não deve ser abandonada, uma vez que seu entendimento traz uma importante contribuição para o conhecimento da evolução tectônica dessa porção de nosso continente.

S U M Á R I O

1 - INTRODUÇÃO	001
1.1 - Justificativas do trabalho	002
1.2 - Localização da área	003
1.3 - Histórico e trabalhos prévios	003
2 - METODOLOGIA DE TRABALHO	007
2.1 - Trabalhos de campo	008
2.1.1 - Prospecção regional	008
2.1.2 - Pesquisa de detalhe	008
2.2 - Trabalhos de laboratório	015
2.2.1 - Preparação de amostras	015
2.2.2 - Microscopia óptica	017
2.2.3 - Difração de Raios X	017
2.2.4 - Microssonda eletrônica	017
3 - CONTEXTO TECTONO-GEOLÓGICO REGIONAL	020
3.1 - Embasamento Pré-Cambriano e Éo-Paleozóico	021
3.2 - Cobertura Sedimentar	023
3.2.1 - Siluriano(?) - Devoniano: Formações Furnas e Ponta Grossa	026
3.2.2 - Carbonífero-Permiano: Subgrupo Itararé	028
3.2.3 - Permiano Inferior Médio: Formações Rio Bo- nito e Palermo	029
3.2.4 - Permiano Superior: Grupo Passa Dois	031
3.2.5 - Triássico e Jurássico: Formações Pirambóia e Botucatu	032
3.2.6 - Magmatismo Mesozóico/Eo-Cenozóico	033
3.2.7 - Sedimentação Pós-Vulcanismo	034
4 - GARIMPOS E OCORRÊNCIAS DIAMANTÍFERAS	036
4.1 - Região Itararé-Jaguariaíva	036
4.2 - Região de Tomasina-Ventania	042
4.3 - Região Telêmaco Borba-Tibaji	047

5 - PROSPECÇÃO E PESQUISA DO DIAMANTE	056
5.1 - Pesquisa do diamante	057
5.1.1 - Bacia do rio do Peixe	057
5.1.2 - Bacia do rio Tibaji	062
5.2 - Prospecção de fontes primárias do diamante	070
5.2.1 - Kimberlitos	074
5.2.1.1 - Aspectos químicos e mineralógicos	075
5.2.1.2 - Aspectos tectônicos e geológicos	080
5.2.2 - Lamproítos	083
5.2.2.1 - Aspectos mineralógicos e geológicos	083
6 - MINERAIS PESADOS	087
6.1 - Minerais pesados da região de Tibaji e áreas adjacentes	090
6.1.1 - Magnetita	090
6.1.2 - Ilmenita	093
6.1.3 - Cromita	097
6.1.4 - Granada	100
6.1.5 - Piroxênio	100
6.1.6 - Hornblenda	112
6.1.7 - Epidoto	112
6.1.8 - Monazita	112
6.1.9 - Xenotima	114
6.1.10 - Fosfato	114
6.1.11 - Zircão	114
6.1.12 - Turmalina	115
6.1.13 - Rutilo	115
6.1.14 - Leucoxênio	116
6.1.15 - Anatásio	116
6.1.16 - Titanita	118
6.1.17 - Hematita	118
6.1.18 - Goethita	118
6.1.19 - Cassiterita	122
6.1.20 - Ouro	122
6.2 - Diamante	122
6.2.1 - O diamante da região Itararé-Jaguariaíva	124

6.2.2 - O diamante da região de Tomasina-Ibaiti	127
6.2.3 - O diamante da região de Telêmaco Borba-Tibaji.	127
7 - ECONOMIA MINERAL DO DIAMANTE	136
7.1 - Histórico do diamante	136
7.1.1 - O comércio de diamantes na antiguidade	138
7.1.2 - A indústria de lapidação	139
7.2 - Produção mundial de diamantes	141
7.3 - Comércio e consumo atuais	143
7.3.1 - Diamantes gemológicos	143
7.3.2 - Diamantes industriais	146
7.4 - Produção brasileira de diamantes	147
8 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A ORIGEM DO DIAMANTE DO TIBAJI ...	150
8.1 - Distribuição geográfica	151
8.2 - Situação atual dos garimpos	152
8.3 - Significado dos minerais pesados	153
8.4 - O diamante do Tibaji	157
8.5 - Condicionamento estratigráfico das ocorrências..	160
8.6 - Condicionamento tectônico das ocorrências	163
9 - AGRADECIMENTOS	167
10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169

ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 01	- Localização geográfica da área estudada	004
FIGURA 02	- Mapa de amostragem	009
FIGURA 03	- Esquema de funcionamento de uma sonda banka	014
FIGURA 04	- Fluxograma de amostragem e tratamento das amostras	016
FIGURA 05	- Esboço tectônico e estratigráfico da região do Arco de Ponta Grossa	022
FIGURA 06	- Coluna geológica da bacia do Paraná	024
FIGURA 07	- Coluna cronolitoestratigráfica da bacia do Paraná	025
FIGURA 08	- O garimpo de Itoupava, município de Itararé, SP	039
FIGURA 09	- Localização das principais ocorrências diamantíferas dos rios das Cinzas e do Peixe	044
FIGURA 10	- Principais garimpos e ocorrências diamantíferas da região de Telêmaco Borba e Tibaji, PR	048
FIGURA 11	- Esboço geológico da região dos garimpos de Atamon e do Marcola, Telêmaco Borba, PR	052
FIGURA 12	- Localização de monchões do rio do Peixe, na região de Ventania, PR	058
FIGURA 13	- Monchões e garimpos do rio do Peixe na região de Ibaiti, PR	059
FIGURA 14	- Esquema de pesquisa realizada no moncão do Miranda, Ibaiti, PR	061
FIGURA 15	- Esboço geológico da região dos garimpos da Ilha dos Cavalos e do rio Barra Grande, Ortigueira, PR	064
FIGURA 16	- Planta e perfil geológico esquemático do garimpo do Atamon, Telêmaco Borba, PR	071

FIGURA 17 - Difratoograma de uma magnetita da região de Tomasina, PR	094
FIGURA 18 - Difratoograma de uma ilmenita da região de Ibaiti, PR	095
FIGURA 19 - Variação da composição química de ilmenitas	098
FIGURA 20 - Diagrama de pó de uma cromita da região de Ibaiti, PR	099
FIGURA 21 - Diagrama de pó de uma hercynita da região de Ibaiti, PR	099
FIGURA 22 - Variação da composição química de granadas da região de Itararé, SP	109
FIGURA 23 - Variação da composição química de granadas da região de Tomasina, PR	110
FIGURA 24 - Variação da composição química de granadas da região de Telêmaco Borba, PR	111
FIGURA 25 - Difratoograma de uma monazita da região de Sengês, PR	113
FIGURA 26 - Difratoograma de uma amostra de rutilo da região de Tibaji, PR.....	117
FIGURA 27 - Difratoograma de uma hematita da região de Tibaji, PR	119
FIGURA 28 - Difratoograma de uma goethita da região de Tibaji, PR	120
FIGURA 29 - Histograma das formas do diamante da região de Itararé-Jaguariaíva (SP-PR)	126
FIGURA 30 - Histograma da cor do diamante da região de Itararé-Jaguariaíva (SP-PR)	126
FIGURA 31 - Histograma das formas do diamante da região de Telêmaco Borba - Tibaji, PR	130
FIGURA 32 - Histograma da cor do diamante da região de Telêmaco Borba-Tibaji, PR	130
FIGURA 33 - Histograma das formas do diamante do garimpo do Atamon, Telêmaco Borba, PR	134

FIGURA 34 - Histograma das cores do diamante do garimpo do Atamon, Telêmaco Borba, PR	134
FIGURA 35 - Histograma de distribuição do peso do diamante da região de Telêmaco Borba-Tibaji	135
FIGURA 36 - Evolução da produção mundial do diamante no período 1977-1986	144
FIGURA 37 - Diagrama dos campos composicionais de granadas de kimberlitos e do Tibaji	154
FIGURA 38 - Diagrama dos campos composicionais de ilmenitas de kimberlitos e do Tibaji	156
FIGURA 39 - Curva de distribuição granulométrica do diamante de Romaria-MG	158
FIGURA 40 - Curva de distribuição granulométrica de microdiamante Wyoming -Colorado - USA	158
FIGURA 41 - Controle tectônico e estratigráfico das ocorrências diamantíferas da região do Tibaji-Itararé	164

ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA 01	- Relação das amostras coletadas	010
TABELA 02	- Estimativa da reserva de cascalho do rio do Peixe na região de Ventania - Ibaiti, PR	063
TABELA 03	- Resumo dos ensaios realizados no garimpo da Ilha dos Cavalos, Ortigueira, PR	065
TABELA 04	- Resumo dos ensaios realizados no garimpo do rio Barra Grande, na área do paleocanal, Ortigueira, PR	069
TABELA 05	- Principais minerais constituintes de kimberlitos	076
TABELA 06	- Composição de ilmenitas de kimberlitos de diversas localidades	078
TABELA 07	- Variações do teor de MgO em ilmenitas kimberlíticas	079
TABELA 08	- Composição de granadas kimberlíticas de diversas localidades	081
TABELA 09	- Principais minerais constituintes de lamproítos	085
TABELA 10	- Séries de estabilidade de minerais pesados	088
TABELA 11	- Minerais pesados constituintes de rochas diversas	089
TABELA 12	- Composição mineralógica dos concentrados da área estudada	091
TABELA 13	- Análises químicas de ilmenitas do rio Santa Rosa, Tibaji, PR	096
TABELA 14	- Análises químicas de ilmenitas do garimpo do Atamon, Telêmaco Borba, PR	096
TABELA 15	- Análises químicas de cromitas do garimpo do rio Santa Rosa, Tibaji, PR	101
TABELA 16	- Análises químicas de granadas do garimpo de Itoupava, Itararé, SP	102
TABELA 17	- Análises químicas de granadas da região de Santa Cruz dos Lopes, Itararé, SP	103

TABELA 18	- Análises químicas de granadas do rio das Cinzas em Tomasina, PR	104
TABELA 19	- Análises químicas de granadas do conglomerado Itararé do Bairro do Gabirobal, Tomasina, PR	105
TABELA 20	- Análises químicas de granadas do garimpo do Atamon, Telêmaco Borba, PR	106
TABELA 21	- Análises químicas de granadas do garimpo da Pedra Grossa, Telêmaco Borba, PR	107
TABELA 22	- Análises químicas de granadas do garimpo da Conceição, no rio Tibaji, Tibaji, PR	108
TABELA 23	- Caracterização da morfologia do diamante de Itararé-Jaguariaíva	125
TABELA 24	- Caracterização da cor do diamante de Itararé-Jaguariaíva	125
TABELA 25	- Caracterização da morfologia do diamante da região de Telêmaco Borba - Tibaji	129
TABELA 26	- Caracterização da cor do diamante da região de Telêmaco Borba - Tibaji	129
TABELA 27	- Caracterização da morfologia do diamante do garimpo do Atamon	133
TABELA 28	- Caracterização da cor do diamante do garimpo do Atamon	133
TABELA 29	- Produção mundial de diamantes naturais	142
TABELA 30	- Reservas, produção e comércio de diamantes no Brasil	147

ÍNDICE DAS FOTOGRAFIAS

FOTO 01	- Estruturas sedimentares no arenito Furnas, rodovia Castro-Tibaji, PR	027
FOTO 02	- Estruturas sedimentares em arenitos da interface Furnas-Ponta Grossa, Tibaji, PR	027
FOTO 03	- Diamictito do Subgrupo Itararé na região de Ventania, PR	030
FOTO 04	- Pavimento estriado do arenito Itararé na região de Itapeva, SP	030
FOTO 05	- Vista do rio Lajeado, Itararé, SP	037
FOTO 06	- Detalhe de um sumidouro no leito do rio Lajeado, Itararé, SP	037
FOTO 07	- Estruturas sedimentares no arenito Itararé, Itararé, SP	041
FOTO 08	- Cata de diamante no leito do rio Jaguaricatu, Sengês, PR	041
FOTO 09	- Aspecto do conglomerado de um terraço no rio das Cinzas, Tomasina, PR	046
FOTO 10	- Detalhe do encaixamento do rio das Cinzas na região de Arapoti, PR	046
FOTO 11	- Aspecto do conglomerado diamantífero da Fazenda Ilha dos Cavalos, Ortigueira, PR	049
FOTO 12	- Aspecto do conglomerado de um terraço alto no rio Barra Grande, Ortigueira, PR	051
FOTO 13	- Lavra em um terraço baixo no rio Barra Grande, Ortigueira, PR	051
FOTO 14	- Frente de lavra do garimpo Marcola, Telêmaco Borba, PR	054
FOTO 15	- Detalhe do conglomerado lavrado no garimpo do Marcola	054
FOTO 16	- Conglomerado silicificado no leito exposto do rio Tibaji, PR	055
FOTO 17	- Exemplares de diamante do garimpo do rio Santa Rosa, Tibaji, PR	055
FOTO 18	- Sequência das operações de extração, lava a gem, classificação e concentração de cascalhos do garimpo da Ilha dos Cavalos, Ortigueira, PR	066
FOTO 21	- lhos do garimpo da Ilha dos Cavalos, Ortigueira, PR	067

FOTO 22	- Desvio do rio Tibaji no garimpo do Atamon, Telêmaco Borba, PR	072
FOTO 23	- Instalações de lavagem e classificação de cascalho no garimpo do Atamon	072
FOTO 24	- Frente de cascalho diamantífero do garimpo do Atamon	073
FOTO 25	- Lentilhas de óxido de ferro (ferragem) do Monchão do Angelino, Tibaji, PR	121
FOTO 26	- Pirita limonitizada do conglomerado da Serra dos Borges, Tibaji, PR	121
FOTO 27	- Palhetas de ouro fino do garimpo da Ilha dos Cavalos, Ortigueira, PR	123
FOTO 28	- Palhetas de ouro do garimpo de Itoupava, Itararé, SP	123
FOTO 29	- Aspectos morfológicos do diamante da região de Itararé, SP (1)	128
FOTO 30	- Aspectos morfológicos do diamante da região de Itararé, SP (2)	128
FOTO 31	- Aspectos morfológicos do diamante da região de Telêmaco Borba, PR (1)	131
FOTO 32	- Aspectos morfológicos do diamante da região de Telêmaco Borba, PR (2)	131

1 - INTRODUÇÃO

A presente Dissertação de Mestrado trata dos trabalhos de cunho mineralógico de geologia de campo e econômico, realizados sobre as ocorrências diamantíferas da região nordeste do Paraná e sul de São Paulo. Parte dessas ocorrências foram pesquisadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, no período 1982-1986, dentro de um programa nacional para localização de jazidas de diamantes industriais. Vinte e nove requerimentos de pesquisa para diamantes foram avaliados, sendo três áreas pesquisadas em detalhe. Apenas uma pequena reserva de diamantes (2.400 ct), considerada antieconômica, foi definida. Além das áreas de requerimento da CPRM foram visitados e estudados outros locais de ocorrência e garimpagem de diamantes, bem como realizada coleta de material para estudo de laboratório. Foram analisadas 51 amostras de concentrados provenientes das áreas de ocorrências de diamantes e arredores das mesmas, além de amostras individuais de ocorrências isoladas. Para o diamante, especificamente foram analisadas cerca de 2.500 pedras provenientes de diversos garimpos da região.

Do ponto de vista geológico observou-se uma aparente correlação das ocorrências diamantíferas com níveis rudáceos ou de diamictitos do subgrupo Itararé. Ao mesmo tempo verificou-se o balizamento da faixa de distribuição do diamante com feições estruturais maiores, ligadas ao arcabouço tectônico da área.

Do ponto de vista da mineralogia observou-se, na fração pesada dos sedimentos, a presença marcante da magnetita e da ilmenita, derivadas provavelmente das rochas básicas mesozóicas e, entre os não opacos, a nítida predominância das fases estáveis zircão, turmalina e rutilo, indicando pouca contribuição de fontes mais jovens do que os sedimentos paleozóicos regionais. Por outro lado, o estudo específico do diamante da região mostrou predominância do diamante tipo gema, apresentando os cristais dimensões em torno de 0,10 a 0,15 quilates, em média. Não

obstante, foi registrado durante os trabalhos de campo, o achado de dia
mantes com porte de até 10 quilates, porém de qualidade industrial. A pre
sença de ouro foi verificada na maioria das ocorrências estudadas, não exis
tindo, entretanto, preocupação dos garimpeiros quanto a sua recuperação, em
vista do contexto episódico das atividades de lavra.

A origem do diamante da região constitui até hoje um problema
controvertido, faltando estudos pormenorizados sobre a sua distribuição
bem como dos minerais pesados a ele associados. A falta de minerais parage
néticos característicos de rochas kimberlíticas (piropo, ilmenita magnesia-
na) e/ou lamproítica (cromoespinélio) parece indicar em princípio que o dia
mante estudado esteja associado à unidades detríticas da bacia do Paraná .
Por outro lado, a ausência desses indicadores não significa, necessariamen-
te, que não existam kimberlitos e/ou lamproitos na área. Certamente essa
questão só poderá ser resolvida mediante a realização de traba
lhos sistemáticos de prospecção, envolvendo o rasteamento de mi
nerais pesados e levantamentos geofísicos em áreas definidas.

1.1 - Justificativas do Trabalho

Até a presente data, a região de Tibaji encerra a
mais meridional das ocorrências diamantíferas do continente Sul
americano. Sua produção de diamantes tem sido pequena, de 500 a
1000 ct/ano, mas sua localização, próxima a grandes centros de
consumo e distante cerca de 1000 km do mais próximo centro pro
dutor de diamantes, dá ensejo a que se estimule a produção lo
cal, através da caracterização de novos depósitos ou da eventual
identificação de fontes dispersoras primárias.

Dentro desse contexto, os avanços que se tem verifi
cado em outros países na pesquisa de fontes primárias de diaman
te, a ambiência tectônica da área, favorável a manifestações
magmáticas alcalinas e alcalino-ultrabásicas, aliada ao conheci
mento ainda precário de geologia do embasamento pré-Cambriano e
do magmatismo mesozóico da região, são fatores que justificam a
iniciativa tomada.

Por outro lado encontravam-se já em trabalho de pes
quisa na região, empresas privadas e públicas, estadual e para-
estatal, o que contribuiu efetivamente para aquisição de impor
tantes informações de cunho econômico, geológico e mineralógico.

1.2 - Localização da Área

A área estudada abrange parte do nordeste do Estado do Paraná e sul do Estado de São Paulo, sendo balizada aproximadamente pelos paralelos de 23°45' a 25°00' de latitude sul e 49°00' a 51°00' de longitude oeste (Figura 1). As principais cidades da região que serviram como sede para os trabalhos de campo e as respectivas distâncias de São Paulo são: Itararé (340 km), Jaguariaíva (400 km), Tibaji (540 km) e Telêmaco Borba (560 km). O acesso a área pode ser feito através da rodovia Castelo Branco (SP-280) até a cidade de Tatuí, a partir da qual segue-se pela SP-127 até Capão Bonito e desta, pela SP-158 até Itararé, já na divisa com o Paraná. Neste Estado, a mesma rodovia continua com a sigla de PR-040 até Jaguariaíva, onde existe um entrocamento com estrada federal que leva a Tibaji, via Piraí do Sul e Castro, ou a Telêmaco Borba via Arapotí e Ventania. Já a partir da cidade de Curitiba, as cidades de Telêmaco Borba e Tibaji distam, respectivamente, 260 e 240 km por rodovia asfaltada.

1.3 - Histórico e trabalhos prévios

As ocorrências de diamante do rio Tibaji são conhecidas desde 1836, tendo o primeiro achado acontecido nas proximidades de onde hoje se localiza a cidade de Tibaji. O diamante foi primeiramente identificado em cascalheiras de terraços antigos e elevados, também denominados de monchões, passando depois a ser recuperado de cascalheiras do leito ativo. Desde então a garimpagem de diamante naquele rio e em seus afluentes vem se processando de modo intermitente até a presente época, com fases de maior ou menor intensidade nos trabalhos.

Além das ocorrências do rio Tibaji, que se estendem até as proximidades do Salto Mauá, o diamante foi também encontrado nas bacias dos rios do Peixe ou Laranjinha (próximo a Ibaiti), das Cinzas (próximo a Tomasina), e Itararé (junto a cidade homônima), esta última incluindo as sub-bacias dos rios Jaguariaíva, Jaguaricatu e Verde, todos com ocorrências diamantíferas conhecidas.

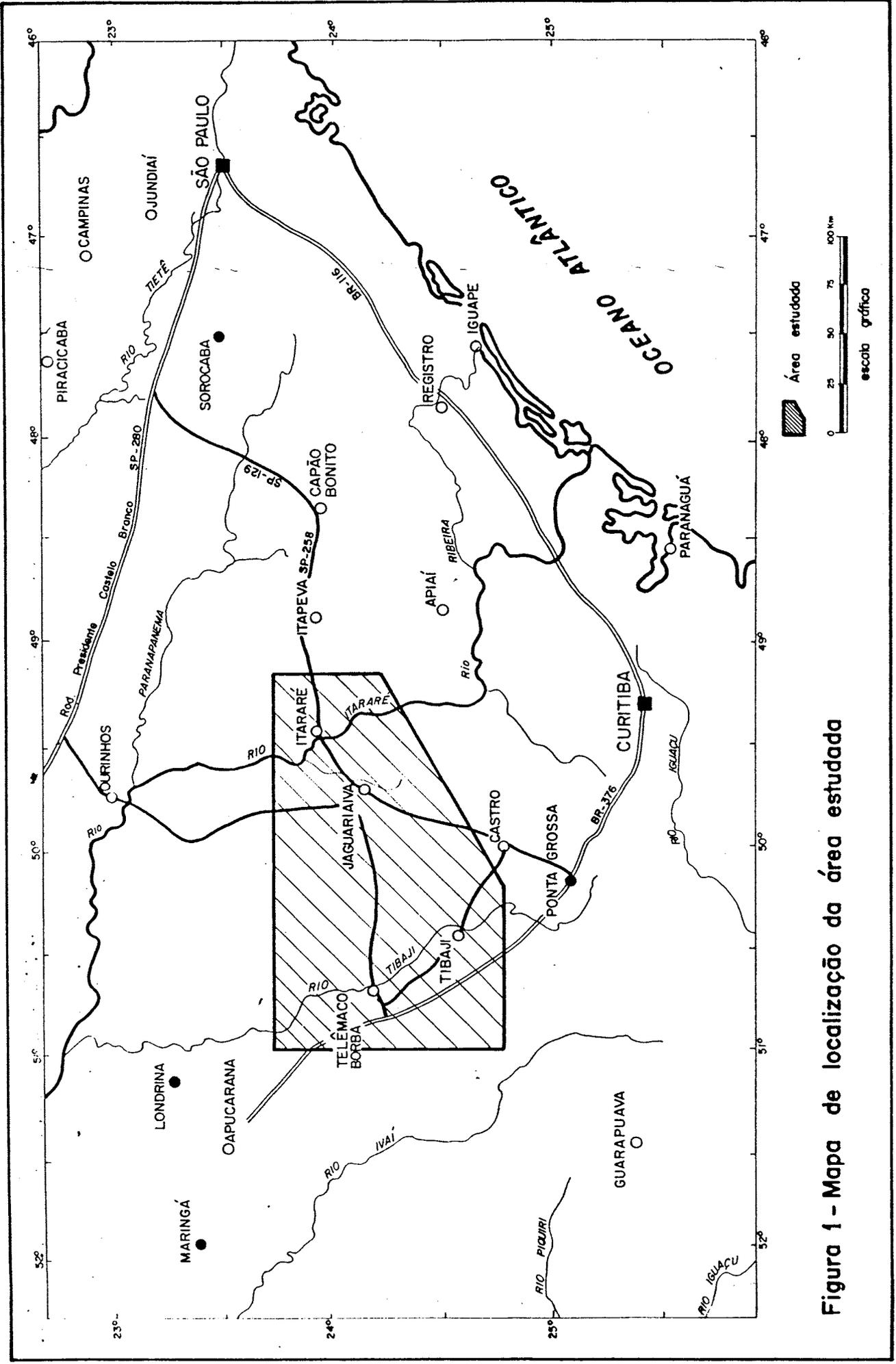


Figura 1 - Mapa de localização da área estudada

Do ponto de vista geológico, as primeiras referências sobre o diamante são devidas a Derby (1878), o qual também fez menção ao ouro associado com aquele mineral. Derby (op. cit.) considerou como fonte dispersora do diamante da região "*o grês Devoniano de Furnas*". Outras referências são devidas a Pacheco (1927) e a Bastos (1936), os quais entretanto, comentam mais os aspectos fisiográficos da região e a metodologia da lavra então utilizada.

Informações mais completas são devidas a Oppenheim (1936), que descreve os principais garimpos da época, enumerando aproximadamente 60 ocorrências. Além daquelas situadas nos rios Tibaji, Laranjinha e Cinzas, já referidas, cita também como diamantíferos os altos cursos dos rios Iguaçú, Açungui e Ribeira. Um dos aspectos mais importantes do trabalho desse autor, foi ele ter associado a dispersão dos diamantes na área aos "*sedimentos glaciais, conglomeráticos do Permiano Inferior*".

Após o trabalho de Oppenheim (op. cit.) decorre um período de mais de 30 anos sem que surjam novas referências ou estudos sobre o diamante da região. Para o Estado de São Paulo, na porção limítrofe com o Paraná, as referências de Pacheco (1927) e de Knecht (1940 e 1945), limitam-se a mencionar a existência de garimpos de diamantes nos rios Verde, Itararé e tributários destes, sem maiores considerações geológicas a respeito.

Foi somente há cerca de uma década ou pouco mais que as ocorrências de diamantes da região voltaram a ser alvo de interesse, tanto econômico como científico. No primeiro caso, enquadram-se os trabalhos de pesquisa para localização de novos depósitos diamantíferos, desenvolvidos independentemente pelas estatais MINEROPAR e CPRM no período 1982 a 1987, bem como o de empresas particulares, como a SOPEMI (1977 e 1987) e as Indústrias Klabin do Paraná S/A, cujos relatórios técnicos não são do conhecimento público. Entre os trabalhos de cunho científico encontramos apenas os de Barelli (1973) visando a caracterização cristalográfica e espectroscópica do diamante do Tibaji, e o de Svisero (1979 a) sobre inclusões sólidas e a para

gênese do diamante dessa mesma região. Por outro lado, Chierigati et al. (1987) ensaiaram um estudo de caracterização morfológica e de cor do diamante da região de Itararé e Jaguariá, nos limites dos Estados de São Paulo e do Paraná.

2 - MÉTODOS ~~DE~~ DE TRABALHO

A elaboração do presente trabalho envolveu atividades de gabinete, de campo e de laboratório, as primeiras empreendidas, entre 1982 e 1986 no âmbito do programa de pesquisas da CPRM, enquanto que as atividades de laboratório foram desenvolvidas entre 1987 e 1988, a nível de pesquisa acadêmica, junto ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e de outras instituições ligadas a referida Universidade.

Para o planejamento do trabalho de campo foram utilizadas fotos aéreas em preto e branco, na escala 1:25.000 do Instituto Agrônomo de Campinas (1962) e do Instituto de Terras e Cartografia do Paraná-ITC (1980). Para orientação do deslocamento em campo e localização dos pontos de amostragem foram utilizadas bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE ou da Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército-DSG, nas escalas 1:50.000 ou 1:100.000, abaixo relacionadas.

<u>FOLHA</u>	<u>SIGLA</u>	<u>ESCALA</u>	<u>EDIÇÃO/ANO</u>
Telêmaco Borba	SG.22-D-I	1:100.000	IBGE - 1967
Curiúva	SG.22-D-II	1:100.000	IBGE - 1967
Jaguariaíva	SG.22-E-I	1:100.000	IBGE - 1967
Tibaji	SG.22-D-IV-I	1:50.000	DSG - 1961
Itararé	SG.22-X-B-I-1	1:50.000	IBGE - 1985
Eng. Maia	SG.22-X-B-I-2	1:50.000	IBGE - 1975
Rib.Vermelho do Sul	SF.22-Z-D-IV-3	1:50.000	IBGE - 1974

Como base para as informações geológicas contidas em croquis e figuras, foram utilizados os mapas do Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná, em 1:100.000, executados pela CPRM em 1986, complementados com observações de campo localizadas. Já a base geológica em 1:250.000, (Anexo 1), foi obtida por compilação integral ou parcial das folhas Telêmaco Borba e Itararé, do Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, também executados pela CPRM em 1984.

2.1 - Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados em duas fases distintas, sendo uma de prospecção regional e outra de pesquisa de detalhe.

2.1.1 - Prospecção regional

Essa atividade foi realizada na porção leste da área estudada, mais precisamente nas regiões de Itararé e Jaguariava, tendo como finalidade a indicação de novos alvos para pesquisa de diamante. No decorrer desses trabalhos foram obedecidas as seguintes etapas: a) visita a local de ocorrência diamantífera conhecida; b) avaliação dos principais aspectos geológicos da área; c) coleta de amostra de concentrado de bateia; d) envio de amostra para análise.

O trabalho foi realizado com auxílio de garimpeiros locais e essencialmente nas áreas onde se tinha notícia da ocorrência de diamantes. Foram amostrados tanto os sedimentos do leito ativo como os aluviões modernos e terraços elevados, dependendo da situação específica da ocorrência. Os volumes amostrados não foram uniformes, tendo-se entretanto procurado coletar um mínimo de 12 litros para posterior concentração. Na Figura 2 é apresentado o mapa da área estudada com a indicação dos pontos visitados e amostrados no decorrer de todo o trabalho, enquanto que na Tabela 1 estão indicados o tipo de material amostrado e outras informações pertinentes.

2.1.2 - Pesquisa de detalhe

Foi desenvolvida essencialmente nas áreas com Alvarás de Pesquisa da CPRM, abrangendo 29 requerimentos de pesquisa. Tendo em vista o caráter original não acadêmico dessa pesquisa e o grande número de áreas a serem avaliadas, os trabalhos realizados foram bastante expeditos, constando da identificação e

TABELA 1 — RELAÇÃO DOS PONTOS VISITADOS E DAS AMOSTRAS COLETADAS

Nº PONTO	LOCAL	BACIA/RIO	MUNICÍPIO/UF	OCORR./AMOSTRAGEM	OBSERVAÇÕES
IC-01	Itoupava ✓	Rio Verde	Itararé - SP	Terraço baixo	Garimpo em atividade
IC-02	Itoupava ✓	Rio Verde	Itararé - SP	Sedimento ativo	
IC-03	Pedra Branca	Rio Verde	Itararé - SP	Sedimento ativo	
IC-04	Parada do R. Verde	Rio Verde	Itararé - SP	Sedimento ativo	Antiga área de garimpo
IC-05	Faz. G.Fernandes	Rio Verde	Itararé - SP	Sedimento ativo	
IC-06	Faz. G.Fernandes	Rib. Lajeado	Itararé - SP	Sedimento ativo	
IC-07	Faz. G.Fernandes	Rib. Jatibuca	Itararé - SP	Sedimento ativo	
IC-08	Faz. G.Fernandes	Córrego do Urso	Itararé - SP	Sedimento ativo	
IC-09	Faz. G.Fernandes	Rib. Lajeado	Itararé - SP	Sedimento ativo	
IC-10	Fazenda Embrapa	Rio Verde	Itararé - SP	Não amostrado	Rio sem carga de fundo
IC-11	Fazenda Embrapa	Rio Verde	Itararé - SP	Não amostrado	Rio sem carga de fundo
IC-12	Fazenda Capri	Pte. Alta/Itararé	Itararé - SP	Conglomerado	
IC-13	Cercado Grande	Pte. Alta/Itararé	Itararé - SP	Terraço baixo	Ocorre diamante
IC-14	Bairro Funil	Funil/Itararé	Sengés - SP ✓	Sedimento ativo	Ocorre diamante
IC-15	Fazenda Erva Doce	R. Jaguaricatu	Sengés - SP ✓	Sedimento ativo	Ocorre diamante
IC-16	Fazenda Erva Doce	R. Jaguaricatu	Sengés - SP ✓	Di que básico	
IC-17	Bairro Santa Cruz	Rio Itararé	Itararé - SP	Terraço baixo	Garimpo abandonado
IC-18	Bairro Conceição	Rib. Vermelho do Sul	Riversul - SP	Terraço baixo	Ocorre diamante
IC-19	Itaporanga	Rio Verde	Itaporanga - SP	Sedimento ativo	
IC-20	Sítio Samir	Rio Itararé	Arapoti - PR	Terraço baixo	Ocorre diamante
IC-21	Rib. Pesqueiro	Rio Jaguariaíba	Jaguariaíba - PR	Terraço elevado	
IC-22	Rio Jacuí	Rio Jaguariaíba	Jaguariaíba - PR	Sedimento ativo	
IC-23	Faz. Serrinha	Rio Jaguariaíba	Jaguariaíba - PR	Terraço baixo	Garimpo abandonado
IC-24	Rio das Mortes	Rio Jaguariaíba	Jaguariaíba - PR	Diamictito Itararé	Amostra da matriz

(Continua)

TABELA 1 — RELAÇÃO DOS PONTOS VISITADOS E DAS AMOSTRAS COLETAS

Nº PONTO	LOCAL	BACIA/RIO	MUNICÍPIO/UF	OCORR./AMOSTRAGEM	OBSERVAÇÕES
LC-25	Rio das Mortes	Rio Jaguariaíva	Jaguariaíva - PR	Arenito Fumas	Nível conglomerático
LC-26	Córrego Sabiá	Rio Jaguariaíva	Jaguariaíva - PR	Sedimento ativo	
LC-27	Rio Diamante	Capivari/Jaguariaíva	Jaguariaíva - PR	Sedimento ativo	
LC-28	Rio Cilada	Capivari/Jaguariaíva	Jaguariaíva - PR	Sedimento ativo	
LC-29	Arr. Rolador	Rio das Cinzas	Arapoti - PR	Sedimento ativo	
LC-30	Rio Arrozal	Rio das Cinzas	Arapoti - P R	Terraço baixo	Ocorre diamante
LC-31	Rio do Café	Rio das Cinzas	Tomasina - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-32	Sítio Nunes	Rio das Cinzas	Tomasina - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-33	Sítio Farias	Rio das Cinzas	Tomasina - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-34	Fazenda Gabirobal	Rio das Cinzas	Tomasina - PR	Conglomerado Itararé	Rico em granadas
LC-35	Rosálvio	Rio Laranjinha	Ibaiti - PR	Terraço elevado	
LC-36	Mario Pina	Rio Laranjinha	Ibaiti - PR	Terraço elevado	
LC-37	Miranda	Rio Laranjinha	Ibaiti - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-38	Rio Preto	Rio Laranjinha	Ibaiti - PR	Terraço elevado	
LC-39	Rio Preto	Rio Laranjinha	Ibaiti - PR	Terraço elevado	
LC-40	Amola Flexa	Rio Laranjinha	Ibaiti - PR	Terraço elevado	
LC-41	Ilha dos Cavalos	Rio Tibaji	Urtigueira - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-42	Barra Grande	Rio Tibaji	Urtigueira - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-43	Salto Aparado	Rio Tibaji	Telémaco Borba -PR	Sedimento ativo	Ocorre diamante
LC-44	Vira Panela	Rio Tibaji	Telémaco Borba -PR	Sedimento ativo	
LC-45	Pedra Grossa	Rio Tibaji	Telémaco Borba -PR	Terraço baixo	Garimpo abandonado
LC-46	Atamon	Rio Tibaji	Telémaco Borba -PR	Leito ativo	Garimpo em atividade
LC-47	Marcoola	Rio Tibaji	Telémaco Borba -PR	Terraço elevado	Garimpo em atividade
LC-47A	Marcoola	Rio Tibaji	Telémaco Borba -PR	Diamictito Itararé	Amostra da matriz

(Continua)

TABELA 1 — RELAÇÃO DOS PONTOS VISITADOS E DAS AMOSTRAS COLETAS

Nº PONTO	LOCAL	BACIA/RIO	MUNICÍPIO/UF	OCORR./AMOSTRAGEM	OBSERVAÇÕES
LC-47B	Marcola	Rio Tibajá	Telêmaco Borba -PR	Diamictito Itararé	Amostra da matriz
LC-48	Imbaú	Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	Ocorre diamante
LC-49	Imbaú	Tibajá	Tibajá - PR	Conglomerado Itararé	Amostra da matriz
LC-50	Rio Conceição	Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	Ocorre diamante
LC-51	Santa Rosa	Santa Rosa/Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	Não amostrado
LC-52	João Carneiro	Santa Rosa/Tibajá	Tibajá - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-53	João Carneiro	Santa Rosa/Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	Amostra global
LC-54	Sa. Borges	Santa Rosa/Tibajá	Tibajá - PR	Conglomerado Itararé	
LC-55	Rio Capivari	Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	
LC-56	Rio do Sabão	Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	
LC-57	Angelino	Tibajá	Tibajá - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-57A	Faz. Deodete	Tibajá	Tibajá - PR	Terraço baixo	Amostra de sondagem
LC-58	Leonardo	Tibajá	Tibajá - PR	Terraço elevado	
LC-59	Fazendinha	Tibajá	Tibajá - PR	Terraço elevado	Ocorre diamante
LC-60	Rio Faisqueira	Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	Ocorre diamante
LC-61	Rio Fortaleza	Tibajá	Tibajá - PR	Sedimento ativo	
LC-62	Faz. Fortaleza	Tibajá	Tibajá - PR	Solo rocha básica	
LC-63	Cascatinha	Rio das Cinzas	Tomasina - PR	Sedimento ativo	Ocorre diamante

cubagem de níveis de cascalho, os quais, em síntese, constituem o metalotecto do diamante no ambiente secundário. Para tanto foram realizados:

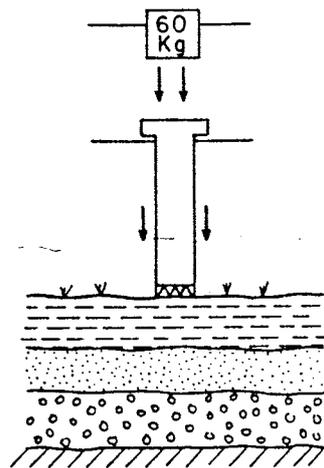
- a) delimitação em fotografia aérea das faixas de aluviões a serem pesquisadas;
- b) sondagem com barra-minas ou trados manuais;
- c) sondagem banka;
- d) abertura de poços ou desmonte de frentes;
- e) testes de lavagem e de recuperação de diamantes;
- f) separação do resíduo pesado para estudo de laboratório.

A utilização de fotografias aéreas nesta fase visou a delimitação das faixas aluvionares a serem pesquisadas, bem como a identificação de eventuais áreas de acumulação mais antiga de sedimentos, ligados à rede de drenagem da região. Especial atenção foi dada ao mapeamento dos diques básicos, que funcionam como anteparos ou *rifles* concentradores de minerais pesados.

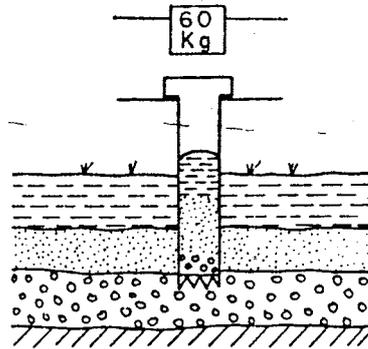
A sondagem através de barra-minas foi realizada apenas nas áreas de sedimentos pouco consolidados, como nos baixos terraços, visando a identificação de níveis de cascalho em sub-superfície. Foram utilizadas hastes cilíndricas de ferro liso com 0,5 polegadas de diâmetro e comprimento variados (3,0; 4,5 e 6,0 m).

A sondagem banka foi realizada apenas nas áreas onde preliminarmente foi verificada a presença de cascalho. Foi utilizada uma sonda marca *Empire*, com tubos de revestimento de 1,5 m de comprimento e 4 polegadas de diâmetro interno. Considerando-se que esse tipo de sonda permite a amostragem de todo o intervalo perfurado, foi possível a obtenção de amostras adicionais para o estudo dos pesados. Um esquema de funcionamento da sonda banka é mostrado na Figura 3.

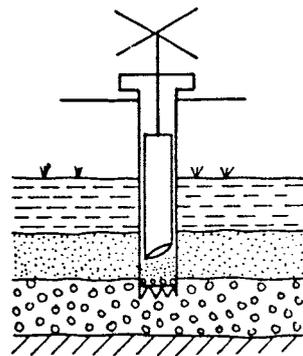
A abertura de poços e o desmonte de frentes de lavra tiveram como objetivo a amostragem de grandes volumes de casca



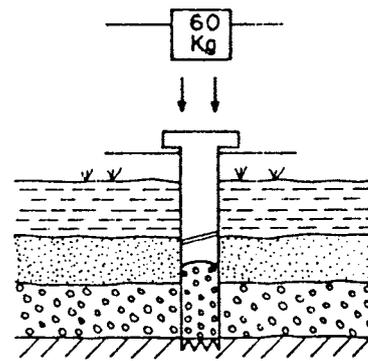
1-O revestimento é cravado no solo através da percussão de um malho de 60 Kg



2-O material cortado sobe no interior do revestimento



3-O material é retirado do interior do revestimento com auxílio de amostrador



4-A operação é retomada até se atingir uma nova camada ou o embasamento

Figura 3 - Esquema de funcionamento da sonda banka: 1 e 2, cravação do revestimento; 3, amostragem; 4, retomada da operação de cravação.

lho para realização de testes de teores. A lavagem e a classificação do cascalho foi feita através de um conjunto de peneiras montadas sobre um berço móvel (*shakers*), e a concentração dos pesados através de um *jigg* manual do tipo *Plietz*. Tanto o concentrado obtido na *jigagem* (diâmetro $> 1,5$ mm), como o material mais fino, retido em *sluice*, foram separados para posterior estudo de laboratório. As sequências dessas atividades encontra-se esquematizada na Figura 4.

2.2 - Trabalhos de laboratório

Os trabalhos de laboratório foram desenvolvidos no âmbito do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e de outras instituições de pesquisa tais como o IAG e o IPT. Foram também utilizados resultados de análises realizadas pelo Laboratório de Mineralogia da CPRM (LAMIN-RJ) e pelo laboratório da Divisão de Petrografia da Cia Vale do Rio Doce, em Belo Horizonte.

2.2.1 - Preparação de amostras

Tanto as amostras de concentrados de bateia como as de material não concentrado foram submetidas à rotina comum de preparação, constando de lavagem do material, secagem, peneiramento e separação dos minerais pesados utilizando bromfórmio ($d=2,89$) e iodeto de metileno ($d=3,4$). Foram separadas as seguintes frações granulométricas:

$\varnothing > 0,250$ mm
 $0,250 > \varnothing > 0,125$ mm
 $0,125 > \varnothing > 0,062$ mm
e $\varnothing > 0,062$ mm

Os minerais de maior susceptibilidade magnética foram separados com imã e os demais através do separador isodinâmico Frantz, tendo sido utilizada intensidades de corrente e inclinações variadas. Foram assim obtidas frações constituídas essencialmente por minerais metálicos e outras constituídas por minerais não metálicos, transparentes ou opacos, os quais foram submetidos a diferentes métodos de identificação.

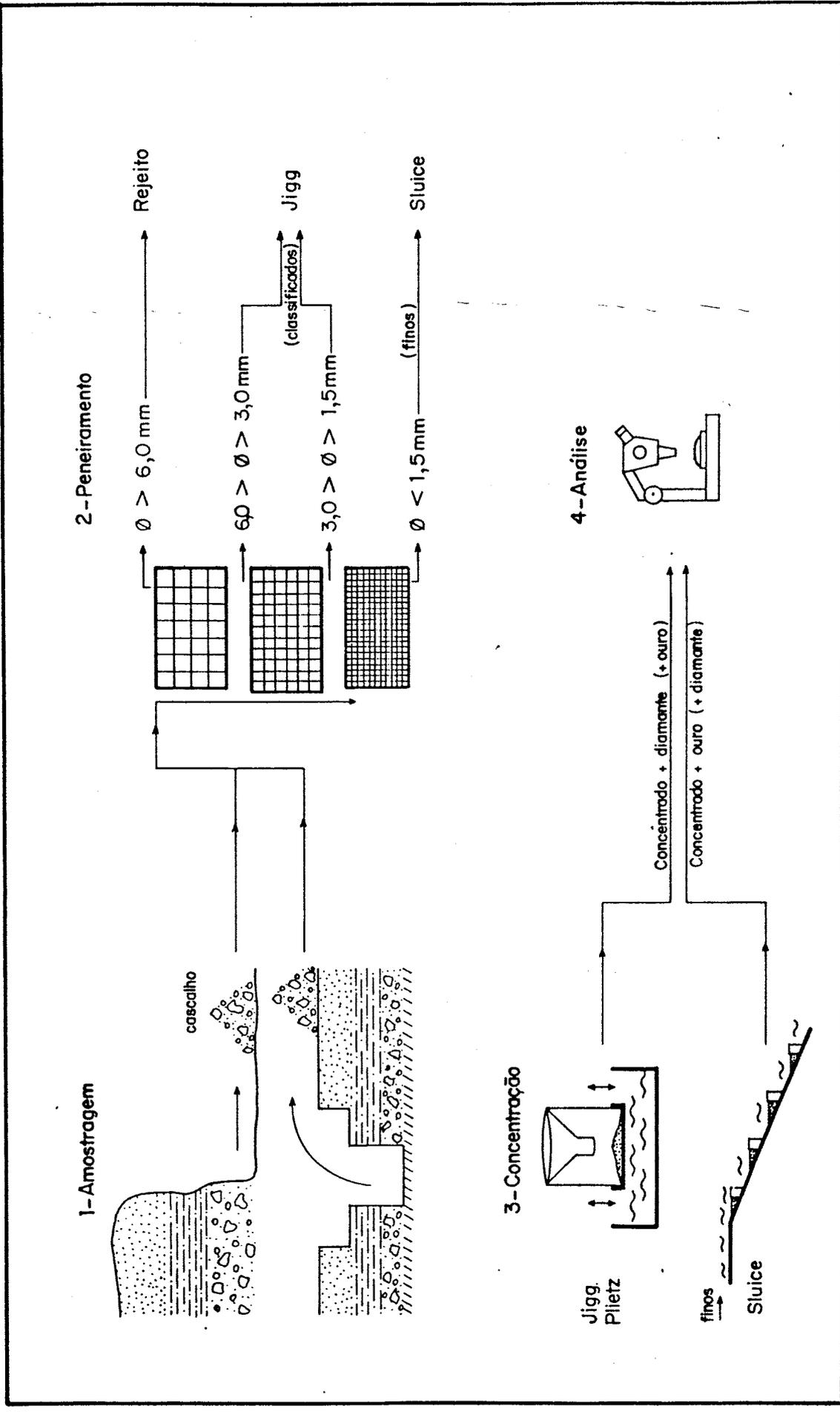


Figura 4 - Sequência de atividades obedecidas na avaliação dos depósitos de cascalho (1), o mesmo é classificado através de um conjunto de peneira (2). As frações de granulometria entre 1,5 e 6,0 mm são concentradas, separadamente através de Jigg manual tipo Piletz (3) e os finos, em caixa concentradora (sluice).

2.2.2 - Microscopia Óptica

Entre as técnicas de laboratório, a microscopia óptica, quer por lupa binocular, quer por microscópio de polarização, foi a mais utilizada na parte referente ao estudo dos minerais pesados. Para o exame sob lupa binocular foram utilizadas as frações mais grossas do que 0,125 mm, enquanto que as frações mais finas foram utilizadas para estudo sob microscópio polarizador. Os trabalhos foram efetuados em lupas e microscópios Zeiss e Leitz existentes nos laboratórios de análises do Departamento de Mineralogia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e da CPRM - Superintendência Regional de São Paulo.

2.2.3 - Difração de Raios X

Esta técnica foi utilizada simultaneamente com a microscopia óptica no processo de identificação dos minerais pesados. Para os minerais presentes em quantidade suficiente, foram obtidos registros gráficos através de um Difrátômetro Rigaku, modelo Geigerflex com goniômetro horizontal existente no Instituto Astronômico e Geofísico da USP. Para as fases minerais presentes em menor quantidade, foram obtidos diagramas de pó através de câmaras Debye-Scherrer e de Gandolfi, existentes no Departamento de Mineralogia e Petrologia do IG/USP. Os filmes foram registrados com exposições de 12, 20 e 48 horas, utilizando-se como fonte de radiação tubo de cobre e filtro de níquel, sob condições de 40 kv e 20 m A. Já para os difratogramas os registros foram obtidos com contagem de 1.000 cps, velocidade do goniômetro de 2°/min, velocidade do papel igual a 2 cm/min e intervalo de exposição de 60° (5° a 65°). Além das preparações convencionais foram utilizadas montagens especiais, espalhando-se o material pulverizado com aglutinante sobre uma lâmina de vidro.

2.2.4 - Microsonda eletrônica

A microsonda eletrônica é uma das técnicas mais versáteis de análise química disponível na atualidade. Sua principal característica é fornecer análises químicas quantitativas pontuais, isto é de pequenos setores de amostras não maiores do que algumas micras cúbicas. Dessa forma, permite a análise de quantidades ou fragmentos ínfimos de minerais. Além desses aspectos, trata-se de uma técnica analítica não destrutiva, e que permite a visualização da amostra durante a análise, o que auxilia a interpretação dos resultados, no caso de fases minerais com impurezas ou inclusões.

Os princípios de funcionamento e a metodologia analítica são temas de diversas monografias específicas, notadamente em idioma estrangeiro. Entre os trabalhos publicados em nosso vernáculo destacam-se os de Gomes & Girardi (1973) e Gomes (1984).

A caracterização química de determinados minerais fornece dados importantes no reconhecimento das rochas matrizes primárias do diamante. Para minerais como o piropo, a ilmenita, o diopsídio e alguns espinélios, largamente utilizados no rastreamento de kimberlitos, a simples identificação da espécie mineral não indica necessariamente, a presença daquelas rochas. Para tanto, são necessárias informações mais detalhadas sobre a química daqueles minerais, especificamente no que se refere à presença de certos elementos de comparecimento menos comum e que dificilmente são detectados por análises químicas convencionais.

Para a execução das análises constantes neste trabalho, foi utilizada uma microsonda eletrônica Jeol, de fabricação japonesa, modelo JCXA-733, automática, existente na Superintendência de Tecnologia da Companhia Vale do Rio Doce, em Belo Horizonte. O aparelho, operado em regime de 15 kv e 50 mA dispõe de quatro cristais analisadores, respectivamente LIF, LIF, TAP e PET. As correções analíticas referentes aos desvios causados por absorção, fluorescência e número atômico foram

efetuadas com auxílio de um computador acoplado à microsonda, utilizando o programa PACX da Jeol.

Para a análise da ilmenita e da cromita foi utilizado o protocolo *óxidos*, disponível no laboratório daquela empresa, e que permite a leitura dos seguintes elementos: ferro, titânio, cromo, manganês, alumínio, magnésio, zinco e níquel. Para as granadas, foi elaborado um protocolo específico, *granadas III*, que permitiu analisar os elementos silício, alumínio, titânio, cromo, ferro, manganês, magnésio e cálcio. Para tanto, foram utilizados os seguintes padrões:

Elemento	Mineral/padrão	Elemento	Mineral/padrão
Si	almandina/Astimex	Fe	hematita/Astimex
Al	cianita/CVRD	Mn	rodonita/Astimex
Ti	rutilo/Astimex	Mg	olivina/Astimex
Cr	cromita/Astimex	Ca	wollastonita/CVRD

A distribuição e a sequência de leitura dos elementos através dos diferentes cristais foi otimizada de forma a se obter uma análise completa em dois turnos de contagens. No total, foram efetuadas 152 análises químicas quantitativas de minerais dos concentrados. O tempo médio dispendido em cada análise foi de aproximadamente seis minutos.

3 - CONTEXTO TECTONO-GEOLÓGICO REGIONAL

A geologia da área está representada, regionalmente, pelas unidades que integram a Bacia do Paraná, especialmente suas porções mais inferiores aflorantes na borda leste. Sob o aspecto tectônico está inserida na área de influência do Arco de Ponta Grossa, estrutura que tem sido alvo de vários estudos recentes, pela importância que teve no condicionamento da sedimentação daquela bacia e pelo que apresenta no entendimento dos processos magmáticos que se manifestaram naquela porção da Plataforma Sul-Americana, nos tempos pós-paleozóicos.

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica, situada na Plataforma Sul-Americana, com uma área de aproximadamente 1.200.000 km², dos quais cerca de 1.000.000 km² estão em território brasileiro. Alguns autores consideram, ainda, como integrante da mesma unidade, sua congênere, a bacia do Chaco-Paraná, situada em território argentino, o que aumentaria sua área em cerca de 400.000 km² (Fúlfaro et al. 1980).

Durante todo o período de sua evolução, desde o Paleozóico Médio-Inferior até o final do Mesozóico, foram acumulados cerca de 4.000 a 5.000 m de espessura de sedimentos e lavas. Individualmente, algumas unidades estratigráficas atingem espessura superior a 1.000 m de sedimentos, enquanto que os derrames de lava podem chegar a 1.700 m de espessura, constituindo o mais volumoso extravasamento de basaltos sobre a crosta continental do planeta (Almeida 1981, Zálan et al. 1987).

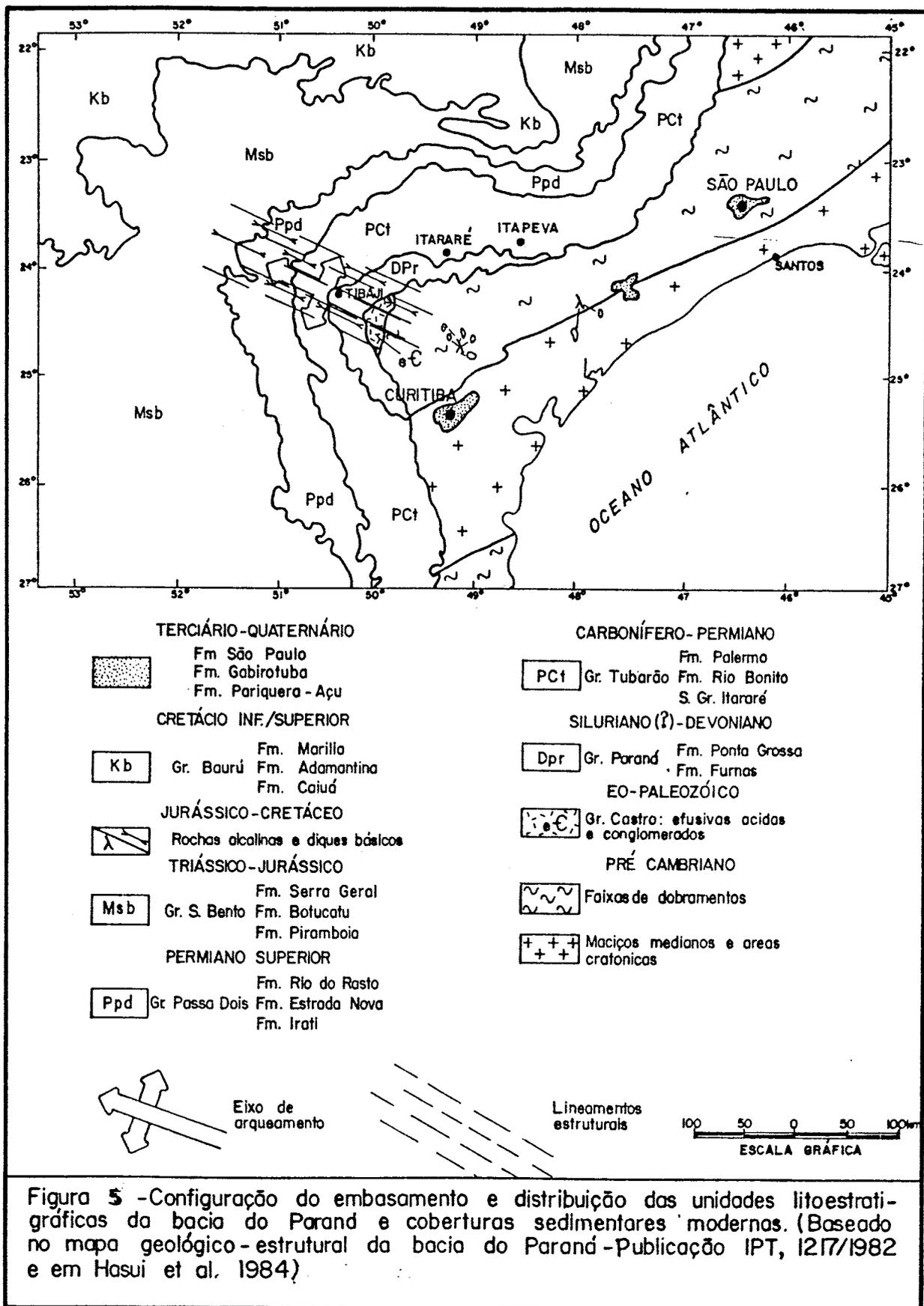
De acordo com Almeida (op.cit.) o desenvolvimento da bacia foi bastante influenciado pelas estruturas de seu embasamento. Seu alongamento maior, segundo ENE, coincide com a direção geral das estruturas brasileiras, direção essa que se manifesta em várias feições geomórficas, sugerindo sua reativação em tempos geológicos diversos. Outra direção estrutural importante é a direção noroeste, manifestada na forma de lineamentos, fraturas e arqueamentos sobretudo na sua borda leste, e que condicionaram a intrusão de diques e soleiras de diabásio no âmbito desta e a posterior manifestação do magmatismo alca

lino no âmbito do embasamento pré-cambriano. Uma visão simplificada da distribuição das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná e das relações estruturais com seu embasamento é mostrado na Figura 5.

3.1 - Embasamento Pré-Cambriano e Éo-Paleozóico

A faixa pré-cambriana da região está integrada por dois domínios tectônicos distintos, denominados por Hasui et al. (1975) de Maciço Mediano de Joinville e Faixa de Dobramentos Apiaí. O primeiro é caracterizado por rochas predominantemente infracrustais, de médio a alto grau metamórfico, localmente constituindo o denominado Complexo Costeiro. Sua origem, tem sido reportada ao Arqueano, com retrabalhamento nos ciclos Transamazônico e Brasileiro (Silva et al. 1978). Na faixa de dobramentos Apiaí afloram, principalmente rochas metavulcano sedimentares de baixo a médio grau metamórfico, em feixadas pelos grupos Açungui e Setuva. Estes têm sua origem reportada ao ciclo Transamazônico, com evolução até períodos tardi ou pós-brasileiros. A relação estrutural entre ambos é bastante complexa, mas apresenta notável linearidade segundo ENE, que é a direção geral de foliação dos conjuntos pré-cambrianos do sudeste do Brasil. No contexto geral dessas unidades destaca-se a presença extensiva de rochas granitóides, em corpo circunscritos e maciços alongados, sendo representantes principais, para a área considerada, os maciços de Três Córregos e Cunhaporanga.

As rochas mais jovens do embasamento da Bacia do Paraná estão representadas por vulcanitos ácidos e intermediários, tufos, brechas, arcósios e conglomerados do Grupo Castro, de ocorrência localizada. Trein & Fuck (1967) consideraram o Grupo Castro como uma sequência do tipo molassa, relacionada à fase final de dobramentos do ciclo Brasileiro. Com base em valores médios obtidos para as rochas da área, bem como em exemplares de formações semelhantes ocorrentes de outros estados, aqueles autores estabeleceram idade cambro-ordoviciano (450-500 m.a.) para o referido grupo. Entretanto, Hasui et al. (1984)



citam, para o mesmo, idade isocrônica Rb/Sr de 425 m.a., o que já corresponderia ao Siluriano Inferior.

Depositados em discordância sobre o Grupo Castro, observa-se, em afloramentos isolados, pequenos pacotes de sedimentos rudáceos com matriz areno-síltico-argilosa, conhecidos sob a denominação de Formação Iapó e considerada por Maack (1947) como produto de glaciação pré-devoniana. Bigarella & Salamuni (1967) interpretam-na, entretanto, como uma sequêncida de lamas, oriundas dos processos de pediplanação responsáveis pela elaboração da superfície de erosão pré-Furnas.

3.2 - Cobertura Sedimentar

Os sedimentos da bacia do Paraná apresentam um intervalo deposicional que se estende desde o Paleozóico Médio-Inferior até o final do Mesozóico. Esse registro, contudo, não é contínuo para toda a bacia, podendo-se observar hiatos deposicionais, discordâncias erosivas e a ocorrência de deposição em sub-bacias isoladas. Esses aspectos dificultam a correlação de unidades descritas no norte e no sul da bacia, estando traduzidos nas diversas colunas estratigráficas propostas para diferentes áreas (Figura 6).

Nas duas últimas décadas, diversos trabalhos de revisão estratigráfica da bacia, conduzidos sobretudo por técnicos ligados à área de prospecção de petróleo tentaram apresentar uma visão mais uniforme e integrada das informações até então disponíveis. Dentre esses, destacam-se os de Northfleet et al. (1969), Schneider et al. (1974), Soares et al. (1974), Fúlfaro et al. (1980), e Gama Jr. et al. (1982). O trabalho de Soares et al. (op. cit.) foi pioneiro na aplicação do conceito de sequências deposicionais de acordo com a formulação de Sloss (1963), mas as colunas litoestratigráficas apresentadas por Schneider et al. (op. cit.), têm sido utilizadas de modo amplo pela maioria dos autores que tratam da geologia dessa bacia.

Mais recentemente, Zálan et al. (1987) apresentam proposta de uma coluna cronolitoestratigráfica, onde reconhecem cinco ciclos transgressivo-regressivo completos (Figura 7).

CRONÓES.		L I T O E S T R A T I G R A F I A					
		PARANÁ/S. CATARINA	SÃO PAULO	GO - MT	R.G. DO SUL		
JURO - CRETÁCEO	GR. S. BENTO	FM. BAURU	FM. BAURU	FM. BAURU			
		FM. CAIUÁ	FM. CAIUÁ	FM. CAIUÁ			
		FM. S. GERAL	FM. S. GERAL	FM. S. GERAL	FM. S. GERAL		
		FM. BOTUCATU	FM. BOTUCATU	FM. BOTUCATU	FM. BOTUCATU		
		FM. PIRAMBOIA	FM. PIRAMBOIA	FM. PIRAMBOIA	FM. ROS DO SUL		
P E R M I A N O	GRUPO PASSA DOIS	FM. R. DO RASTO	MB. M. PELADO		FM. RIO DO RASTO		
			MB. SERRINHA				
		FM. TERESINA		FM. CORUMBATAÍ	FM. CORUMBATAÍ	FM. TERESINA	
		FM. SERRA ALTA				FM. SERRA ALTA	
		FM. IRATI	MB. ASSISTÊNCIA	FM. IRATI	FM. IRATI	FM. IRATI	
		MB. TAQUARAL	MB. TAQ.				
	SUPER GRUPO TUBARÃO	GR. GUATAÍ	FM. PALERMO	FM. PALERMO	FM. PALERMO	FM. PALERMO	
			FM. RIO BONITO	MB. SIDERÓPOLIS	FM. R. BON.	MB. PARAGUAÇU	FM. P. BONITO
				MB. PARAGUAÇU			
			MB. TRIUNFO				
GR. ITARARÉ		FM. RIO DO SUL			FM. RIO DO SUL		
	FM. MAFRA	GRUPO ITARARÉ					
CARB. SUP.		FM. CAMPO DO TENENTE		FM. AQUIDAUANA			
DEVONIAN	GR. PARANÁ	FM. PONTA GROSSA	FM. PONTA GROSSA	FM. PONTA GROSSA			
		FM. FURNAS	FM. FURNAS	FM. FURNAS			

FIGURA 6 - Comparação entre colunas geológicas de diferentes áreas da Bacia do Paraná, evidenciando descontinuidade lateral de diversas unidades. Retirado de Schneider et al. 1974 .

De acordo com esses autores, as sequências por eles estabelecidas correspondem a grandes pacotes de rochas limitadas por discordâncias de caráter bacial, aproximando-se da noção dos *sinemas* de Chang (1975).

3.2.1 - Siluriano(?) - Devoniano: Formações Furnas e Ponta Grossa

O evento Furnas marca o início da sedimentação paleozóica na área considerada. Sua faixa de exposições estende-se desde o sul de Itapeva, em São Paulo, até a região de Porto Amazonas no Paraná, com disposição em forma de arco, passando pela localidade de Tibaji. A litologia principal é arenítica, dominando as frações areia média a muito grossa. Localmente ocorrem camadas de sedimentos de granulação mais fina, até siltycas, bem como lentes de arenitos conglomeráticos. Os níveis basais são em geral mais grosseiros e feldspáticos, podendo ser classificados como arcósios (Petri & Fúlfaro 1983).

O ambiente de deposição da Formação Furnas é ainda uma questão controversa. De acordo com geólogos da Petrobrás, as estruturas sedimentares indicam ambiente fluvial em canais entrelaçados (*braided channel*). Entretanto, de acordo com Fúlfaro et al. (1980), a extensão geográfica, a uniformidade litológica e a pobreza em detritos mais finos, não são compatíveis com ambiente fluvial e esse autor defende a idéia de um ambiente marinho de águas rasas, nas proximidades da costa, com incidência de correntes relativamente fortes.

No âmbito deste trabalho não houve a preocupação em se tentar caracterizar a ambiência da formação. Contudo observações efetuadas ao longo da estrada Castro-Tibaji mostram feições típicas de barras de canais nas seções basais e estratificação cruzada de grande porte, nas seções superiores, indicando passagem para ambiente marinho (Fotos 1 e 2).

Quanto a sua idade, apesar da formação ser afossilífera, ela tem sido posicionada tradicionalmente no Devoniano Inferior, por suas relações gradacionais com a Formação Ponta Grossa, sobrejacente. Entretanto, Zálan et al. (1987) não re



FOTO 1 - Estratificação plano paralela com frentes progradantes, característica de barras longitudinais. Afloramento de arenito Furnas no km 18,5 da rodovia Castro-Tibaji (PR-76).



FOTO 2 - Estruturas sigmóides em arenitos finos da interface Furnas-Ponta Grossa, indicando já sedimentação em ambiente marinho. Afloramento situado na entrada da cidade de Tibaji, vindo de Castro.

conhecem essa gradação. Ao contrário, advogam a existência de um hiato deposicional de 10 m.a. entre ambas, recuando o início da sedimentação Furnas, pelo menos, ao Siluriano Superior.

A Formação Ponta Grossa é caracterizada por uma sedimentação mais fina do que a unidade anterior, predominando os folhelhos argilosos, micáceos, localmente carbonosos e finamente laminados, com intercalações subordinadas de arenitos finos e siltitos. Sua faixa de afloramentos, estende-se desde Jaguariaíva até Ponta Grossa, passando por Tibaji. Constitui a primeira unidade com registro fossilífero da borda leste da Bacia do Paraná, os quais evidenciam para a unidade um ambiente marinho, com período de distribuição desde o Devoniano Inferior até o Devoniano Superior.

As relações estratigráficas com a Formação Furnas são normalmente concordantes e transicionais, estando bem evidenciadas em subsuperfície, através de perfís elétricos de raios gama (Diniz 1985). Já as discordâncias de topo com as formações que se lhe sobrepõem são de reconhecimento amplo a nível de toda a bacia.

Para Fúlfaro et al. (1980), a grande espessura dos sedimentos devonianos na atual região do Arco de Ponta Grossa, é sugestiva de que por ocasião da deposição dessas formações aquela estrutura não existia. Ao contrário, seria uma das regiões por onde o mar Éodevoniano teria penetrado na Bacia do Paraná.

3.2.2 - Carbonífero-Permiano: Subgrupo Itararé

É uma das unidades mais desenvolvidas da Bacia do Paraná chegando a atingir 1.300 m de espessura no nordeste paranaense. Segundo Fúlfaro et al. (1982), é durante a sedimentação permo-carbonífera que a Bacia do Paraná atinge sua área máxima, passando a constituir, pela primeira vez, uma bacia do tipo sinéclise na verdadeira acepção do termo. Com relação ao *status* da unidade a questão é controvertida. Schneider et al. (1974) a consideraram como grupo enquanto outros autores como Soares et al. (1974) e Fúlfaro et al. (1980) a consi

deram como formação, posição que foi mantida em diversas publicações do DNPM (1974 e 1984). Para efeitos de presente análise, entretanto, será utilizada a anotação adotada por Petri & Fúlfaro (1983), que a consideram como subgrupo.

O subgrupo Itararé abriga uma grande variedade de litologias, dentre as quais se destacam arenitos, diamictitos, siltitos e argilitos. Os arenitos dominam sobre os demais tipos podendo sua granulometria variar desde muito fina até grosseira. Apresentam estratificação cruzada acanalada e marcas de ondas. Os diamictitos ocorrem em diversos níveis individualizados, intercalados em arenitos e siltitos. Tal complexidade litológica e estrutural é reflexo da grande variedade de ambientes deposicionais que interagiram durante sua sedimentação, sendo reconhecidos ambientes glaciais, flúvio glaciais, lacustres, deltaicos e marinhos. O ambiente glacial é particularmente bem representado na área, podendo-se observar inúmeros afloramentos de diamictitos, bem como de pavimento estriado (Fotos 3 e 4).

Chang (1984), estudou minuciosamente as feições estruturais e as relações estratigráficas do subgrupo Itararé no sudoeste do Estado de São Paulo, alertando que a subdivisão dessa unidade não pode ocorrer sem o conhecimento amplo dos mecanismos de deposição em ambiente glacial. Caracterizou para a região estudada, os seguintes sistemas deposicionais: fluvial anastomosado, supraglacial marginal; planícies de *outwash* glacial; frente deltáica do tipo *flysh*; plataforma rasa; deltáico de rápida progradação; glácio-fluvial; glácio-marinho raso e deltáico costeiro.

3.2.3 - Permiano Inferior Médio: Formações Rio Bonito e Palermo

À época de deposição das formações Rio Bonito e Palermo, a Bacia do Paraná atravessava uma época de relativa calma tectônica, com lenta ascensão de sua borda leste (Ferreira 1982). As condições climáticas também mudaram e não mais ocorrem os depósitos glaciais. De acordo com diversos pesquisadores, dominam nesse intervalo sistemas deposicionais de planícies costeiras, com formações flúvio-deltáicas e lacustres (Petri & Fúlfaro 1983). Dentre os litotipos presentes, desta

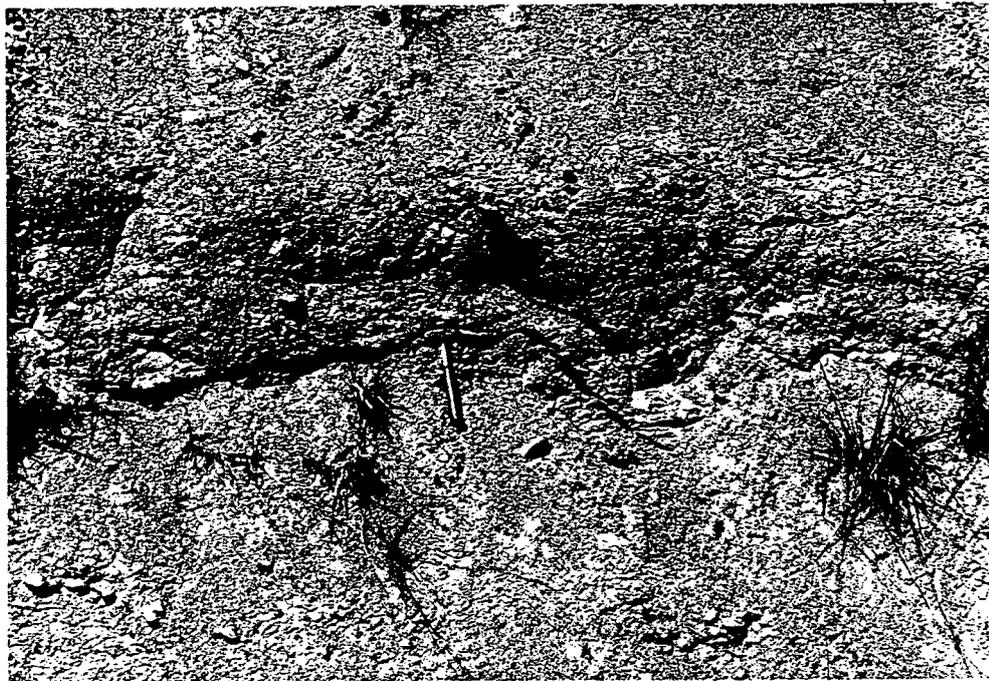


FOTO 03 - Aspecto de um diamictito do Subgrupo Itararé em afloramento da PR-090, a 4,5 km de Ventania no sentido de Curiúva. No âmbito da área estudada, os diamictitos foram observados com maior frequência na metade superior do pacote de sedimentos Itararé.



FOTO 04 - Pavimento estriado em arenito conglomerático da base do Subgrupo Itararé, evidenciando sentido de movimento de SSE para NNW. Afloramento no leito de um pequeno afluente da margem direita do rio Pirituba, a 25 km de Itapeva, no sentido de Itararé, fora já dos limites da área estudada.

cam-se os arenitos de grã média a muito fina, siltitos argilosos, siltitos arenosos e folhelhos carbonosos com desenvolvimento local de camadas de carvão.

Medeiros & Tomaz Filho (1973), dedicaram especial atenção aos estudos dos sistemas deposicionais da Formação Rio Bonito. De acordo com esses autores, o sistema deposicional predominante no intervalo basal daquela unidade era flúvio-deltáico. No intervalo médio predominam areias de fácies transgressivas e no intervalo superior, retorna o sistema fluvial, com passagens laterais para sistemas de barras e barreiras litorâneas, associadas a frentes deltáicas.

Após a sedimentação das últimas areias da Formação Rio Bonito, a Bacia do Paraná foi inteiramente coberta por mar transgressivo, tendo então ocorrido a Sedimentação da Formação Palermo. Observa-se, entretanto, dificuldades de correlação entre os litotipos contemporâneos ao Palermo, ao norte e ao sul do Arco de Ponta Grossa. Ferreira (1982), analisa tais dificuldades com base em seu modelo de evolução do arco, propondo que o alinhamento estrutural de Guapiara tivesse atuado como alto submerso, modificando as condições de sedimentações locais.

3.2.4 - Permiano Superior: Grupo Passa Dois

O Permiano Superior inicia-se com a deposição da Formação Irati, encontrando a Bacia do Paraná em fase de máxima estabilidade tectônica. Esta estabilidade reflete-se na persistência da sedimentação em grandes áreas sem apresentar contrastes abruptos de espessura (Ferreira 1982).

A Formação Irati é composta por uma sequência de argilitos, siltitos e folhelhos escuros, pirobetuminosos associados a níveis de rochas carbonáticas. As características litológicas e sedimentares sugerem deposição em mar raso, do tipo epinerítico (Fúlfaro et al. 1980). Em vista de sua persistência lateral e litologia única, a Formação Irati tem sido utilizada como camada-guia para correlações stratigráficas em toda borda leste da Bacia do Paraná.

Inversamente ao que se observa na Formação Irati, as unidades superiores do Grupo Passa Dois não apresentam persistência lateral de seus litotipos o que pode ser constatado através da análise das colunas de diferentes áreas da bacia (Figura 6). Fúlfaro (1970 e 1974), alerta para a existência de uma barreira geográfica durante o Permiano Superior na região de Fartura. Tal barreira estaria relacionada ao Alinhamento Estrutural do Paranapanema, que teria atuado como elemento positivo durante a sedimentação Estrada Nova (topo do Passa Dois). Ferreira et al. (1981), entretanto, atribuem esse condicionamento ao Alinhamento de Guapiara, posteriormente reconhecido por esse autor como importante elemento estrutural relacionado a evolução do Arco de Ponta Grossa.

3.2.5 - Triássico e Jurássico: Formações Pirambóia e Botucatu

Entre o final do Permiano e o início do Triássico, não são conhecidos depósitos sedimentares na Bacia do Paraná. Nesse intervalo, a bacia ficou sujeita a um processo de levantamento epirogenético generalizado, sustando a sedimentação e permitindo a instalação do ciclo erosivo Gondwana, de proporções continentais (Fúlfaro et al. 1980). Na região sul/sudeste, o Arco de Ponta Grossa foi uma das áreas mais afetadas por esse soerguimento, o qual, de acordo com diversos autores (Soares & Landim 1975; Asmus 1978) teria precedido o conjunto de fenômenos responsáveis pela separação dos continentes sul-americano e africano.

Assim, ao ser retomada a sedimentação na bacia, no Mesozóico, o Arco de Ponta Grossa já estava implantado, dividindo a bacia do Paraná em duas sub-bacias, Pirambóia ao norte e Rosário do Sul ao sul (Figura 6). Com base no registro fóssilífero da porção superior dessa última unidade e na idade da Formação Serra Geral, como limite superior, essas formações estariam situadas entre o Triássico Inferior e o Jurássico Superior (Fúlfaro et al. op. cit).

Aos sedimentos da Formação Pirambóia, de fácies tipicamente fluvial, segue-se já a deposição Botucatu, de fácies predominantemente eólica. A deposição das porções basais dessa última unidade, entretanto, ainda ocorrem sob condições sub-aquosas, com a presença de fácies torrenciais, representada por arenitos conglomeráticos. Estes podem ser observados, entre outros locais, nas áreas marginais e sobre o Arco de Ponta Grossa, relacionando-se pois ao rápido soerguimento dessa área, no início do Jurássico (Soares & Landim 1975).

De acordo com Fúlfaro et al. (op. cit) é provável que a manutenção do grande deserto Botucatu, durante o Triássico/Jurássico, esteja relacionada com a elevação do grau geotérmico nos tempos que precederam a ruptura continental e o magmatismo basáltico que a seguir se manifestou.

3.2.6 - Magmatismo Mesozóico/Eo-Cenozóico

A deposição do Botucatu ainda não havia terminado quando, na Bacia do Paraná, teve início um complexo de fenômenos tectônicos e magmáticos, responsáveis pela reativação de antigas estruturas, com falhamentos e soerguimentos crustais, bem como o estabelecimento de fraturas de tensão e derramamento generalizado de magma basáltico. Esse conjunto de fenômenos, com manifestações presentes em toda a Plataforma Brasileira, foi caracterizado por Almeida (1967 e 1969) como a Reativação Wealdeniana. Seu início ocorreu no limite entre Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior (*Wealden*) e suas manifestações, em três diferentes estágios, estenderam-se até o recente (Almeida, op. cit.).

Na Bacia do Paraná, a reativação foi caracterizada por intenso magmatismo basáltico, tholeítico, do tipo fissural. No interior da bacia, grandes espessuras de lava se acumularam (Formação Serra Geral), enquanto que suas margens foram sítios de intrusões básicas, alcalinas e alcalino-ultrabásicas, relacionada a diferentes estágios da reativação.

O Arco de Ponta Grossa foi uma região particularmente afetada por esses fenômenos. No primeiro estágio da reati-

vação, foi cortado por denso exame de diques básicos, que hoje, se manifestam tanto na faixa de cobertura sedimentar paleozóica como na área do embasamento exposto (Figura 4). As alcalinas de Jacupiranga e de Juquiã e outros possíveis corpos menores também estão associados a essa primeira fase de reativação (Almeida 1983 e 1986).

No segundo estágio de reativação, do Aptiano ao Eoceno, cessa o vulcanismo basáltico, mas em diversos pontos, às margens da bacia, observam-se ainda intrusões alcalinas, entre as quais incluem-se as alcalinas do Banhadão, Mato Preto, Tunas e outros corpos menores na porção central do Arco de Ponta Grossa (Ulbrich & Gomes 1981).

No terceiro estágio da reativação, não mais ocorrem manifestações vulcânicas na área. A bacia e seus arredores sofrem soerguimento epirogênico e deformações locais da superfície paleogênica, traduzidos por basculamentos, flexuras, *grabens* e *horsts* (Almeida 1981).

3.2.7 - Sedimentação Pós-Vulcanismo

Os eventos pós-vulcanismo Serra Geral foram analisados por Soares & Landim (1975) e por Fúlfaro (1975). Segundo aqueles autores, no Cretáceo Inferior teria iniciado a sedimentação do Grupo Bauru, com a Formação Caiuã depositando-se sobre uma superfície erosiva esculpida nos basaltos. A sedimentação estava restrita ao noroeste do Paraná e o oeste-sudoeste de São Paulo. A partir do Cretáceo Médio, o Arco de Ponta Grossa torna-se novamente ativo, conduzindo o retrabalhamento dos arenitos Caiuã, que se redepositariam mais ao norte (Fácies Santo Anastácio), e condicionando a deposição final do Grupo Bauru, no Cretáceo Superior, à norte da Bacia do Paraná.

Fúlfaro (1979), analisa a sedimentação do Cenozóico na Bacia do Paraná. De acordo com esse autor, a diferenciação entre as razões de subsidência dos centros deposicionais e levantamentos dos arcos marginais, já evidenciados no final do Mesozóico, atinge maior definição no Cenozóico. A região ao sul do Arco de Ponta Grossa mostra contínua elevação, com am

pla escavação do planalto basáltico. Ao norte do arco, os mesmos condicionamentos tectono-sedimentares que comandaram o último evento sedimentar mesozóico, continuam a existir, não tendo, contudo, propiciado uma sedimentação homogênea em toda a região sententrional. Dentre as diversas formações cenozóicas apontadas por esse autor destacam-se, os sedimentos de fundo de bossoroca, as formações Rio Claro e Rio Grande, e as cascalheiras de geração quartzítica e de geração calcedônea associadas às planícies dos grandes rios, bem como os depósitos fluviais atuais.

Na região do Arco de Ponta Grossa a presença desses depósitos é bastante restrita, observando-se algumas cascalheiras tanto nas proximidades como distantes dos principais cursos d'água da região. A pouca expressividade desses depósitos na área considerada não despertou, até o momento maior interesse dos estudiosos, mas o entendimento de sua gênese certamente servirá para esclarecer mais uma parte do passado geológico da região.

4 - GARIMPOS E OCORRÊNCIAS DIAMANTÍFERAS

Estão incluídos neste ítem as observações efetuadas a nível das ocorrências diamantíferas e arredores das mesmas, tomadas com o objetivo de auxiliar a interpretação dos dados analíticos, bem como o entendimento da gênese dos depósitos e avaliação da potencialidade da área. Essas ocorrências estão distribuídas em três regiões principais: Itararé-Jaguariaíva; Tomasina-Ibati-Ventania e Telêmaco Borba-Tibaji (Figura 2).

4.1 - Região Itararé-Jaguariaíva

Situa-se na porção leste da área estudada, sendo cortada pelos rios Verde, Itararé, Jaguaricatú e Jaguariaíva. Com exceção do primeiro rio, todos os demais têm seus altos cursos desenvolvidos em terrenos cristalinos antes de penetrarem nos tratos sedimentares da Bacia do Paraná. No âmbito desta, estão presentes litotipos da Formação Furnas e do Subgrupo Itararé, além de efusivas básicas, manifestadas sobretudo na forma de soleiras. Em todos os rios citados são conhecidas ocorrências diamantíferas, algumas exploradas até recentemente.

- Alta Bacia do rio Verde

Para efeitos deste trabalho, considerou-se como alta bacia do rio Verde, a faixa de terrenos drenada por aquele rio, situada ao sul do paralelo de 24° 00'. São seus formadores principais, nessa área, os rios do Lajeado, Jatibuca, Ribeirão do Urso e outros sem denominação específica. Na altura da confluência desses rios com o rio Verde situou-se uma das principais áreas de garimpo da região.

Nessa região os rios correm sobre arenitos da Formação Furnas, normalmente bem litificados, propiciando a formação de extensos lajeados e de pequenas cachoeiras (Fotos 5 e 6). A sedimentação de fundo desses rios é escassa e quase não existem terraços de acumulação detrítica. Contudo o diamante tem sido aí garimpado, esporadicamente no interior de marmitas e poços naturais, juntamente com algum ouro, também ocorrente.



FOTO 5 - Aspecto do rio do Lajeado, próximo à confluência com o córrego do Urso (ponto LC-9), destacando-se a presença de fendas e poços, que constituem locais propícios à acumulação de cascalho.



FOTO 6 - Detalhe de um sumidouro formado por aprofundamento de uma marmitta até atingir um nível de disjunção, por onde a água escapa. Rio do Lajeado, a montante ao ponto anterior.

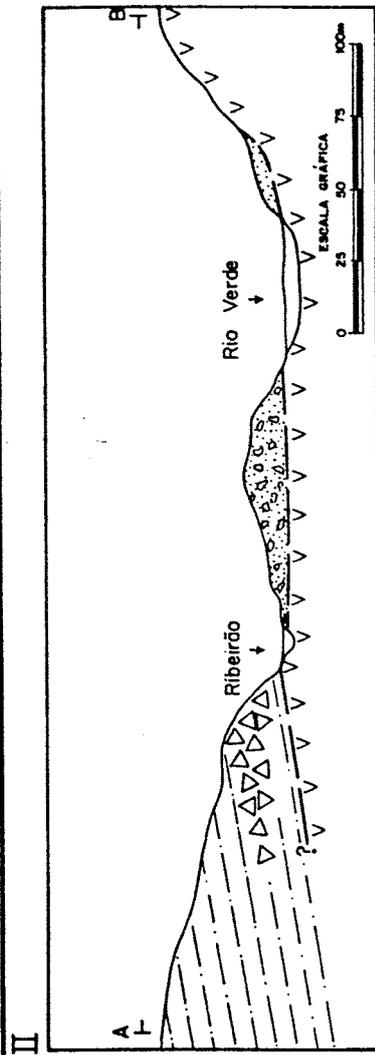
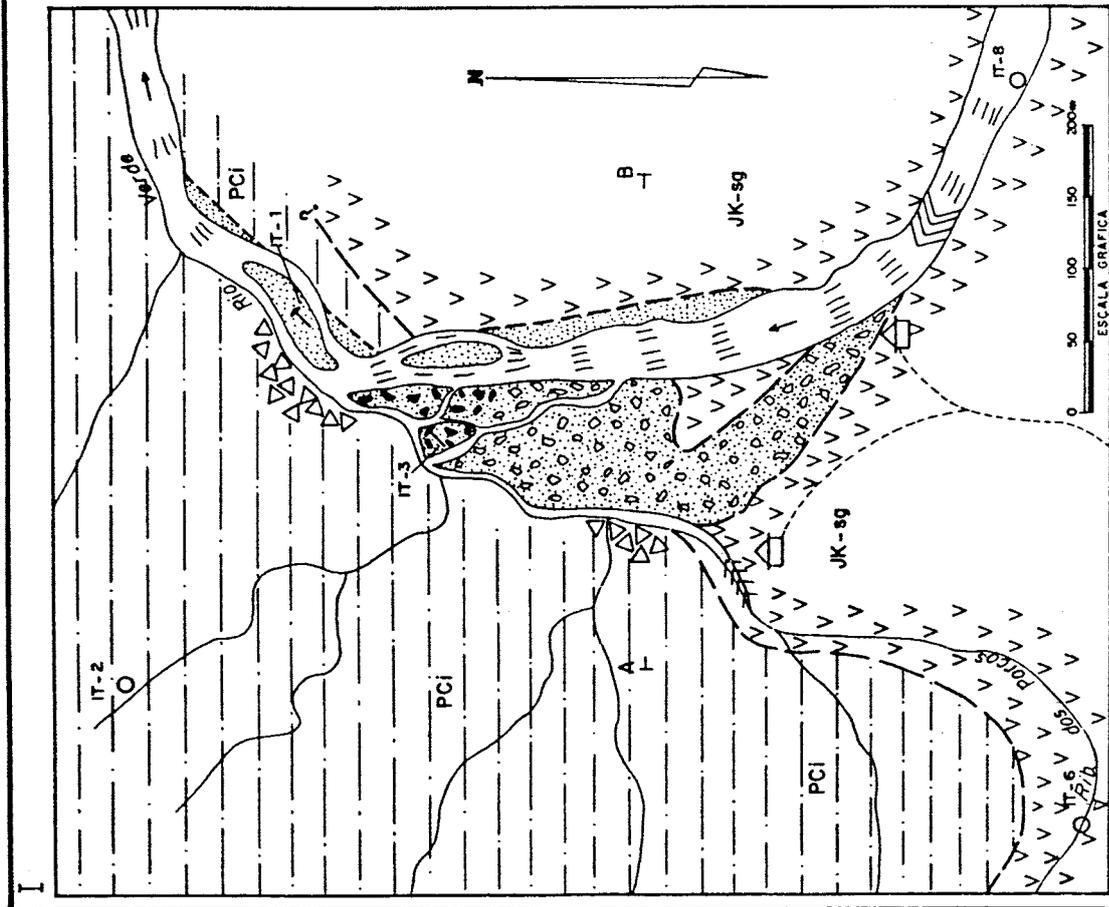
No arenito Furnas, foram observados raros níveis conglomeraráticos, de espessura decimétrica, constituídos essencialmente por seixos de quartzo leitoso e que só raramente ultrapassam 2,0 cm de diâmetro. Já no material coletado no interior das "marmitas" são frequentes os seixos com diâmetro superior a 2,0 cm, sendo ainda de composição mais variada (jaspe, sílex, calcedônia e rochas granito-gnâissicas). Essa variação sugere já contribuição das unidades rudáceas do sub-grupo Itararé, presentes nos interflúvios dessa bacia. Não foi observada na área, a presença de rochas básicas.

- Garimpo de Itoupava.

Localiza-se na margem esquerda do rio Verde, em terras da Fazenda Santa Rita, no bairro de Itoupava, distante 24 km a nordeste de Itararé. Trata-se de um terraço recente daquele rio e de pequenas ilhas de acumulação de cascalho dispostas ao longo do mesmo. Em sua maior parte o depósito está assentado sobre uma laje de diabásio grosseiro que constitui uma soleira em meio aos sedimentos do Subgrupo Itararé. Estes representam-se localmente por siltitos e arenitos finos de cores amareladas, lamitos avermelhados e intercalações subordinadas de diamictitos.

A faixa aluvionar principal possui dimensões aproximadas de 250 x 100 m e corresponde a um antigo canal do rio Verde. O terraço já foi quase totalmente garimpado, restando ainda intactos apenas segmentos isolados em sua porção norte, junto a confluência de pequeno ribeirão de desenvolvimento local (Figura 8). O nível de cascalho, com espessura máxima em torno de 1,20 m é constituído por seixos de quartzito, arenito, jaspilito além de blocos de dimensões decimétricas a submétricas de diabásio e granitos diversos. A matriz é de natureza argilosa e cor cinza azulada. Na fração pesada observa-se principalmente a presença de limonita, hematita, turmalina preta, rutilo e granadas (rôsea e castanho-alaranjada).

Os diamantes encontrados são de pequenas dimensões (0,10 a 0,30 ct) mas geralmente de qualidade gemológica. As únicas notícias recentes de achados de diamantes de maior peso



CONVENÇÕES

LITOLÓGICAS

-  Arenias inconsolidadas, colúvio e material revolvido
-  Arenias e cascalho com matriz argilosa
-  Soleira de diabásio
-  Arenitos conglomeráticos, silitos e argilitos

CARTOGRÁFICAS

-  Caminho ou trilha
-  Queda d'água
-  Corredeiras
-  Ocorrência de diamante
-  Ponto de amostragem
-  Afloramento de diamante
-  Contato geológico indiferenciado

Figura 8 - Garimpo de Itoupava, Itararé - S.P. Esboço geológico da área de ocorrência de diamante no rio verde (I) e perfil E-W do garimpo, contemplando as principais feições geológicas observadas na área (II)

são de 1982, referentes a duas pedras com 2,4 e 2,8 ct. O exame de lotes de diamantes de posse de garimpeiros locais mostrou a predominância do hábito rombododecaédrico.

- Bacia do rio Itararé.

As ocorrências de diamantes dessa área, estão situadas em pequenos terraços do rio Itararé, localizadas a jusante da cidade homônima, no distrito de Santa Cruz dos Lopes. Alguns afluentes seus também são diamantíferos, como os ribeirões da Ponte Alta e da Fazenda Capri, nos quais foi realizada amostragem de concentrado de bateia.

Nessa região o rio Itararé está bastante encaixado correndo sobre o arenito Furnas. Seus afluentes, entretanto, com cursos mais superficiais, desenvolvem-se sobre litologias do Subgrupo Itararé, dominando localmente os argilitos com intercalações subordinadas de arenitos grosseiros, com estratificação acanalada (Foto 7). Estes últimos apresentam maior variedade mineralógica da fração pesada, do que os arenitos Furnas tendo sido observado, ^{na} nível de afloramento a presença de grãos de hematita, turmalina preta e jaspilitos.

Os terraços, entretanto, são pouco desenvolvidos, apresentando extensão da ordem de 20 ou 30 m e largura inferior a 10 m. O nível de cascalho mineralizado atinge no máximo 0,50 m e o capeamento, geralmente argiloso é de 1,5 a 2,0 m. Os diamantes encontrados, embora de qualidade gemológica, são de pequeno tamanho, ao redor de 0,30 ct, sendo raras as pedras com mais de 1,0 ct.

- Rio Jaguaricatú

O rio Jaguaricatú é afluente do Itararé pela margem esquerda, sendo o rio mais produtivo em diamante dessa região limítrofe entre os estados de São Paulo e Paraná. As principais ocorrências estão situadas a montante da cidade de Sengés, sendo garimpadas cascalheiras do leito ativo. Na ocorrência da Fazenda de Erva Doce (LC-15) a existência de uma barragem para geração de energia elétrica a montante daquele ponto, deixa exposto quase 500 m do leito do rio, entulhado por blocos de arenitos (Foto 8). O diamante tem sido aí garimpado, observando-se principalmente

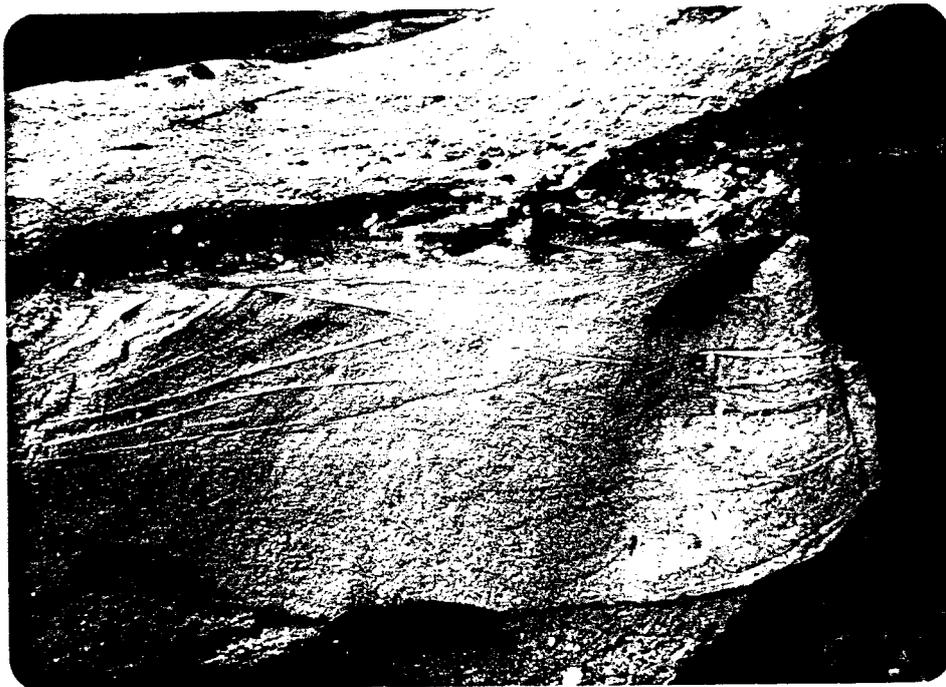


FOTO 7 - Arenito Itararé exibindo estratificação acanalada cruzada, típica de ambiente fluvial e níveis conglomeráticos, destacando-se na foto a presença de seixos de rocha feldspática, caulinizada (Ponto LC-12 - Faz. Capri, Itararé-SP).



FOTO 8 - Garimpeiro trabalhando na retirada de cascalho acumulado entre blocos de arenito no leito do rio Jaguaricatũ. (Ponto LC-15 - Faz. Ervva Doce, Sengês-PR).

a presença de pedras de qualidade gemológica e dimensões ao redor de 0,30 ct.

O rio Jaguaricatã tem seu alto curso desenvolvido sobre terrenos metamórficos e graníticos pré-cambrianos e seu adentramento nos terrenos sedimentares da bacia do Paraná acontece através de um *canyon* escavado no arenito Furnas. Capeando os interflúvios ocorrem arenitos e argilitos do Subgrupo Itararé, com níveis subordinados de diamictitos e arenitos conglomeráticos. Observa-se também na área uma maior frequência de diques básicos do que nas anteriormente descritas, além de intenso fraturamento segundo direções NE-SW e E-W.

- Rio Jaguariaíva

Tanto o rio Jaguariaíva como seus afluentes, Capivari, Cajuru e outros foram bastante garimpados no passado, embora não se conheçam registros oficiais da produção de diamantes. Atualmente a garimpagem nesses rios é uma atividade esporádica e executada apenas em épocas de estiagem, quando se torna mais fácil o acesso aos poços, fraturas abertas e outros locais de acumulação de cascalho. A principal área de garimpagem do rio Jaguariaíva situa-se 500 m a montante da foz do rio das Mortes, no local denominado Serrinha. Trata-se de um pequeno terraço de acumulação de cascalho na margem esquerda do referido rio, sendo o local de difícil acesso devido o entalhamento apresentado pelo rio. Ocorrem na área sedimentos das formações Furnas, Ponta Grossa e do Subgrupo Itararé. Do ponto de vista da tectônica, a área é bastante movimentada, observando-se intenso fraturamento NW-SE e NE-SW, os primeiros, geralmente, preenchidos por diques básicos. Diques básicos com direção nordeste, quando presentes mostram ser mais jovens do que os de direção nordeste, interceptando-os e deslocando-os.

4.2 - Região de Tomasina-Ventania

Situa-se na porção central da área estudada e encerra as ocorrências dos rios do Peixe e das Cinzas, bem como as de seus afluentes. O rio das Cinzas tem suas nascentes em área de exposição do arenito Furnas, sendo já diamantífero an

tes de adentrar a área de ocorrência dos sedimentos permocarbônicos. Por outro lado, o rio do Peixe e seus formadores desenvolvem-se integralmente em área de ocorrência de litologias do Subgrupo Itararé ou de unidades de posição estratigráfica superior. Na Figura 9, estão assinaladas as principais ocorrências conhecidas e os pontos de coleta de amostras.

- Bacia do Rio das Cinzas

Ao longo do rio das Cinzas e seus tributários é mencionado, de modo vago, a existência de diversas ocorrências diamantíferas, principalmente entre Arapoti e Tomasina, as quais são garimpadas de forma esporádica. Dentre as ocorrências por nós visitadas destaca-se o Monchão do Faria, que até o ano de 1985, suportava uma atividade de garimpeira incipiente.

O monchão do Faria situa-se na margem direita do rio das Cinzas, 8 km a jusante da cidade de Tomasina (Ponto LC-33). Trata-se de antigo terraço fluvial com cerca de 150 m de extensão ao longo do rio, com largura máxima de 80 m. A topografia suave do local permitiu a remoção da cobertura estéril com trator, expondo um nível de cascalho de 0,50 m de espessura, o qual tem sido desmontado através de jatos d'água. De acordo com informações coletadas no local, o teor em diamantes é baixo (0,10 ct/m³) sendo também as pedras de pequeno porte, com 0,10 a 0,20 ct em média. Dominam na área arenitos Itararé e a montante do monchão observa-se a existência de um dique de diábasio o qual deve ter condicionado a formação do depósito.

Similar ao depósito anterior e espacialmente relacionado a ele, existe outra cascalheira conhecida como monchão do Nunes (LC-32) sendo, contudo de dimensões inferiores. Localmente, a espessura do nível de cascalho chega a 1,5 m (Foto 9).

A análise dos concentrados desses monchões mostrou pobreza em minerais pesados, sendo a granada um constituinte escasso, enquanto que nos sedimentos ativos do leito do rio ela comparece em maior proporção.

Um aspecto comentado por garimpeiros locais, porém não confirmado devido a ausência de lotes de diamantes para análise, é que as referidas ocorrências, embora distantes não

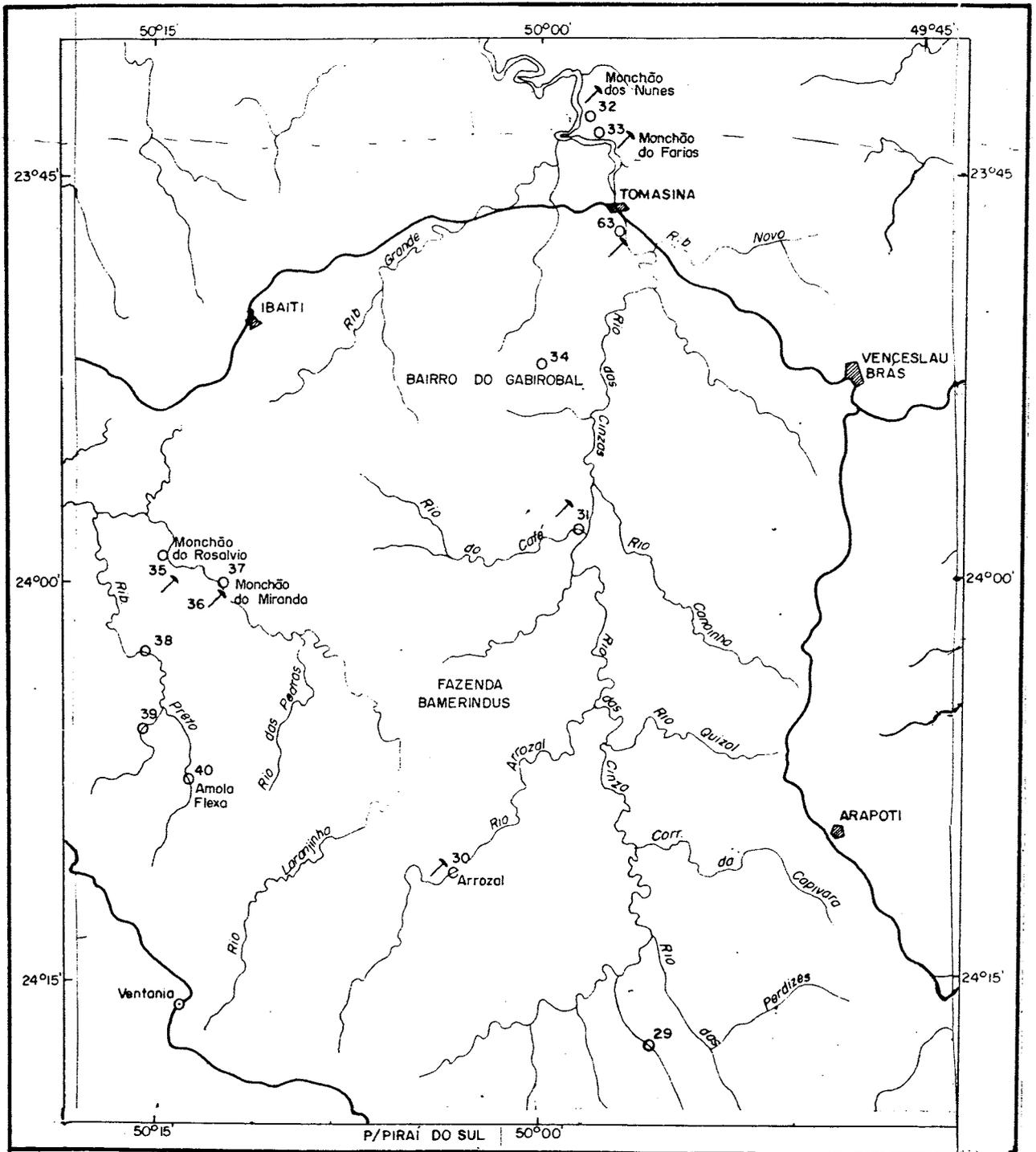


FIGURA 9 — Principais ocorrências diamantíferas e garimpos das bacias dos rios Laranjinha e das Cinzas. \blacktriangleright ocorrência ou garimpo abandonado; \circ LC-63 ponto visitado.

mais do que 500 m entre si, apresentam grandes variações na qualidade das gemas. De acordo com os garimpeiros o diamante do monchão do Nunes, embora mais escasso, é de melhor qualidade e de maior tamanho do que o encontrado no monchão do Faria. Situações desse tipo podem estar relacionadas com processos de retrabalhamento dos sedimentos onde os diamantes de pior qualidade (com inclusões ou fraturas) seriam eliminados por destruição, restando as pedras de melhor qualidade.

Outras ocorrências semelhantes situam-se no rio do Café (LC-31) junto à confluência com o rio das Cinzas e no rio Arrozal (LC-30). Nessas ocorrências, entretanto, a espessura do capeamento estéril tem até 3 m. Observou-se também, próximo à última ocorrência, a presença de diamictitos do Subgrupo Itararé, com seixos de 8 a 10 cm de diâmetro. À montante da foz do rio Arrozal, o rio das Cinzas corre sobre terrenos devonianos (Formações Furnas e Ponta Grossa), podendo-se observar nas proximidades de Arapoti a presença dos mesmos tipos de armadilhas e depósitos observados na bacia do rio Verde (Foto 10).

- Bacia do Rio do Peixe

As ocorrências do rio do Peixe estão situadas na porção centro-oeste da área, já no município de Ibaiti. Constam de uma série de terraços altos situados em ambas as margens do referido rio. Distribuem-se em dois conjuntos principais, sendo um próximo de Ventania com depósitos de pequeno porte, e outro próximo a Caratua, contendo ocorrências mais interessantes, representadas pelos monchões do Barrancão, do Miranda, Mario Pina Rosálvio, Simplício e outros. As dimensões desses monchões ao longo da drenagem são da ordem de 100 a 150 m com largura máxima da ordem de algumas dezenas de metros. As espessuras dos níveis de cascalho variam desde alguns centímetros até 1,80 m no monchão do Miranda, enquanto que a cobertura argilo-arenosa pode estar ausente como no monchão da Negrinha ou alcançar até 9,0 m como no monchão do Barrancão.

Apesar de existirem numerosas ocorrências, as reservas de cascalho desses monchões são pequenas, somando no conjunto pouco mais de 40.000 m³. As ocorrências dos rios Preto (LC-38 e LC-39) e Amola Flexa (LC-40), também são de pequeno porte não apresentado interesse econômico.



FOTO 9 - Aspecto de uma antiga cascalheira do rio das Cinzas, hoje constituindo um terraço elevado cerca de 10 m acima do rio. Entre os clastos mais grosseiros dominam blocos de diabásio e blocos de quartzito com até 20 cm de diâmetro (Ponto LC-32 - Tomasina-PR).



FOTO 10 - Rio das Cinzas visto da ponte da estrada que liga Arapoti a Ventania. Observam-se os mesmos tipos de armadilhas, fendas, poços e marmitas capazes de aprisionar cascalho e minerais pesados.

4.3 - Região Telêmaco Borba-Tibaji

É a mais antiga região produtora de diamantes da área estudada sendo, ainda hoje, a única em que essa atividade é exercida de forma contínua. As ocorrências distribuem-se desde o sul de Tibaji até a região de Salto Mauá, mais de 50 km ao norte de Telêmaco Borba. São conhecidos garimpos em monções (terraços elevados), em terraços baixos e em depósitos do leito ativo, estes últimos sendo explorados tanto através de dragagem como através de ensecadeiras (desvio do rio). Estão presentes na área sedimentos das formações Furnas e Ponta Grossa (Devoniano), do Subgrupo Itararé e das formações Rio Bonito e Palermo (Permo Carbonífero) e da Formação Irati (Permiano Médio). A razão da cidade de Telêmaco Borba não constar das referências mais antigas sobre o diamante da área, deve-se ao fato do município ser de emancipação recente, sendo a região conhecida anteriormente como Monte Alegre e pertencente ao município de Tibaji. Na Figura 10, estão assinaladas as principais ocorrências de diamantes da área e os pontos de coleta de amostras.

- Garimpo da Ilha dos Cavalos

A ocorrência da Ilha dos Cavalos situa-se em terras da fazenda homônima, no município de Ortigueira distando de Telêmaco Borba cerca de 50 km, via Lajeado Bonito ou seja 32 km através da Fazenda Monte Alegre. O depósito é um terraço antigo do rio Tibaji situado imediatamente a jusante de um dique de diabásio que serviu como anteparo ou *rifle* concentrador. Suas dimensões são de aproximadamente 150 x 80 m com uma espessura de cascalho que pode chegar a 8 m na porção central do depósito. A ocorrência já foi em sua maior parte trabalhada por garimpeiros, sendo difícil definir sua antiga geometria. Atualmente apresenta-se exposta uma frente de trabalho com 120 m de extensão e cinco metros de altura, sendo 2,2 m referentes ao nível de cascalho (Foto 11). Este apresenta-se com uma matriz bastante argilosa, sendo constituído por seixos de natureza variada (arenito, argilito, silxito e rochas do embasamento granito-gnaissico) além de grandes blocos de diabásio e de quartzito, com dimensões submétricas. A jusante do depósito a faixa aluvionar se estende por mais

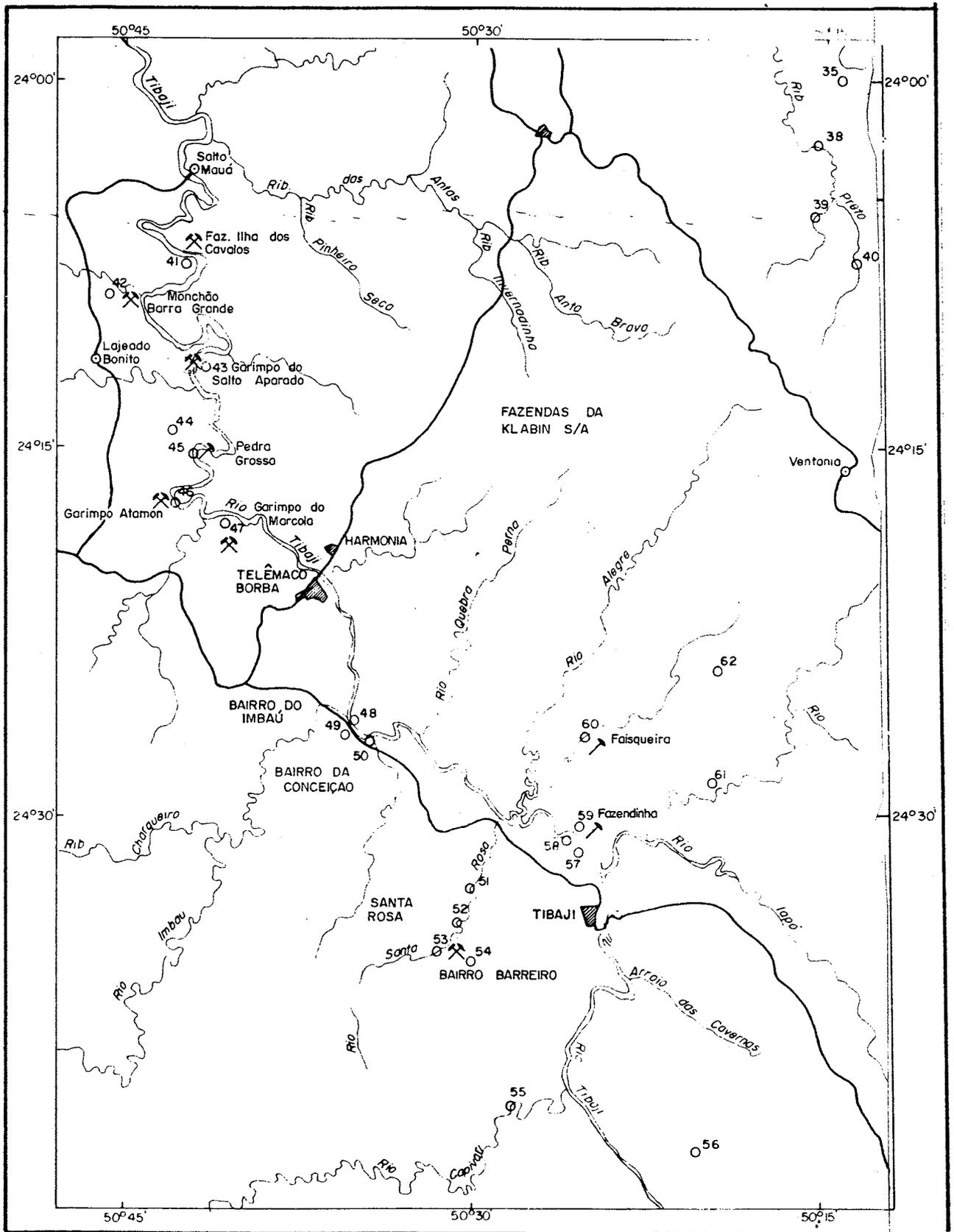


FIGURA 10 — Principais ocorrências diamantíferas e garimpos da bacia do rio Tibaji. ↗ ocorrências ou garimpos abandonados; ⚒ garimpos em atividade, o LC-59 ponto visitado.



FOTO 11 - Aspecto da antiga frente de trabalho do garimpo da Ilha dos Cavalos. O nível de cascalho localmente com 2,2 m de espessura, é constituído por blocos de quartzito e diabásio com dimensões decimétricas. A matriz é predominantemente argilosa.

1.100 m apresentando, contudo, pequenas espessuras de cascalho (0,30 - 0,80 m), e cobertura mais espessa (4,5 metros, em média).

- Ocorrência do rio Barra Grande

Situa-se na margem esquerda do rio Tibaji, junto a confluência do rio Barra Grande. As cascalheiras garimpadas ocorrem tanto em terraço elevado (monchões) como também em terraço baixo ou paleocanal. No primeiro caso parecem corresponder a depósitos colúvio aluvionares, com transporte em meio muito viscoso resultando num conglomerado com os seixos suportados por matriz argilosa. No caso do depósito em terraço baixo o conglomerado é suportado por seixos e apresenta matriz arenosa, sendo pouco consolidado. As espessuras do nível de cascalho são variáveis, podendo atingir cerca de 2,0 m nos monchões e quase 7 m na parte mais profunda do paleocanal. (Fotos 12 e 13). Também a cobertura estéril apresenta espessuras bastante variadas.

- Garimpo do Atamon

Situa-se na região da Campina dos Pupos, cerca de 12 km ao norte de Telêmaco Borba, sendo uma das mais antigas áreas de garimpo da região (Figura 11). O depósito é uma cascalheira do leito ativo do rio, a qual é lavrada a seco graças à construção de um muro para desvio das águas. Em 1986 esse garimpo produziu 1.700 ct de diamantes e cerca de 500 g de ouro como subproduto. O maior diamante encontrado nesse garimpo pesou 9,7 ct sendo uma pedra de forma irregular porém de qualidade gemológica. O conglomerado é do tipo seixo-suporte, com blocos submétricos e matriz arenosa.

- Garimpo do Marcola

Situa-se no bairro do Mandaçaia, 7 km a noroeste de Telêmaco Borba, sendo a única ocorrência diamantífera da região onde se processa uma lavra e beneficiamento semimecanizados. O depósito, provavelmente uma pequena mancha de cobertura terci-
quaternária, situa-se quase 100 m acima do atual nível do rio Tibaji. Apresenta uma camada de cascalho com até 2,5 m de espessura, enquanto a cobertura areno-argilosa apresenta espessura

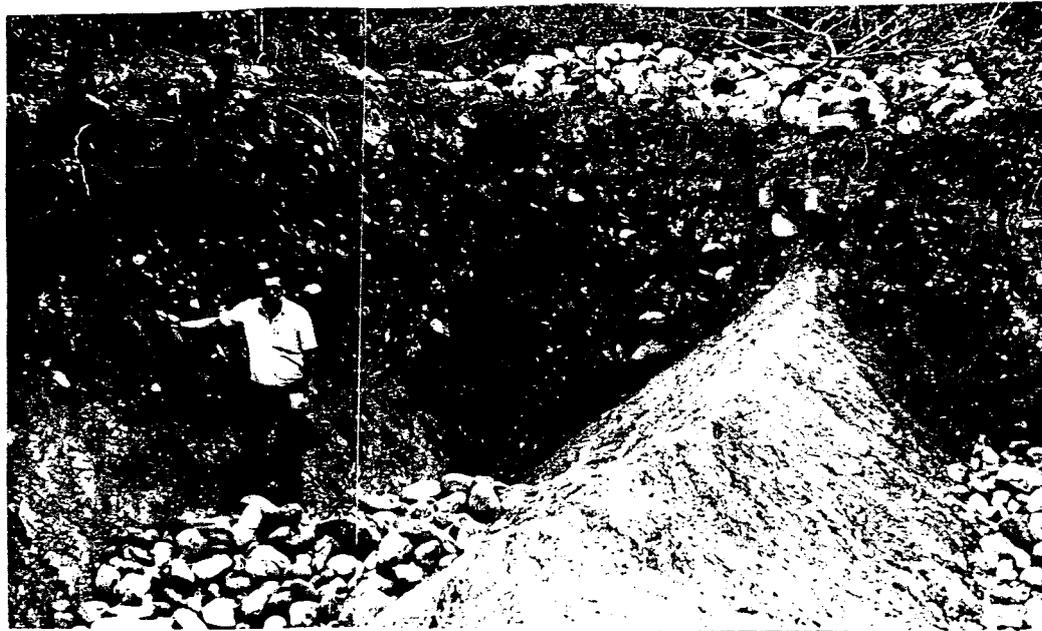


FOTO 12 - Cascalheira do rio Barra Grande nas proximidades de sua foz, no rio Tibaji (Ponto LC-42). A presença de blocos de dimensões decimétricas imersos em matriz argilosa indica transporte em meio de alta viscosidade e energia. Em destaque o fundo irregular do embasamento, constituído por siltito argiloso da Formação Rio Bonito.



FOTO 13 - Cascalheira do rio Barra Grande na área do paleocanal (LC 42a). Observa-se cobertura argilo-arenosa com cerca de 3,5 m de espessura seguida de cascalho (seixo suportes) em matriz areno-argilosa. Nesse local o embasamento foi atingido a 10,20 m de profundidade resultando de uma espessura de cascalho de quase sete metros.

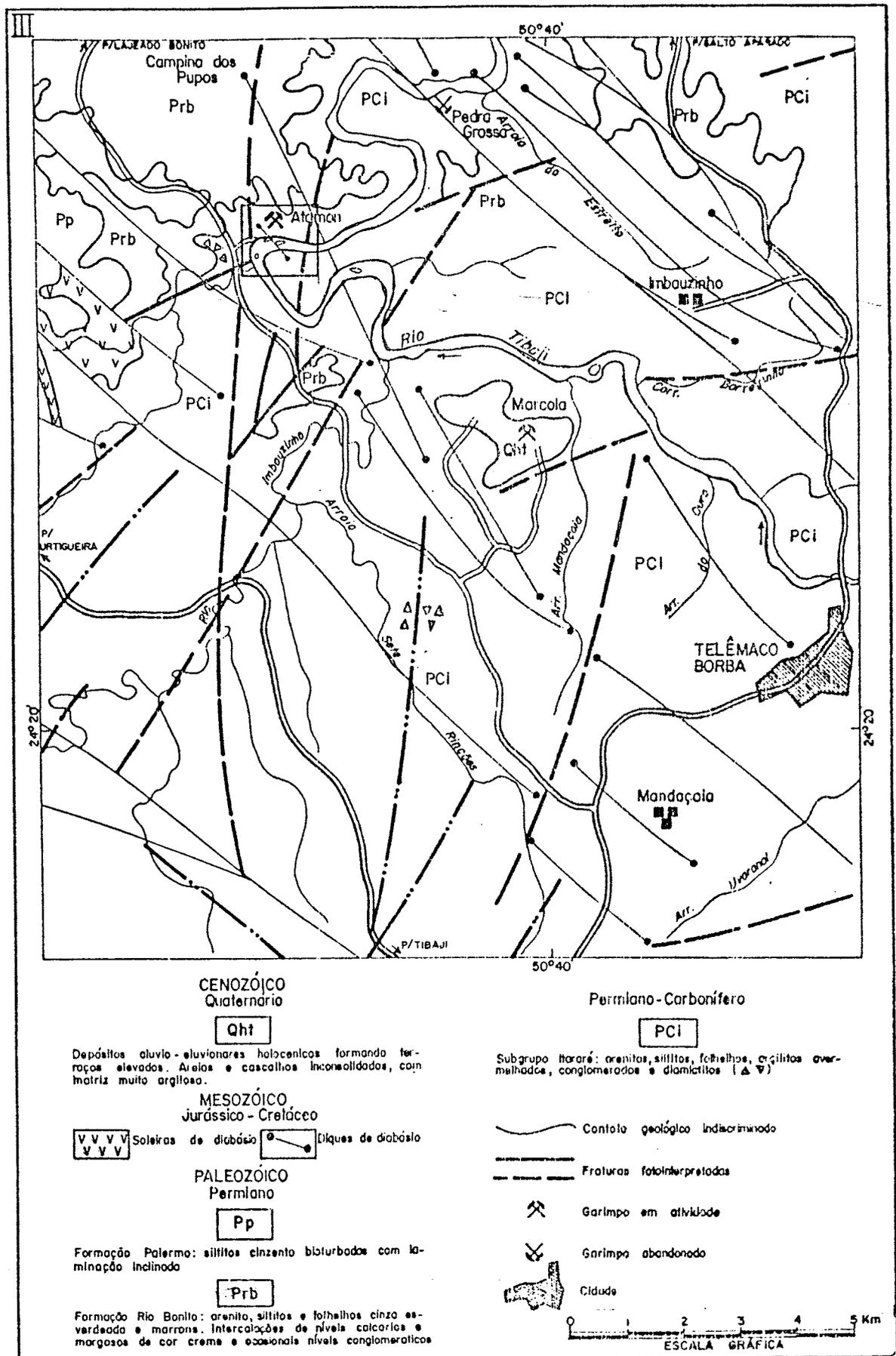


FIGURA 11 - Esboço geológico e mapa de localização dos garimpos do Atamoni e do Marcola, na região de Telêmaco Borba, Paraná.

de 3 a 4 metros em média. Em algumas frentes de trabalho observam-se feições características de depósito colúvio-eluvionar, parecendo o mesmo derivar do retrabalhamento *in situ* de um diamictito do Subgrupo Itararé, sobre o qual está assentado (Fotos 14 e 15). A base do depósito acompanha aproximadamente a curva de nível de 700 m, apresentando dimensões máximas de 1,5 x 3,0 km.

- Outras Ocorrências

Áreas de garimpo de menor importância podem ser observadas em diversos trechos do rio Tibaji, a montante de Telêmaco Borba. No Bairro do Imbaú, próximo à foz do rio Conceição foram observados trabalhos de garimpagem no leito ativo do Tibaji, quer em cascalheiros superficiais (LC-48), quer em poços profundos e, neste caso, sendo necessária a utilização de dragas e escafandros. Nessa região o rio Tibaji corta um espesso pacote de conglomerado do Subgrupo Itararé o qual aparentemente, é o responsável pela liberação de grande quantidade de blocos de quartzito que se observa nas cascalheiras. Também pode ser observada, nessa mesma área, a presença de grandes lajes de conglomerados extremamente litificados no leito do referido rio (Foto 16).

Prosseguindo-se no rumo sul, já nos arredores da cidade de Tibaji, a única ocorrência digna de menção, ainda com trabalho de garimpagem, é a do rio Santa Rosa. Trata-se de um terraço elevado com dimensões aproximadas de 100 x 50 m onde a camada de cascalho, com espessura de 0,50 a 1,00 m, ocorre abaixo de um capeamento argilo arenoso com até 5 m de espessura. Os clastos de maior tamanho são constituídos essencialmente por diabásio, provavelmente derivados de um dique de rocha básica existente nas proximidades. O maior diamante encontrado nesse garimpo, ainda de posse do proprietário do terreno, é uma pedra de 4,8 ct, de habito romboedraédrico, incolor e desprovida de inclusões, a qual encontra-se ilustrada na Foto 17 juntamente com outras pedras de menor tamanho, procedentes da mesma ocorrência.



FOTO 14 - Aspecto do nível conglomerático do monchão do Marcola, localmente com espessura de 1,20 m. O capeamento é removido mecanicamente através de trator de esteira (Ponto LC-47).



FOTO 15 - Outro aspecto do conglomerado do monchão do Marcola o qual mostra passagem gradual para um diamictito que forma o embasamento local do depósito (Ponto LC-47).



FOTO 16 - Lajeado de conglomerado muito litificado, no leito do rio Tibaji, no Bairro da Conceição. A ausência de seixos de diabásio nesse conglomerado sugere que o mesmo possa ser derivado de retrabalhamento local de conglomerado Itararé (Ponto-LC-50).

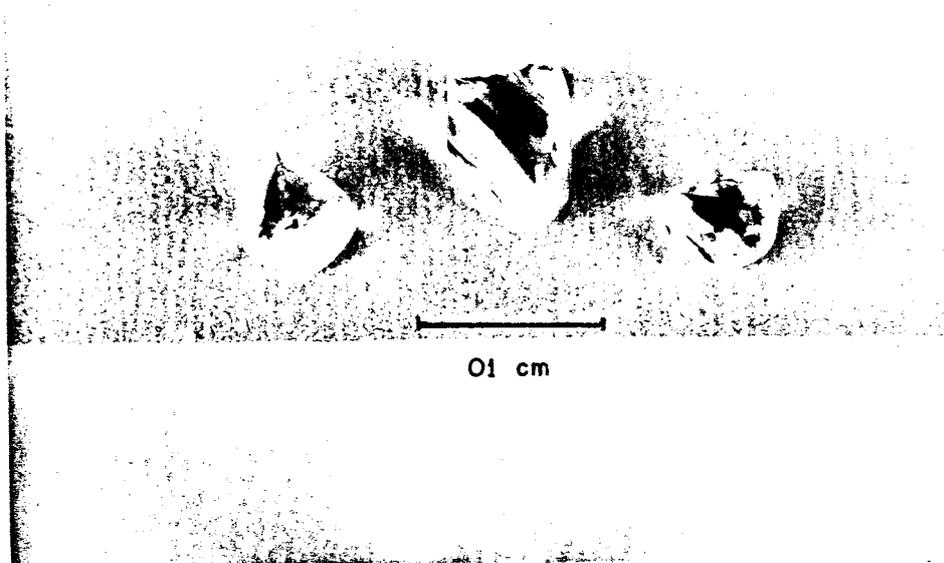


FOTO 17 - Três exemplares de diamante procedentes do garimpo do rio Santa Rosa, em Tibaji. O diamante maior é um rombododecaedro com 3,95 ct. O exemplar da esquerda possui hábito transicional e pesa 0,80 ct. A dimensão da barra é 01 cm.

5 - PROSPECÇÃO E PESQUISA DO DIAMANTE

A prospecção de um bem mineral exige primeiramente uma fase de estudo e caracterização geológica de determinada região, seguida de um reconhecimento de campo e complementada por trabalhos de geofísica, geoquímica e pesquisa de detalhe.

A prospecção do diamante baseia-se no rastreamento de seus acompanhantes, os quais são popularmente denominados de satélites. Correspondem normalmente a minerais e/ou fragmentos de rochas que por sua resistência ao intemperismo e elevado peso específico são encontrados junto com o diamante nos diversos tipos de jazimentos.

De acordo com sua natureza, os satélites do diamante podem ser enquadrados em duas categorias: acompanhantes acidentais e minerais paragenéticos do diamante. Entre os primeiros encontram-se comumente magnetita, ilmenita, hematita, rutilo, zircão, espinélios, granadas, turmalina, estaurolita, hornblenda, anatásio, apatita e outros fosfatos, além de diversos tipos de seixos de material lítico. A presença desses acompanhantes, entretanto, possui um significado bastante restrito, sendo importante apenas para indicar que um determinado depósito tenha sido submetido, em maior ou menor grau, a processos de re-trabalhamento e concentração e seus constituintes. No segundo caso estão incluídos os minerais que por sua assinatura geoquímica enquadram-se no campo de estabilidade do diamante, sendo portanto indicativos da existência de rochas geradas em condições similares.

Na região ora considerada, o conhecimento prévio da existência do diamante, permitiu o direcionamento dos trabalhos já para uma fase de pesquisa de semi-detalle, nos locais favoráveis à acumulação de cascalho, ou à formação de outros tipos de depósitos secundários.

5.1 - Pesquisa do diamante

Embora considerados formalmente como pesquisa, os trabalhos desenvolvidos no âmbito da região diamantífera do Paraná, seja pelas empresas estatais de mineração seja por empresas particulares, tem constituído na prática, avaliações mais ou menos superficiais da potencialidade dos depósitos existentes na área. Esse fato se deve, de um lado à inexperiência da maioria do pessoal técnico em pesquisa dessa natureza e, de outro lado, aos altos custos que seriam necessários para o desenvolvimento de uma pesquisa em moldes mais tradicionais. Concorram ainda dificuldades sistemáticas inerentes à estrutura minerária vigente no País, e conjunturais relativas aos programas de pesquisas das empresas. Assim, enquanto a CPRM teve seu programa de pesquisa interrompido por três vezes à espera de formulação de acordos para ingresso nas áreas de pesquisa, a MINEROPAR não conseguiu de desvencilhar de um acordo com uma cooperativa de garimpeiros que atuava na área que ela pretendia lavrar. No primeiro caso as paralizações somaram quase dezoito meses acarretando, a cada vez, a desmobilização da equipe de campo, com evidente prejuízo no tratamento das informações obtidas.

De um modo geral, as pesquisas com maior quantidade de informações referem-se às ocorrências do rio Tibaji localizadas ao norte de Telêmaco Borba, as quais apresentam maior interesse econômico.

5.1.1 - Bacia do rio do Peixe

No âmbito dessa bacia foram identificados aproximadamente duas dezenas de pequenos depósitos de cascalho, alguns dos quais são esporadicamente lavrados para diamante (Figuras 12 e 13). O principal deles é o monchão do Miranda o qual foi alvo de trabalhos preliminares de pesquisa pela CPRM.

- Monchão do Miranda

Situa-se na margem direita do rio do Peixe, cerca de 18 km ao sul de Ibaiti, em direção a Ventania, apresentando dimensões aproximadas de 280 m de extensão e largura variável de 40 até 150 m. O terreno é de natureza predominantemente argi

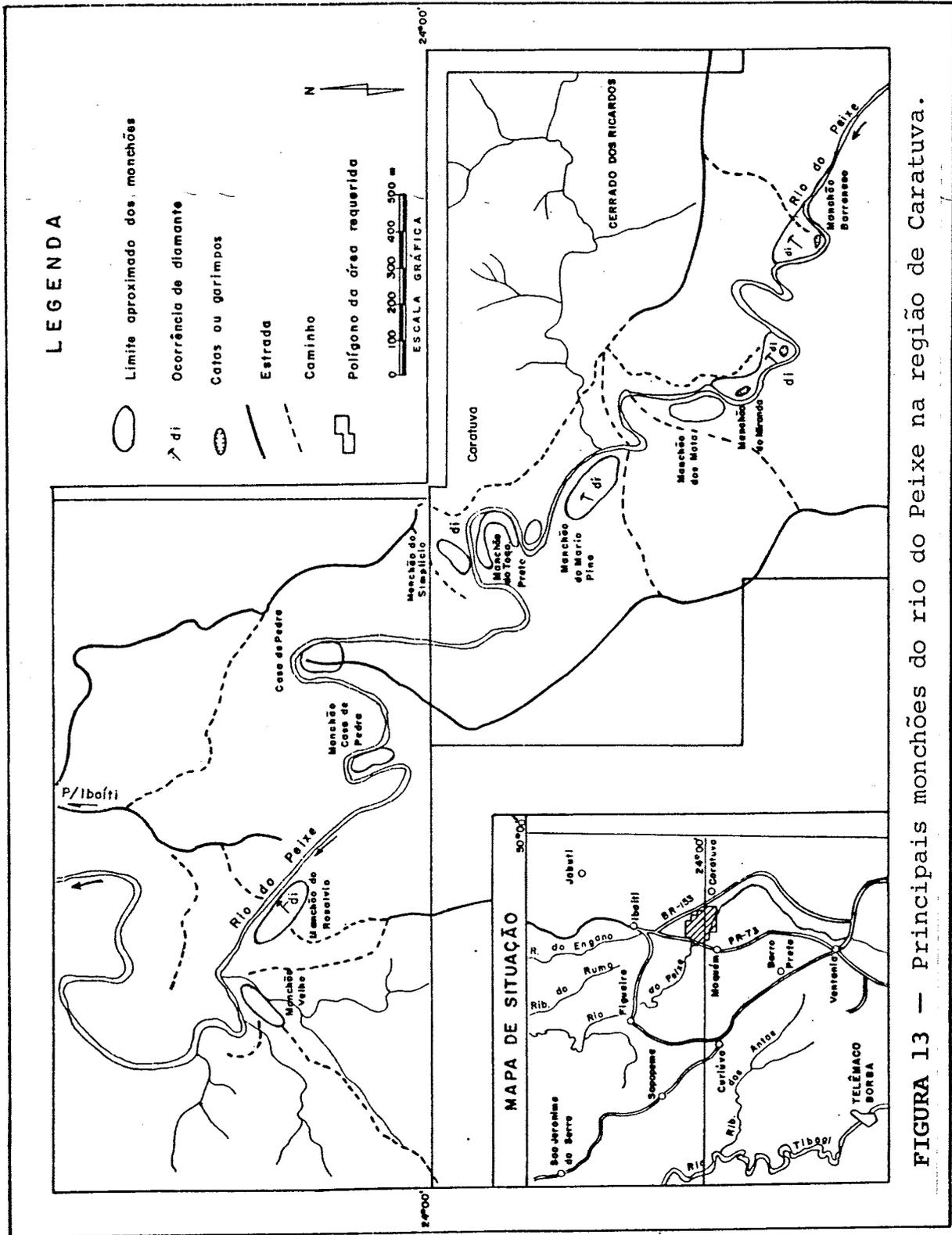


FIGURA 13 — Principais monções do rio do Peixe na região de Caratuva.

losa, o que dificultou a utilização de barras-minas na avaliação das espessuras do capeamento.

A pesquisa foi realizada por meio de sondagem a trado mecanizado, segundo uma malha de 30 x 30 m, totalizando 27 furos. Posteriormente foram executados mais cinco furos em posições intermediárias visando a confirmação da continuidade do nível de cascalho. Foram definidas, em sub-superfície duas manchas de cascalho, com volume global da ordem de 3.600 m³ (Figura 14). As espessuras de cascalho variaram de 0,40 a 1,20 m enquanto que a cobertura estéril atingiu 5,20 m no furo 12.

A grande espessura da cobertura argilo-arenosa constituiu o principal obstáculo na obtenção de amostras de cascalho para lavagem. Assim, para a realização dos testes de teores foi ampliada uma antiga frente de garimpo, da qual foi possível retirar 17,4 m³ de cascalho. Este apresenta matriz argilosa, sendo constituído por blocos de quartzitos, arenito e diábasio com dimensões de até 25 cm no eixo maior. As proporções entre as diversas frações granulométricas, observadas na lavagem de 1 m³ de cascalho foram as seguintes:

<u>FRAÇÃO</u>	<u>VOLUME (l)</u>	<u>PERCENTAGEM</u>
$\phi > 0,1$ cm	480	48,0%
$0,1 > \phi > 0,6$ cm	60	6,0%
$0,6 > \phi > 0,3$ cm	66	6,6%
$0,3 > \phi > 0,1$ cm	138	13,8%
$\phi > 0,1$ cm	256	25,6%
	<u>1.000 l</u>	<u>100,0%</u>

Na lavagem do material foram recuperados dois diamantes de 0,19 e 0,13 ct respectivamente, e 2,6 g de ouro. Os teores assim obtidos, 1,89 pontos/m³ para o diamante, e 0,15 g/m³ para o ouro, foram considerados antieconômicos para depósitos de pequeno volume.

- Outras ocorrências

Para as demais ocorrências da região foram realizadas avaliações apenas com sondagens de barras-minas a qual só é eficaz em terrenos com cobertura pouco consolidada e espessu

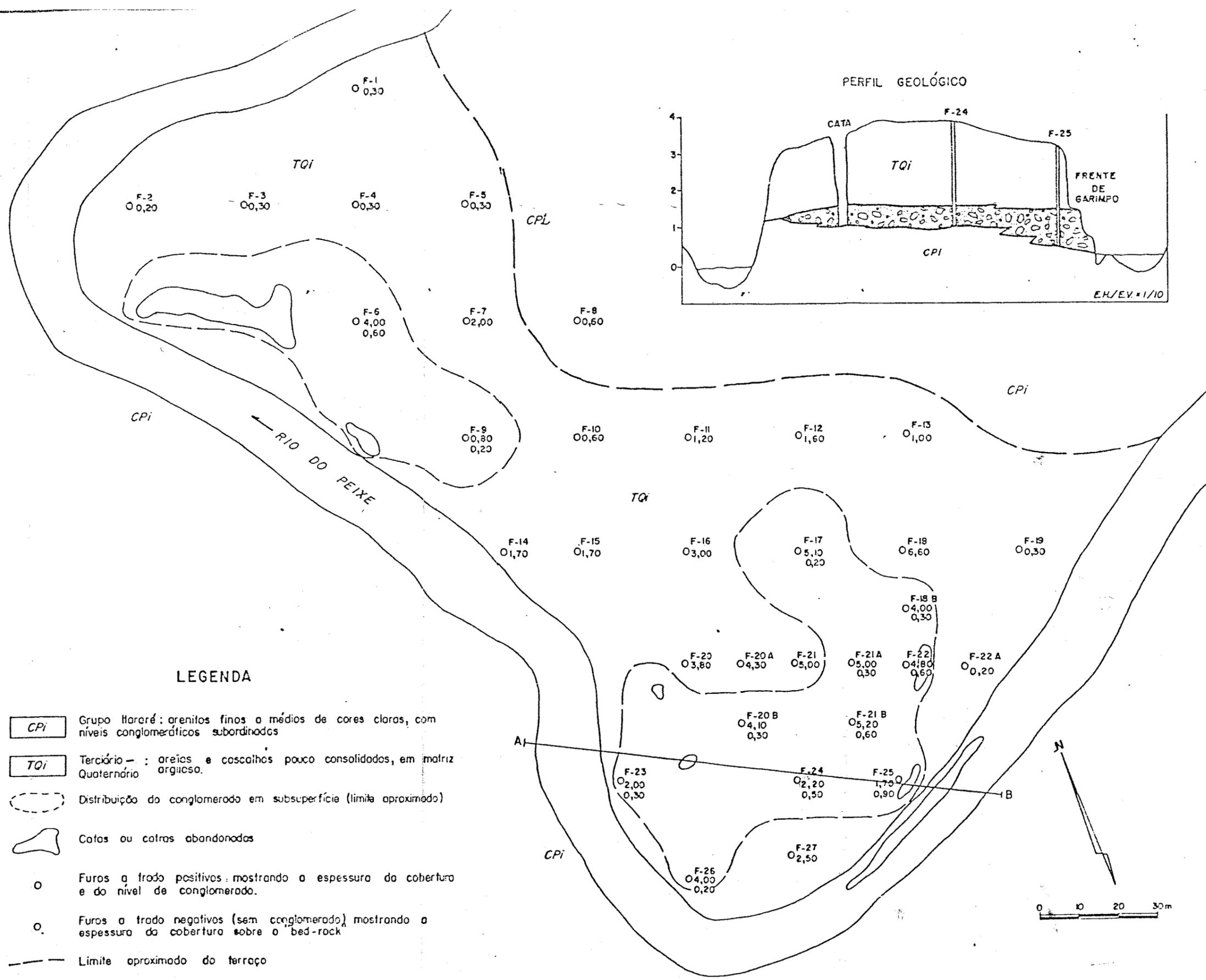


Figura 14 - MONCHÃO MIRANDA - Mapa esquemático da distribuição do conglomerado e das avaliações efetuadas

ra inferior a 5 metros. Um sumário da avaliação dessas áreas encontram-se na Tabela 2.

5.1.2 - Bacia do rio Tibaji

Embora tenham sido realizados trabalhos de avaliação de depósitos diamantíferos desde o norte de Telêmaco Borba até as cercanias de Tibaji, serão aqui apresentadas apenas os dados referentes aos garimpos da Ilha dos Cavalos, do rio Barra Grande e do Atamon, por serem as ocorrências de maior interesse econômico e com maior volume de dados.

- Garimpo da Ilha dos Cavalos

Situa-se na margem esquerda do rio Tibaji, numa faixa aluvio-coluvionar com 1.300 m de extensão e largura variável de 80 a 300 m (Figura 15). Foi uma das ocorrências mais intensamente garimpadas do rio Tibaji, em tempos recentes, até seu fechamento em 1978, por interferência do proprietário da fazenda. É também uma das mais setentrionais, no âmbito do curso daquele rio. A ocorrência foi descoberta em 1972 e, de acordo com informações do proprietário da área, mais de 150 garimpeiros chegaram a trabalhar no local. Não se conhece, contudo, o montante da produção de diamantes do garimpo.

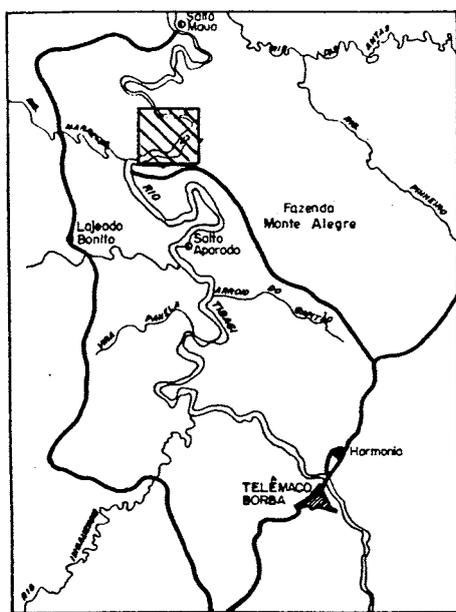
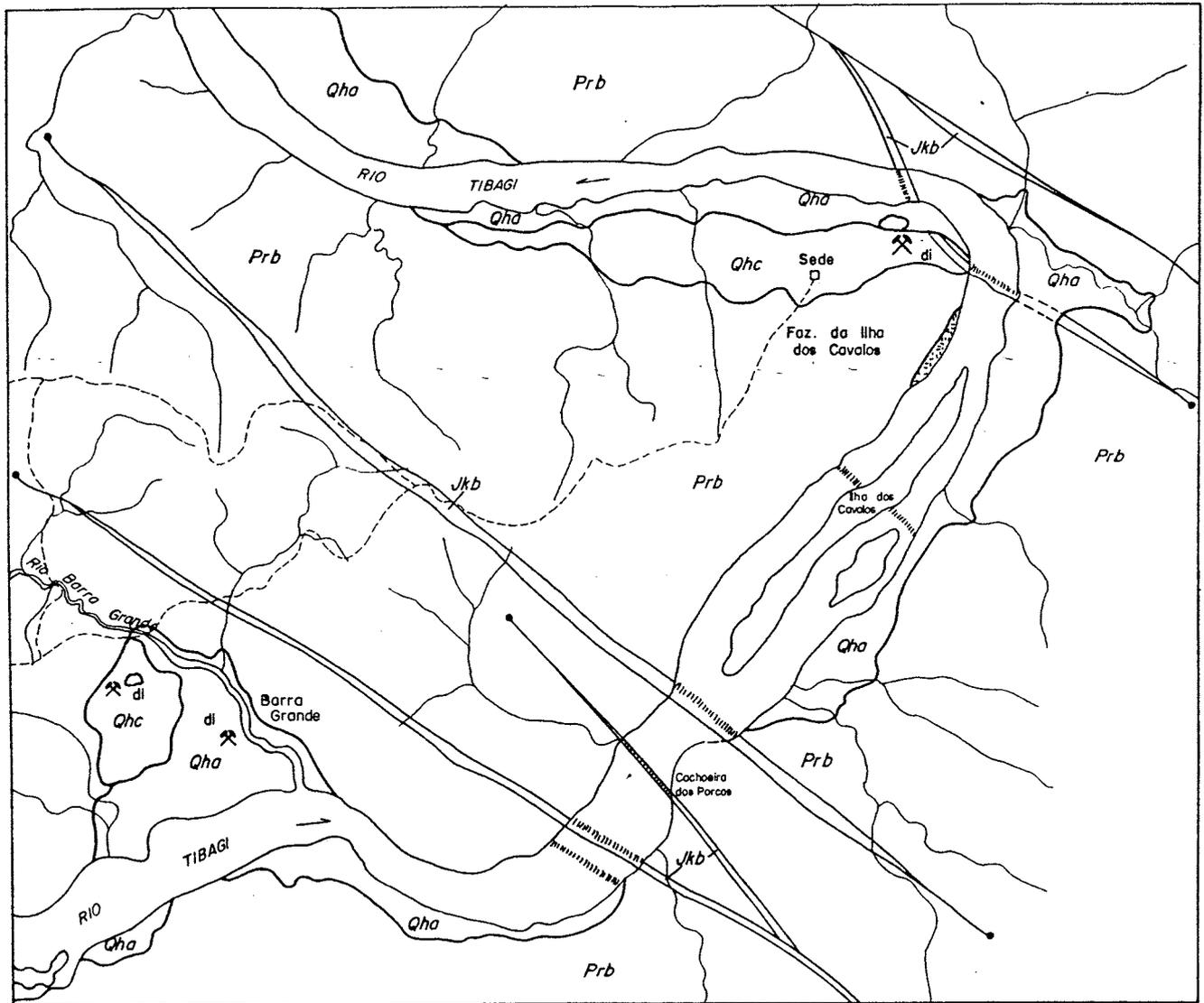
A pesquisa foi desenvolvida em aproximadamente 50% da faixa aluvionar, correspondente ao Alvará da CPRM. Inicialmente foi realizada sondagem a trado manual em malha de 100 x 40 m, passando-se depois a utilizar uma sonda Banka, devido à impossibilidade do trado atravessar a camada de cascalho. A partir de definição das áreas com presença de cascalho foi programada a abertura de poços e o desmonte de frentes e iniciada a lavagem de cascalho. Foram abertos 10 poços com secções quadradas de 2 x 2 m, passando em profundidade para secções 1,4 x 1,4 e 1,0 x 1,0 m. Os poços forneceram 14,8 m³ de cascalho enquanto que a ampliação e o desmonte de antiga frente de garimpo forneceu mais 70 m³ de cascalho para tratamento.

A lavagem e a classificação ^{do cascalho} foi feita através de um conjunto de peneiras montadas sobre um berço móvel e a concentração através de um *jigg* manual do tipo *plietz*, sendo aí recuperado o diamante. Já o ouro, é do tipo fino e foi recuperado

TABELA 2 — ESTIMATIVA DA RESERVA GEOLÓGICA DE CASCALHO DAS OCORRÊNCIAS DO RIO DO PEIXE

OCORRÊNCIA	NOME DO TERRAÇO OU MONCHÃO	EXTENSÃO REAL EM m ²	ESPESSURA MÉDIA (m)		VOLUME ESTIMADO (m ²)	
			COBERTURA	CONGLOMERADO	COBERTURA	CONGLOMERADO
01	SÍTIO DA NEGRINHA	4.130	-	0,50	-	2.060
02	NEGRINHA	9.380	0,80	1,00	7.504	9.380
03	FAZENDA JOSÉ DIAS	6.350	0,80	0,40	2.540	2.540
04	CACHOEIRA RICA	6.500	1,00	0,40	6.500	2.600
05	MATARAZZO	2.000	0,10	0,10	200	200
06	POCINHO	22.500	1,00	0,50	22.500	11.250
07	ENCANADO	5.500	0,80	0,50	4.400	2.750
08	LEME	1.000	1,00	0,50	1.000	500
09	SÍTIO ARAPUANÃ	3.000	0,10	0,30	300	900
10	MOTA	1.750	0,60	0,30	1.030	525
11	MÁRIO PINA	2.560	1,00	0,30	2.560	800
12	TOCO PRETO	2.900	0,50	0,30	1.450	870
13	SIMPLÍCIO	1.250	0,80	0,50	750	625
14	CASA DE PEDRAS	2.000	0,20	0,20	400	400
15	ROSÁLVIO	2.120	6,00	0,80	12.750	1.700
T O T A I S		72.940	-	-	63.900	37.100

(Retirado de Carmo 1983).



MAPA DE SITUAÇÃO

LEGENDA

QUATERNÁRIO

- Qha Aluviões em geral: areias, argilas e cascalhos inconsolidados
- Qhc Depósitos alúvio-coluvionares: cascalheiros superficiais e conglomerados em matriz argilosa

JURO-CRETÁCEO

- Jkb Diques básicos em geral (—)

PERMIANO

- Prb Formação Rio Bonito: arenitos finos, siltilos argilosos, margas, níveis de silixitos (—)

- di Garimpo e catas de diamante

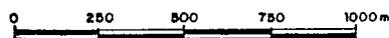


FIGURA 15 — Esboço geológico da região dos garimpos da Fazenda Ilha dos Cavalos e do rio Barra Grande, Ortigueira (PR).

em caixa concentradora (*sluice*), seguido de bateamento e amalgamação.

Ao todo foram lavados 84,8 m³ de cascalho, os quais forneceram 32 diamantes com um total de 3,9 ct (Tabela 3). Quanto ao ouro, houve uma recuperação total de 4,89 g, correspondendo a um teor de 0,057 g/m³. A sequência das atividades de desmonte, lavagem e classificação do cascalho encontra-se ilustrada através das fotos 18 a 21.

TABELA 3 — RESUMO DOS ENSAIOS REALIZADOS NO GARIMPO DA ILHA DOS CAVALOS - DADOS DA CPRM

AMOSTRA	VOLUME TRATADO (m ³)	DIAMANTES RECUPERADOS	PESO TOTAL (QUILATES)	PEDRAS/QUILATES	TEOR CT/m ³
Desmonte de Frente	70,0	30	3,74	8,0:1	0,053
Poços	14,8	02	0,16	12,5:1	0,010
TOTAL	84,8	32	3,90	8,2:1	0,046

Foi constatado no decorrer dos trabalhos, a existência de dois tipos básicos de conglomerado. Na área do antigo garimpo e nos poços mais distanciados da margem do rio observa-se um conglomerado do tipo matriz suporte, sendo esta de natureza argilosa ou argilo-arenosa. Predominam cores amareladas e blocos com dimensões de 20 cm ou maiores. Já nos poços mais próximos à atual margem do rio, predomina um cascalho do tipo seixo suporte sendo a matriz essencialmente arenosa ou areno-argilosa, apresentando cores acinzentadas. Os seixos são de menor tamanho, com diâmetro entre 2 e 4 cm, ou excepcionalmente 10 cm, não apresentando película de óxido de ferro que normalmente lhes confere uma cor castanho-amarelada. De acordo com a crença popular dos garimpeiros esse tipo de cascalho não contém diamante.

Na fração grosseira dos concentrados observou-se essencialmente a presença de limonita, turmalina preta e grãos de silixito, sendo menos frequente a presença de hematita, rutilo e praticamente ausente a granada. Nas frações mais finas foi observado basicamente ilmenita, magnetita, rutilo, monazita e zircão.

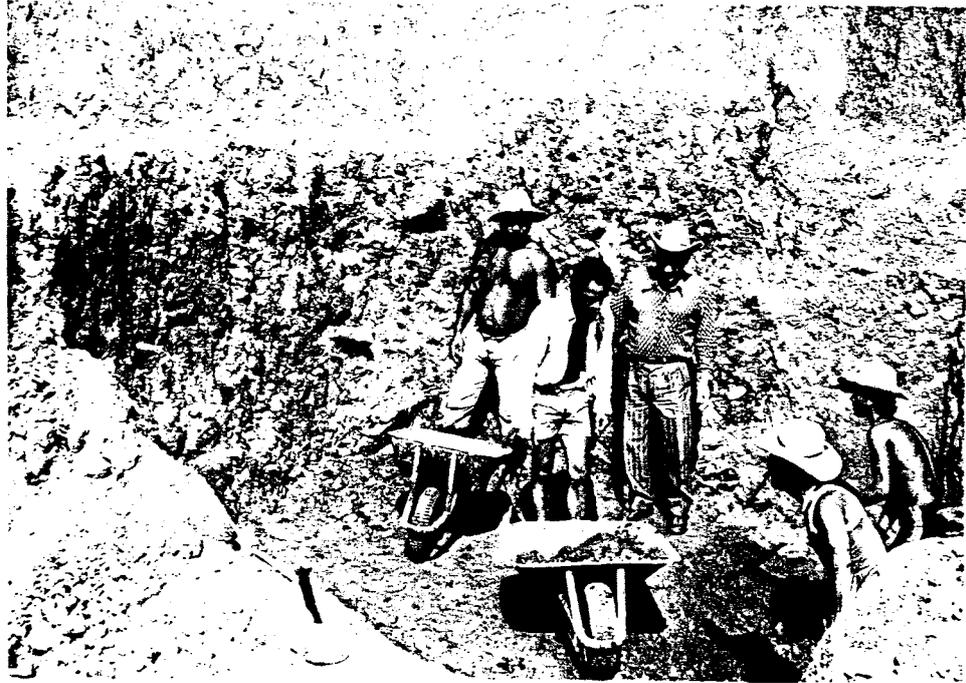


FOTO 18 - Desmonte de uma frente de cascalho para realização de testes de teores. O volume de cascalho necessário para realização dos referidos testes é da ordem de 100 m^3 .

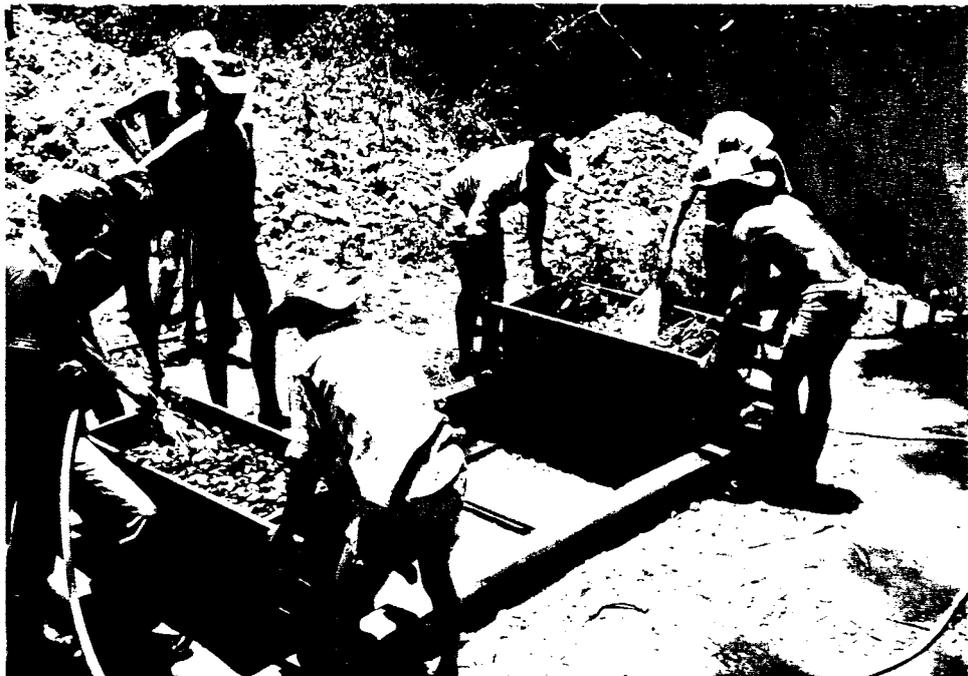


FOTO 19 - Conjunto de peneiras montadas sobre berço móvel (*shakers*). O material fino, com diâmetro inferior a $1,5 \text{ mm}$ fica retido no tanque de cimento, para posterior recuperação do ouro e dos pesados através de caixa concentradora (*sluice*).

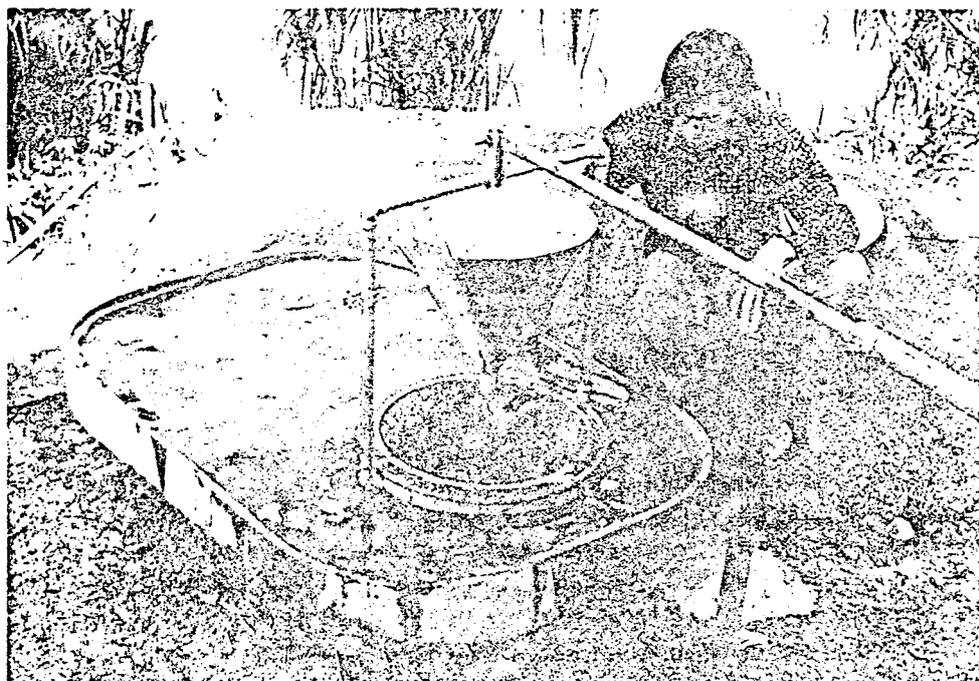


FOTO 20 - Alimentação e funcionamento de *jigg* manual tipo *plietz* utilizado na concentração do cascalho já classificado.

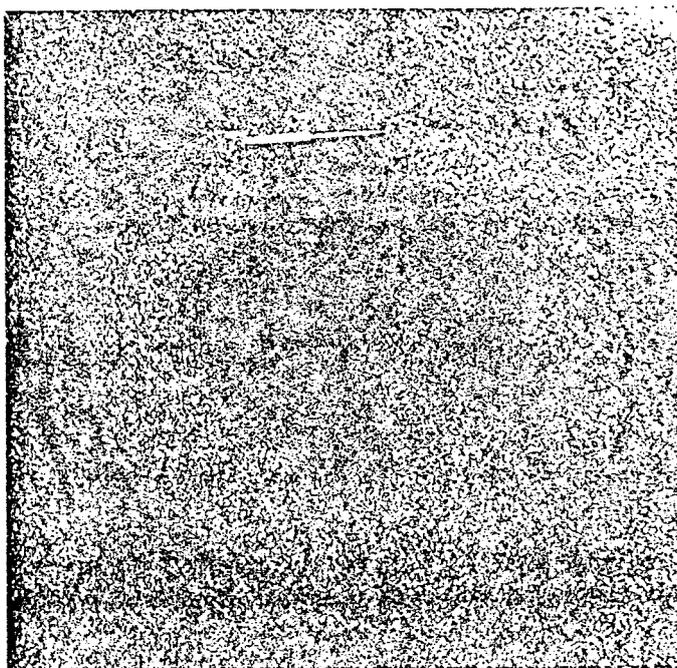


FOTO 21 - Produto da concentração de 100 l de cascalho classificado ($3,0 > \varnothing > 1,5$ mm). A quantidade e o tipo de pesados acumulados varia muito de região para região. O da ilustração é proveniente da ocorrência da Ilha dos Cavalos, Ortigueira (PR).

FOTO 20 - Aspecto da montagem de um *jigg* manual tipo *plietz* utilizado na concentração do cascalho já classificado.

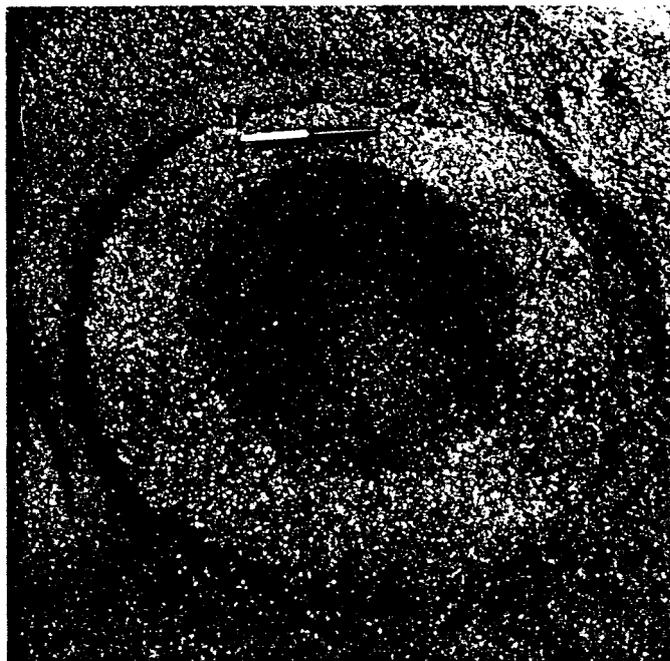


FOTO 21 - Produto da concentração de 100 l de cascalho classificado ($3,0 > \varnothing > 1,5$ mm). A quantidade e o tipo de pesados acumulados varia muito de região para região. O da ilustração é proveniente da ocorrência da Ilha dos Cavalos, Ortigueira (PR).

Os trabalhos de pesquisa estenderam-se até 600 m a jusante do garimpo tendo sido estimado para a área, um volume de cascalho da ordem de 52.000 m³. Ao nível dos teores obtidos o referido depósito deve apresentar uma reserva aproximada de 2.400 ct de diamante e 2,9 kg de ouro. (?)

Resultado similar foi também obtido pela MINEROPAR, que após a saída da CPRM pesquisou a mesma área. De acordo com dados posteriormente coletados junto àquela empresa, os trabalhos se concentraram no próprio garimpo e em áreas adjacentes, tendo sido abertos nove cachimbos de 2,5 x 4,0 m e uma cata de 4 x 4 m os quais permitiram a amostragem de 93 m³ de cascalho. Foram recuperados 45 diamantes num total de 7,9 quilates e 2,44 g de ouro. Assim, o teor em diamantes encontrado foi de 0,08 ct/m³ com uma relação pedra: quilate igual a 5:1. Já o teor em ouro foi de 0,052 g/m³ na área do garimpo e 0,023 g/m³ no seu entorno. Ao final dos trabalhos foi estimada uma reserva de 25.800 m³ de cascalho, com um conteúdo de diamante próximo a 2.100 quilates.

- Ocorrência do rio Barra Grande

Situa-se na confluência do rio Barra Grande com o rio Tibaji, aproximadamente dois quilômetros a montante da ocorrência anterior. Também aqui verifica-se a existência de dois tipos de depósitos, sendo um de origem colúvio-aluvionar, ocupando altos topográficos e denominado simplesmente de *terraço*, e outro correspondente a faixa aluvionar subatual, denominado *paleocanal* (Figura 15).

O terraço possui forma irregular, com dimensões médias de 150 x 200 m, encerrando uma área de aproximadamente 3,0 ha. Situa-se numa cota de 20 a 25 m acima do atual nível do Tibaji. Já o depósito do paleocanal apresenta forma grosseiramente triangular com um comprimento máximo de 750 m encerrando uma área aproximada de 8,5 ha. Situa-se em média 5 m acima do atual nível do Tibaji.

Terraço: foi pesquisado através da abertura de 170 poços e trincheiras de dimensões variadas, os quais forneceram um volume de cerca de 150 m³ de cascalho para tratamento. Foram recuperados 43 diamantes num total de 7,30 ct e 14,2 g de

ouro. A reserva medida do depósito foi de 20.527 m³ de cascalho, com teor de diamante de 0,046 ct/m³ e 0,09 g/m³ de ouro.

Paleocanal: foi avaliado através da abertura de cinco catas de secções quadradas e dimensões iniciais de 7 x 7 ou 10 x 10 m (vide Foto 13). Essas catas permitiram uma amostragem global de 296,8 m³ de cascalho, com recuperação de 98 diamantes num total de 17,34 ct. A razão pedra por quilate foi de 5,65 o que fornece um peso médio de 17,8 pontos por pedra. Foram também recuperadas 10,05 g de ouro fornecendo um teor de 0,034 g/m³. Esses resultados encontram-se reunidos na Tabela 4.

TABELA 4 — RESUMO DOS ENSAIOS REALIZADOS NA OCORRÊNCIA DO RIO BARRA GRANDE, ÁREA DO PALEOCANAL - DADOS DA MINEROPAR

CATA	CASCALHO RECUPERADO (m ³)	DIAMANTES RECUPERADOS (unidade)	PESO TOTAL (ct)	NÚMERO PEDRAS POR ct	TEOR ct/m ³
1	45,9	05	0,26	19,2	0,01
2	27,0	08	1,06	7,5	0,04
3	27,0	04	0,86	4,6	0,03
4	23,0	03	0,46	6,5	0,02
5	173,9	78	14,70	5,3	0,08
TOTAL	296,8	98	17,34	5,65	0,058

O paleocanal apresentou uma reserva indicada de 20.460 m³ e uma reserva inferida de 100.000 m³. Os diamantes encontrados são principalmente de qualidade industrial, numa proporção de 55% contra 45% do diamante gema. Considerando-se as reservas medidas nas duas áreas e os respectivos teores encontrados, pode-se esperar para o referido depósito uma quantidade mínima de 2.100 ct de diamantes.

- Garimpo do Atamon

É uma das mais antigas ocorrências da região, tendo permanecido em atividade até o ano de 1986. Situa-se no rio Tibaji nas proximidades da barra do Arroio Grande na região da Campina dos Pupos, cerca de 12 km a noroeste de Telêmaco Borba (Figura 11).

O depósito é uma cascalheira do leito atual do rio Tibaji acumulada num antigo *canyon* daquele rio. Foi descoberto na década de 1930 e trabalhado inicialmente com auxílio de escafandristas. A origem desses primeiros garimpeiros ficou registrada no nome da ocorrência, também conhecida como Poço dos Bahianos.

No início da década de 1980 a MINEROPAR associou-se a uma cooperativa de garimpeiros que trabalhava no local, buscando otimizar o aproveitamento da jazida e ganhar subsídio para o estudo e pesquisa de depósitos similares. Para tanto, o rio foi desviado através da construção de um muro, ao redor da ocorrência, permitindo assim o trabalho em seco. A Figura 16 e as fotos 22 a 24 ilustram um esquema geral do garimpo.

Após o esgotamento da água e desentulhamento dos blocos maiores a avaliação da reserva pôde ser efetuada por simples Medição do corpo de cascalho, exposto em suas três dimensões. Foi estimado, para o mesmo, uma reserva de 4.800 m³ de cascalho.

Até o final de 1986, quando então se retirou do local, a MINEROPAR conseguiu tratar 2.784 m³ de cascalho, tendo sido recuperados 1.709,43 quilates de diamantes e 425 g de ouro. Os diamantes, em número de 6.878 pedras, foram enquadrados principalmente na categoria gema, na proporção 60,2% para 39,8% do tipo indústria. Em termos de valor, apurado após a venda do lote, os diamantes gema representaram 89,3% e o diamante indústria apenas 10,7% do total.

5.2 - Prospecção de fontes primárias do diamante

Embora a prospecção de fontes primárias do diamante não tenha sido o escopo principal da presente dissertação, uma revisão do tema faz-se aqui necessária para que se compreenda os procedimentos analíticos e as observações efetuadas nos capítulos seguintes.

O estudo e o conhecimento das fontes primárias do diamante ampliou-se de forma extraordinária nas duas últimas décadas, de um lado devido ao fator econômico ligado aos diamantes e, de outro lado, pelo interesse que apresentam para o entendimento das condições e dos processos geológicos existentes no manto superior. Dentro desse contexto, os kimberlitos

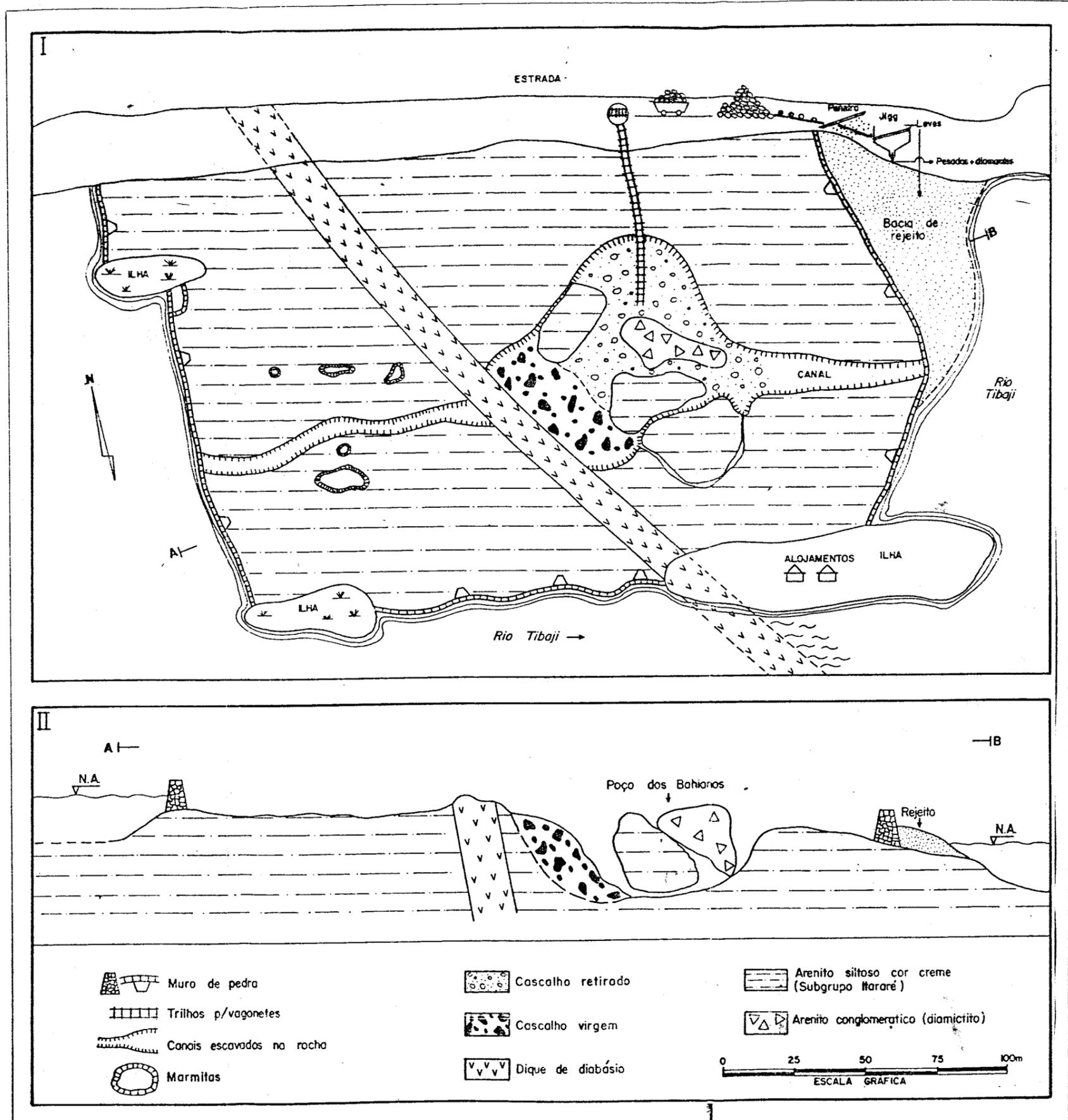


Figura 16 - Garimpo do Atamon (Poço dos Bahianos), Telêmaco Borba - Paraná. Modo de ocorrência e esquema de funcionamento do garimpo contendo: I - Planta e esboço geológico local; II - Perfil esquemático da ocorrência.

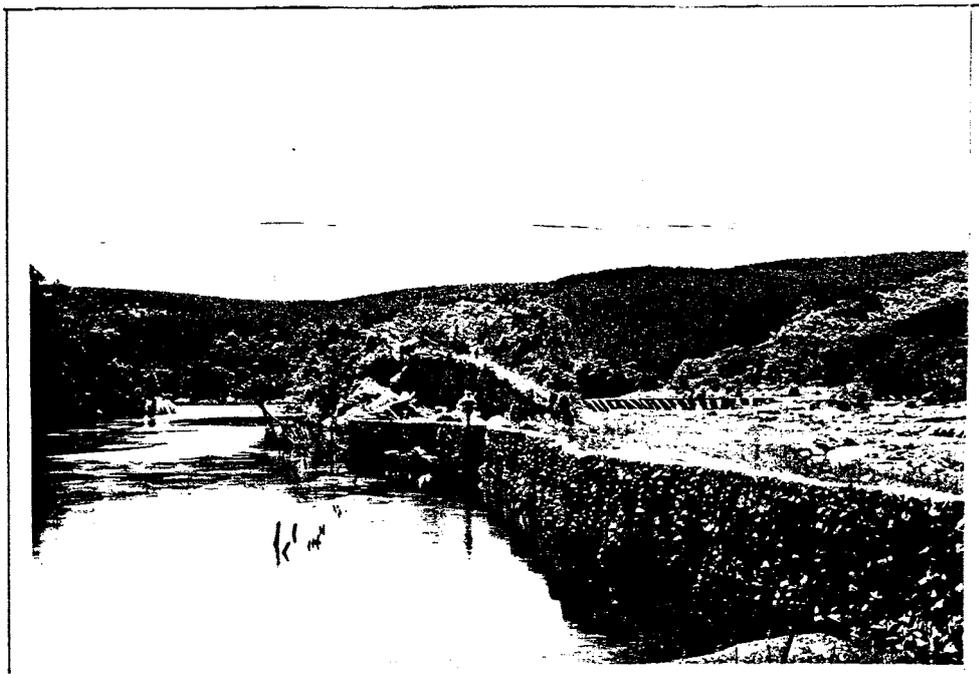


FOTO 22 - Vista do muro de pedras construído para o desvio das águas do Tibaji. Construções desse tipo são conhecidas na linguagem garimpeira como "viradas". Na construção da virada do Atamon foi aproveitada a existência de três ilhas, que deram maior resistência à obra.



FOTO 23 - Vista da bacia de rejeitos oriundos da lavagem do cascalho. Após a concentração do cascalho através de um *jigg* tipo Yuba, (em primeiro plano), o concentrado era enviado para tanques onde garimpeiros procediam a recuperação final do diamante através de peneiras.

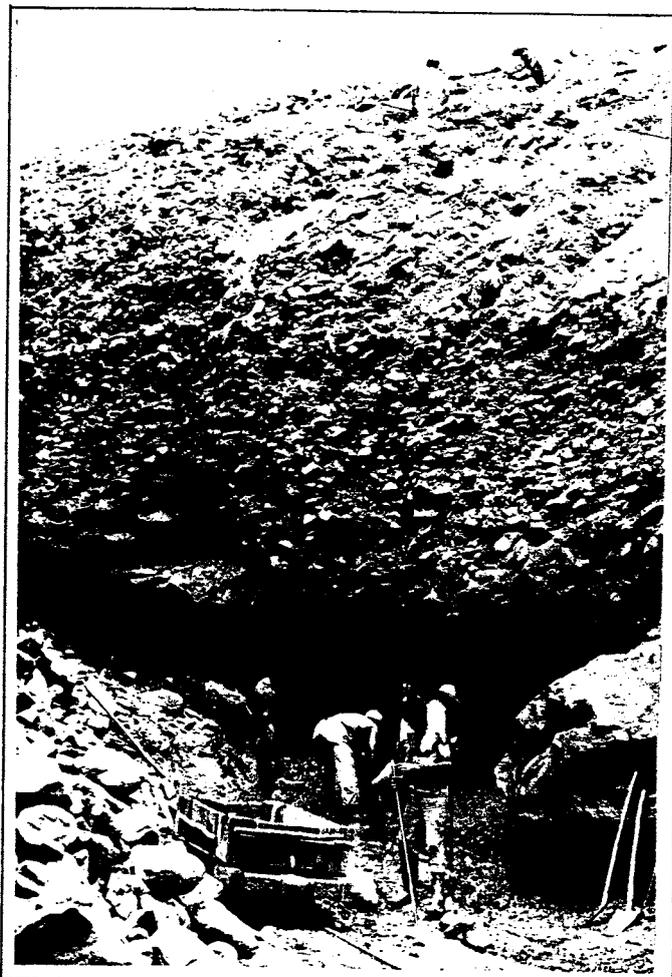


FOTO 24 - Vista parcial do corpo de cascalho do garimpo do Atamon, onde se observa um conglomerado do tipo seixo-suporte que atinge até 10 m de espessura, na parte mais profunda do poço.

e os lamproítos vem sendo bastante estudados, pois, ^{no} ~~a~~ nível do conhecimento atual são as únicas rochas conhecidas capazes de conter diamantes.

5.2.1 - Kimberlitos

Os kimberlitos são rochas ultrabásicas de mineralogia complexa, raras, e que ocupam um espaço volumetricamente insignificante quando comparado com as demais rochas ígneas que se apresentam na crosta. Ocorrem com maior frequência no interior ou nas bordas de áreas cratônicas, manifestando-se sobretudo na forma de diatremas, diques e *sills* (Mitchell 1986).

Petrograficamente, são rochas inequigranulares, constituídas por uma matriz fina rica em serpentina, carbonato, perovskita, flogopita, monticellita e espinélios, na qual estão imersos megacristais de olivina, flogopita, ilmenita magnésia e piropo. Apatita e sulfetos níquelíferos são também comuns, além de outros minerais acessórios, dependendo da ocorrência, e que Dawson (1980) relacionou em mais de sete dezenas. O diamante é um mineral acidental nos kimberlitos e, se presente, ocorre sempre em quantidades reduzidas, na ordem de fração de quilates por tonelada.

Até recentemente, os kimberlitos eram considerados como a única fonte primária de diamantes, sendo admitido por alguns autores, que esse mineral formava-se nos estágios iniciais da cristalização do magma kimberlítico (Dawson 1971, Gurney et al. 1984). Entretanto a descoberta de rochas não kimberlíticas mineralizadas a diamante (Jacques et al. 1984), e a incompatibilidade cronológica entre a idade das inclusões dos diamantes e a idade da matriz kimberlítica (Richardson et al. 1984), veio consolidar a ideia de que os diamantes são apenas xenocristais pré-existentes em alguma área do manto e eventualmente incorporados pelo magma kimberlítico em seu movimento ascendente (Meyer 1985).

Muitos kimberlitos contém ainda, blocos subangulares a arredondados de rocha cuja mineralogia indica derivação do manto superior. Trata-se também aqui de xenólitos do manto,

e os lamproítos vem sendo bastante estudados, pois, a nível do conhecimento atual são as únicas rochas conhecidas capazes de conter diamantes.

5.2.1 - Kimberlitos

Os kimberlitos são rochas ultrabásicas de mineralogia complexa, raras, e que ocupam um espaço volumetricamente insignificante quando comparado com as demais rochas ígneas que se apresentam na crosta. Ocorrem com maior frequência no interior ou nas bordas de áreas cratônicas, manifestando-se sobretudo na forma de diatremas, diques e *sills* (Mitchell 1986).

Petrograficamente, são rochas inequigranulares, constituídas por uma matriz fina rica em serpentina, carbonato, perovskita, flogopita, monticellita e espinélios, na qual estão imersos megacristais de olivina, flogopita, ilmenita magnésia e piropo. Apatita e sulfetos níquelíferos são também comuns, além de outros minerais acessórios, dependendo da ocorrência, e que Dawson (1980) relacionou em mais de sete dezenas. O diamante é um mineral acidental nos kimberlitos e, se presente, ocorre sempre em quantidades reduzidas, na ordem de fração de quilates por tonelada.

Até recentemente, os kimberlitos eram considerados como a única fonte primária de diamantes, sendo admitido por alguns autores, que esse mineral formava-se nos estágios iniciais da cristalização do magma kimberlítico (Dawson 1971, Gurney et al. 1984). Entretanto a descoberta de rochas não kimberlíticas mineralizadas a diamante (Jacques et al. 1984), e a incompatibilidade cronológica entre a idade das inclusões dos diamantes e a idade da matriz kimberlítica (Richardson et al. 1984), veio consolidar a ideia de que os diamantes são apenas xenocristais pré-existentes em alguma área do manto e eventualmente incorporados pelo magma kimberlítico em seu movimento ascendente (Meyer 1985).

Muitos kimberlitos contêm ainda, blocos subangulares a arredondados de rocha cuja mineralogia indica derivação do manto superior. Trata-se também aqui de xenólitos do manto,

capturados pelo kimberlito no seu movimento ascendente. Dawson (1980) classifica os xenólitos dos kimberlitos nas seguintes suites: peridotito-piroxenito; eclogito-grospiditos; peridotitos metassomatizados; glimeritos e rochas da suite MARID (mica-anfibólio-rutilo-ilmenita-diopsídio). A fragmentação desses xenólitos resulta na adição de xenocristais ao magma, contribuindo para aumentar a complexidade mineralógica desse grupo de rochas.

Apesar de serem conhecidas ocorrências de kimberlitos em praticamente todos os continentes, sua distribuição não é uniforme, estando fortemente concentrada no continente africano, notadamente em sua porção sul, na plataforma siberiana, no sul da Groelândia, no centro-leste da América do Norte, no sul da Austrália, na Índia e em vários pontos do Brasil. No que se refere à presença de diamantes nesses corpos, são notáveis quanto ao conteúdo daquele mineral, apenas os kimberlitos africanos e os da plataforma siberiana.

5.2.1.1 - Aspectos químicos e mineralógicos

Em virtude da sua natureza híbrida, os kimberlitos apresentam uma composição mineralógica bastante variada. Considerando-se as fases minerais primárias e secundárias, Dawson (1980) relaciona quase 70 espécies minerais já descritos em kimberlitos. Entretanto, apenas um pequeno número de fases, inferior a uma dezena, tem sido sistematicamente utilizadas na caracterização e prospecção dos kimberlitos (Tabela 5). O estudo dessas fases está fortemente apoiado na química dos elementos subordinados. Para finalidades exploratórias possuem interesse especial a granada e a ilmenita e, subordinadamente o diopsídio e os espinélios.

Ilmenita magnesiana: a ilmenita magnesiana é um dos mais característicos minerais de kimberlitos e, em razão de sua abundância e resistência é também considerado um de seus traçadores mais confiáveis. Ocorre em grande número de paragêneses, sendo entretanto mais caracteristicamente reconhecida na forma de macro e megacristais. Alguns, podem atingir até 10 cm de diâmetro, sendo constituídos por um único indivíduo ou então

TABELA 5 — CONSTITUINTES MINERAIS PRINCIPAIS
DE KIMBERLITOS

MEGACRISTAIS	MATRIZ
Olivina	Olivina
Ilmenita	Flogopita
Flogopita	Ilmenita
Ortopiroxênio	Espinélios
Calcita	Serpentina
Granada	Calcita
	Monticellita
	Apatita
	Perovskita
	Sulfetos

por agregados policristalinos com grãos individuais de dimensões milimétricas. A ilmenita da matriz kimberlítica também se apresenta com dimensões milimétricas a submilimétricas.

A ilmenita magnesiana comparece em proporções variáveis nas diferentes intrusões, podendo estar ausente em algumas. Nos kimberlitos Premier, Monastery e Franck Smith (África do Sul), a ilmenita representa 2,6, 0,9 e 0,5% em volume, respectivamente (Frick 1973). No kimberlito Mir (URSS) constitui de 0,62 a 1,21% em peso (Bobrievich et al. 1964). Por outro lado, nos metakimberlitos de Seguela (Costa do Marfim) e de Mitzic (Gabão), bem como nos diques kimberlíticos de De Bruyn e Martin Mine (África do Sul), a ilmenita magnesiana não é encontrada (Bardet 1973, Boctor & Boyd 1982). A Tabela 6 apresenta um conjunto de análises químicas representativas de ilmenitas de diversos locais.

De um modo geral os teores médios de MgO oscilam entre 6,0 e 16,0% com forte incidência de valores na faixa de 10%. Outro aspecto digno de nota é a presença de crômio nessas ilmenitas, cujos teores variam entre 0,5 a 4,5% em peso (Mitchell 1986).

Para ilmenitas kimberlíticas da Mina de diamantes de Romaria-MG, Svisero & Meyer (1981) encontraram teores de MgO variando em estreito intervalo ao redor de 10%. Na Tabela 7 são destacadas as variações de MgO de ilmenitas kimberlíticas de diferentes locais incluindo dados do Brasil.

Outras características marcantes nessas ilmenitas são a cor, variando de cinza aço a negro do antracito, o brilho metálico a subadamantino e cristais de formas arredondadas com superfície rugosa e/ou corroída. No kimberlito ou próximos à intrusão apresentam, comumente, borda de alteração para leucoxênio, de cor amarela acastanhada, que desaparece durante o transporte.

Granada: a granada, embora não sendo de ocorrência tão frequente quanto a ilmenita, é também um mineral característico de kimberlito e forma juntamente com aquela, o par de minerais mais utilizados na prospecção de kimberlitos. Na prática uma grande variedade de tipos de granadas pode estar pre

TABELA 6 — ANÁLISES REPRESENTATIVAS DE ILMENITAS DE KIMBERLITOS DE LOCALIDADES DIVERSAS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,05	0,19	0,00	0,00	-	-	-
TiO ₂	50,65	41,66	49,02	48,82	49,83	50,67	49,61	51,50	53,13	50,88	54,2	55,8
Al ₂ O ₃	0,37	0,05	0,40	0,04	0,11	0,82	0,69	0,29	0,36	0,23	0,57	0,29
Cr ₂ O ₃	1,01	3,48	1,48	-	0,73	0,70	2,17	1,46	3,32	0,19	0,33	1,69
Fe ₂ O ₃	10,27	21,84	16,80	11,88	11,26	-	-	-	-	-	6,71	5,72
FeO	28,48	26,57	17,61	27,05	30,81	35,75	34,91	35,82	30,96	40,49	25,7	19,8
MnO	0,26	0,18	0,50	1,87	0,31	0,24	0,18	0,33	0,16	0,30	0,24	0,54
MgO	9,42	6,00	14,61	8,39	7,71	11,68	10,49	10,34	12,07	7,84	13,0	16,8
CaO	0,01	0,01	-	-	0,02	0,05	0,02	0,07	0,00	0,08	-	-
TOTAL	100,47	99,79	100,49	98,05	100,85	99,96	98,26	99,72	100,00	100,01	100,75	100,64

1,2 : Kimberlito Poço Verde, Coromandel, Minas Gerais (Svisero et al. 1987)

3,4 : Kimberlito Sisimiut, West Greenland (Thy et al. 1987)

5 : Kimberlito Monastery, África do Sul (Whitelock 1973)

6,7 : Kimberlito Thaba Putsoa, Lesotho (Nixon & Boyd 1973)

8,9 : Mina de diamantes de Romaria, Minas Gerais (Svisero & Meyer 1981)

10 : Kimberlito Mir, Sibéria, URSS (Sobolev 1977)

11,12 : Kimberlito Elliott Co., Kentucky, USA (Agee et al. 1982)

TABELA 7 — VARIACÃO DO CONTEÚDO DE MAGNÉSIO EM ILMENITAS KIMBERLÍTICAS

KIMBERLITO/LOCALIDADE	% MgO (EXTREMOS)	% MgO (MÉDIO)
Yakutia (14 intrusões)	4,86 - 14,13	9,04
Mir-Yakutia - URSS	4,86 - 7,92	6,42
Ulukit-Yakutia - URSS	13,83 - 14,13	13,98
Monastery-África do Sul	7,63 - 11,1	9,47
Bultfontein-África do Sul	8,72 - 12,44	10,42
Wesselton-África do Sul	6,43 - 19,26	13,64
Pofadder - África do Sul	7,67 - 13,16	10,80
Premier - África do Sul	9,4 - 23,1	16,3
Artur de Paiva - Angola	3,90 - 9,61	6,94
Ison Creek - USA	13,97 - 15,05	14,31
Vargem, Coromandel (MG)	7,36 - 11,4	11,17
Poço Verde, Coromandel (MG)	6,0 - 9,4	7,7

Dados retirados de Dawson (1980) e Svisero et al. (1986 e 1987)

sente num concentrado de sedimento e mesmo num kimberlito. Contudo, somente as granadas ricas na molécula piropo constituem indicadores seguros da presença daquela rocha. Em adição, possuem teores variáveis de crômio com valores distribuídos entre 0,5 e 18% de Cr_2O_3 em peso (Mitchell 1986). A Tabela 8 apresenta as principais variações químicas observadas em granadas representativas de kimberlitos de vários locais.

Os piropos apresentam-se normalmente como fragmentos irregulares ou grãos arredondados com superfície fosca raramente exibindo faces cristalográficas. Quando encontrados na matriz kimberlítica apresentam dimensões milimétricas. Granadas constituintes de nódulos de eclogitos ou de lherzolitos ou ainda xenocristais podem exibir dimensões de até 10,0 cm (Dawson 1980).

5.2.1.2 - Aspectos tectônicos e geológicos

Uma das características mais marcantes da geologia dos kimberlitos é a sua nítida preferência a se manifestarem no interior de áreas cratônicas. Apesar da observação ser de âmbito mundial, não se conhecendo, por exemplo, a presença de kimberlitos em faixas dobradas fanerozóicas ou em terrenos vulcânicos recentes, os fatores que controlam a localização desses corpos no interior dos crátons não são ainda perfeitamente conhecidos. As hipóteses que têm sido apresentadas para explicar a distribuição dos kimberlitos nas diversas províncias ressaltam, como aspecto em comum, o fato dessas manifestações ocorrerem segundo *trends* lineares relacionados a zonas de fraturamento profundo da crosta.

Os primeiros pesquisadores que se dedicaram a estudar o controle tectônico dos kimberlitos (Bardet 1956, 1964; Kirilov 1961; Arsenyev 1962), propuseram o estabelecimento ou a existência de zonas de fraqueza crustal desde a época da consolidação dos crátons. Essas zonas de fraqueza poderiam corresponder, por exemplo, às linhas de sutura das antigas áreas acrescidas aos crátons e que em diferentes oportunidades, por reativação, serviram de controle estrutural e de canais para a ascensão de material proveniente do manto. Numa outra hipóte

TABELA 8 -- ANÁLISES REPRESENTATIVAS DE GRANADAS DE KIMBERLITOS DE LOCALIDADES DIVERSAS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	42,94	41,7	41,86	42,00	41,07	41,47	41,93	41,80	41,75	41,4	42,5	41,3
TiO ₂	0,23	0,20	0,09	0,02	0,00	1,00	0,16	0,04	0,06	0,01	0,28	0,26
Al ₂ O ₃	18,42	15,5	20,50	20,21	18,70	21,81	22,50	21,86	22,23	17,6	22,4	21,3
Cr ₂ O ₃	5,80	10,2	5,00	4,74	6,42	0,74	1,69	2,25	1,89	8,76	1,35	3,18
FeO	8,16	8,11	5,42	6,32	7,06	9,75	9,26	8,56	8,74	7,26	8,50	7,55
MnO	0,49	-	0,32	0,41	0,42	0,31	0,51	0,40	0,42	0,43	0,49	0,47
MgO	19,47	18,3	22,10	20,23	19,44	19,56	19,79	19,84	20,14	23,5	21,1	20,57
CaO	5,55	6,86	5,15	5,63	6,02	4,98	4,42	5,48	5,04	0,69	4,40	5,26
Na ₂ O	0,23	0,07	0,04	0,02	0,02	-	-	-	0,11	-	-	-
TOTAL	100,58	100,9	100,48	99,58	99,15	99,73	99,85	100,22	100,52	99,65	101,02	99,89

1 e 2 : Kimberlitos Vargem e Vargem 2, Coramandel, Minas Gerais (Svisero et al. 1986)

3 : Kimberlito Monastery, África do Sul (Witelock 1973)

4,5 : Kimberlito Thaba Putsoa, Lesotho (Nixon & Boyd 1973)

6,7 : Kimberlito Tunraq, Canadá (Mitchell 1986)

8,9 : Mina de diamantes de Romaria, Minas Gerais (Svisero 1979b)

10 : Kimberlito Mir, Sibéria, URSS (Sobolev 1977)

11,12 : Kimberlito Stockdale, Kansas, USA (Rost et al. 1975)

se, os movimentos diferenciados que ocorrem no interior dos crátons devidos aos fenômenos epirogenéticos de soerguimento e afundamento, com a formação de antéclises e sinéclises, são responsabilizados pelo estabelecimento de zonas de tensão (flexuras), ao longo das quais pode se desenvolver fraturamento crustal profundo com ascensão de material do manto.

Esses modelos foram aplicados de forma satisfatória nas províncias kimberlíticas africanas e de Yakutia (URSS) e, com pequenas modificações foram reiteradas em publicações mais recentes como Mitchell (1986) e Haggerty (1982).

Outros modelos apresentados para explicar a distribuição do magmatismo kimberlítico procuram associar sua manifestação com fenômenos de subducção de placas litosféricas (Sharp 1974), plumas térmicas do manto ou *hot spots* (Crough et al. 1980), e o prolongamento das falhas transformantes para o interior dos continentes (Marsh 1973, Stracke et al. 1979, Haggerty 1982, Parrish & Levin 1982 e Taylor 1984). São contudo modelos discutíveis por considerarem apenas as situações convenientes e para a compatibilização do modelo proposto, não se aplicando a todo o universo de intrusões conhecidas. Por outro lado muitas situações explicadas por esses modelos podem ser remetidas aos modelos originais de falhamento epirogênico de Bardet e Arsenyev (Mitchell 1986).

Com relação à idade, embora as manifestações kimberlíticas estejam fortemente concentradas no período Cretácico, elas podem ser reconhecidas em quase todos os grandes intervalos do tempo geológico. Na África do Sul, as idades encontradas variam desde o pré-Cambricano, como no kimberlito Premier (1200 Ma) até o néo-cretáceo como nos campos de Gibeon (70 Ma). O período de máxima atividade (Cretácico médio-Superior), coincide com o de maior soerguimento regional (Dawson 1980).

Já para os kimberlitos da província de Yakutia, na Plataforma Siberiana, os geólogos russos identificaram cinco períodos de magmatismo kimberlítico, concentrados notadamente no Paleozóico e Mesozóico, cada qual podendo apresentar vários episódios de magmatismo (Davis et al. 1980; Sobolev 1985).

5.2.2 - Lamproítos

Até o final da década de 1970, os lamproítos eram considerados rochas desprovidas de interesse econômico, lembrados apenas por sua composição química excêntrica e assembléias mineralógicas pouco comuns. Entretanto, a descoberta de lamproítos mineralizados a dimante nas regiões de Ellendale e Argyle, no noroeste da Austrália, e a posterior reclassificação do kimberlito de Prairie Creek (Arkansas, EUA) como um lamproíto, colocaram essas rochas em destaque no que se refere ao entendimento de sua gênese e de suas possibilidades econômicas (Bergman 1987).

De acordo com a definição original de Niggli (1923), o termo "lamproíto" era aplicado às rochas ígneas alcalinas, de natureza máfica a ultramáfica e ricas em potássio, sendo considerados representantes típicos, as ocorrências de Leucite Hills (Wyoming, EUA) e de Murcia, no sudeste da Espanha. Posteriormente, Troger (1935), redefiniu o termo para abrigar equivalentes extrusivos de lamprófiros e desde então, as publicações que surgiram a respeito dessas rochas, deram ensejo ao aparecimento de uma terminologia bastante ampla, onde são reconhecidos 14 tipos petrográficos distintos (Bergman 1987).

Uma das principais características dos lamproítos é o seu elevado conteúdo de potássio, com relação ao sódio e ao alumínio, o que se traduz no caráter ultrapotássico ($K_2O/Na_2O > 4$) e perpotássico ($K_2O > Al_2O_3$), muitas vezes assumidos simultaneamente. Essa característica é também apresentada por alguns lamprófiros e kimberlitos micáceos, sugerindo uma superposição entre esses tipos de rochas. Tendo em vista esses fatos, Bergman (1987) ressalta que os lamproítos só podem ser corretamente caracterizados levando-se em conta seus aspectos mineralógicos, geoquímicos e tectônicos, simultaneamente.

5.2.2.1 - Aspectos mineralógicos e geológicos

Os minerais dominantes, mas não essenciais, que constituem a massa fundamental do lamproíto ou ocorrem como macrocristais são a flogopita titanífera, clinopiroxênios (diopsídio

ou augita diopsídica), anfibólios pobres em alumínio e ricos em potássio (K-richterita; K-riebeckita), macrocristais de olivina, leucita e/ou sanidina. Como minerais acessórios ou com comparecimento inferior a 5 ou a 10%, tem-se o espinélio, priderita, wadeita, titanita, perovskita, armalcolita e outros minerais de titânio (Tabela 9).

Os minerais de alteração ou fases secundárias incluem analcima, clorita, quartzo, carbonatós, polimorfos do TiO_2 , zeólitas, serpentina, barita, albita e minerais de argila. Os lamproítos não devem conter plagioclásio primário e quando isso ocorrer, a rocha deve ser reportada ao clan dos basaltos. Já a presença de xenólitos mantélicos ou xenocristais, embora verificada em muitos corpos, não é condição necessária para a caracterização dessas rochas.

Do ponto de vista geoquímico, os lamproítos são caracterizados pelas razões molares $K_2O + Al_2O_3 > 0,8$ e $K_2O/Na_2O > 4,0$; e número Niggli de Mg 70. Além de satisfazer essas condições, a composição química global da rocha deve situar-se nos seguintes intervalos: SiO_2 (45-55%); Al_2O_3 (4-10%); TiO_2 (1-5%); CaO (2-10%); K_2O (5-10%); Na_2O (0,2-1,5%); P_2O_5 (5-2,0%) e BaO (1,0-3,0%), superpondo-se parcialmente à composição de muitos kimberlitos e lamprófiros. Quanto aos elementos-traço, os lamproítos apresentam em média teores elevados de elementos incompatíveis (Rb, Sr, Ba, U, Zr) e terras raras, enquanto que os kimberlitos apresentam teores mais elevados nos elementos compatíveis (Ni, Cr, Co, Sc).

De acordo com Bergman (1987), o caráter diamantífero dos lamproítos parece estar fortemente relacionado com a sua composição química, a qual também se aproxima da dos kimberlitos diamantíferos. Esse fato, entretanto, conflita com as idéias de outros autores, para os quais o diamante é apenas um xenocristal apanhado pelo kimberlito durante sua ascensão pela litosfera e, dessa forma, sua presença independe da composição química global do magma (Meyer 1985).

Em vista da importância econômica dos lamproítos ter sido reconhecida e divulgada apenas nos últimos anos, a prospecção dessas rochas é um assunto ainda pouco comentado na li

TABELA 9 — PRINCIPAIS MINERAIS CONSTITUINTES DE LAMPROÍTOS

MEGACRISTAL	MATRIZ
Olivina Flogopita Leucita	Olivina Flogopita Clinopiroxênio Ortopiroxênio Ti-K-Richterita Sanidina Espinélio Wadeita Armalcolita Perovskita Vidro

teratura geológica do diamante. Segundo Jacques et al. (1986), tiveram papel importante na prospecção dos lamproítos australianos, o zircão, a granada do tipo andradita e os espinélios. Esses dados, entretanto, não possuem a mesma dimensão em termos de informações como foi discutido para os minerais constituintes de kimberlitos.

Em razão do interesse pelo estudo dos lamproítos ter sido retomado apenas recentemente, os aspectos tectônicos e genéticos relacionados a esse grupo de rochas não são completamente conhecidos. Entretanto, da mesma forma como observado para os kimberlitos, muitos lamproítos parecem estar relacionados a grandes estruturas anticlinais e sinclinais, bem como a zonas de extensos falhamentos superficiais. Sugere-se assim que sua manifestação deve ser controlada por processos tectônicos ocorrentes no interior das placas continentais, diferindo dos kimberlitos apenas por se encontrarem preferencialmente nas bordas das áreas cratônicas do que no interior destas (Bergman 1987).

Em outras situações, especialmente nas suites de idade mais nova, como nas ocorrências da província de Murcia e Almería (Espanha), os lamproítos estão nitidamente associados a cinturões dobrados ou zonas que sofreram orogênese colisional. Nessas áreas, entretanto, a manifestação magmática aconteceu dezenas ou centenas de milhões de anos após o término da orogenia, diferenciando-os tectonicamente das rochas de natureza shoshonítica, as quais estão mais diretamente relacionadas a fenômenos de subducção em margens oceânicas.

No que se refere ao modo e/ou estrutura com a qual os lamproítos se apresentam, são comuns as manifestações em forma de diques, soleiras, *plugs* ou diatremas e menos frequentemente, como derrame de lavas, tufos e piroclastos. No caso das diatremas, as proporções entre sua expressão em superfície (cratera) e seu enraizamento, são diferentes daqueles observados em kimberlitos, destacando-se para os lamproítos, o caráter de explosão a menor profundidade.

6 - MINERAIS PESADOS

Por definição, minerais pesados são os que possuem densidade maior que o dos minerais mais comuns em rochas sedimentares, tais como o feldspato e o quartzo ($d \sim 2,6$). Em sua maioria, representam os minerais acessórios das rochas ígneas e metamórficas e suas proporções, nos sedimentos, dependem do meio de transporte, dos processos de dispersão e concentração e da maior ou menor resistência física e química do mineral a esses agentes e ao intemperismo.

Na prática utiliza-se o valor da densidade do bromoformio (2,85 - 2,89) como limite entre as frações leve e pesada dos sedimentos sendo, inclusive, aquele composto, o líquido denso mais comumente utilizado para separação dos minerais pesados.

Diversos são os fatores que condicionam a presença de determinado mineral, num sedimento: disponibilidade do mineral na área-fonte; granulometria original do mineral; intemperismo na área-fonte; relação entre velocidade de erosão e intemperismo; resistência mecânica e química do mineral; forma e densidade do mineral; tempo e meio de transporte e condições físico-químicas do meio deposicional.

Muitos desses fatores atuam no sentido da eliminação de certas espécies minerais o que levou, desde cedo ao estabelecimento de séries de estabilidade mineral. No que concerne à estabilidade química, exemplos dessas séries encontram-se representadas na Tabela 10.

É interessante ressaltar que mesmo considerando os diferentes tipos de agentes destrutivos, as séries de estabilidade são praticamente coincidentes, com destaque para o zircão, turmalina e o rutilo como fases mais estáveis sendo a olivina, a augita e outros minerais ferro-magnesianos, exemplos de fases menos estáveis. Já no que se refere à correlação entre assembléias de minerais pesados e as possíveis rochas matrizes dispersoras, Suguio (1980) organizou uma listagem dos mesmos a qual encontra-se reproduzida na Tabela 11.

TABELA 10 — SÉRIES DE ESTABILIDADE DE MINERAIS PESADOS

Agente Destrutivo	Soluções Intraestratais		Intemperismo	Perfis de Solos
	Pettijohn (1941)	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	Cianita
	Hornblenda	Hornblenda	Hornblenda	Hornblenda
				Estaurolita
		Granada	Granada	
Augita	Minerais	Augita	Augita	
Olivina	Ferro Magnesianos	Apatita Olivina	Olivina	

Retirado de Pettijohn, 1957.

TABELA 11 — PRINCIPAIS GRUPOS DE ROCHAS MATRIZES E POSSÍVEIS ASSEMBLÉIAS DE MINERAIS PESADOS, ASSOCIADOS

ROCHAS MATRIZES	MINERAIS PESADOS
Sedimentos retrabalhados	Grãos bem arredondados de rutilo, turmalina e zircão. Partículas de barita, glauconita e leucoxênio.
Rochas metamórficas de baixo grau	Biotita, clorita, granada (espessartita), turmalina (especialmente em cristais euédricos com inclusões de grafita) e leucoxênio.
Rochas metamórficas de alto grau	Actinolita, andalusita, apatita, almandina (granada), biotita, diopsídio, epidoto, clinozoisita, glaucofânio, hornblenda (incluindo variedades verdes-azuladas), ilmenita, cianita, magnetita, sillimanita, zircão, estauroлита, turmalina e tremolita.
Rochas ígneas siálicas	Apatita, biotita, hornblenda, ilmenita, monazita, rutilo, zircão, turmalina (rôsea, euédrica) e titanita.
Rochas ígneas máficas	Anatásio, augita, diopsídio, epidoto, hornblenda, hiperstênio, ilmenita, magnetita, olivina, piropo, serpentina e rutilo.
Rochas ígneas ultramáficas/ultrabásicas	Olivina, diopsídio, enstatita, onfácita, Cr-piropo, Mg-ilmenita, zircão, perovskita, cromita, K-Ti-richterita, priderita.
Pegmatitos	Apatita, biotita, cassiterita, granada, rutilo, topázio e turmalina.
Cinzas vulcânicas	Cristais euédricos de apatita, augita, biotita, hornblenda e zircão.
Autigênicos	Hematita, leucoxênio, limonita, turmalina, zircão, cristais euédricos de anatásio, brookita, pirita, rutilo e titanita.

Modificado de Suguio 1980.

O estudo dos minerais pesados representa um aspecto importante da presente pesquisa, em razão das informações que pode fornecer a respeito das fontes dispersoras de minerais existentes na região. Para a maioria das fases minerais presentes nos concentrados, sua identificação foi feita através das características morfoscópicas dos grãos e determinações ópticas gerais. Em alguns casos, principalmente em se tratando de opacos ou de fases minerais exíguas, foram efetuadas de terminação através de raios X (difratômetro e câmara de Gandolfi). Já para as fases minerais com interesse na prospecção de kimberlitos e lamproítos as análises foram complementadas por determinação química através de microsonda eletrônica.

6.1 - Minerais pesados da região de Tibaji e áreas adjacentes

No decorrer deste trabalho foram analisadas 51 amostras de concentrados de bateia ou frações pesadas de sedimentos diversos, além de amostras individuais de alguns minerais. Apesar dessas amostras serem provenientes de uma área bastante ampla, com alguns pontos distando até 150 km entre si, as assembléias minerais verificadas mostraram grande similaridade. Na Tabela 12 são apresentadas as principais fases minerais presentes nos concentrados, algumas com indicação da ordem de frequência a nível semi-quantitativo.

Uma descrição global das principais fases minerais encontradas é apresentada a seguir, devendo-se ressaltar que, salvo indicação em contrário, as observações efetuadas referem-se às frações com granulometria entre $0,250 > \phi > 0,125$ mm.

6.1.1 - Magnetita: é o constituinte mais facilmente reconhecível na suite dos minerais pesados, graças a sua forte susceptividade magnética a qual permite separá-la através de um imã comum. Foi identificada em quase todas as amostras analisadas, apresentando-se geralmente como fragmentos de octaedros de cores cinza escuro ou cinza avermelhado e, menos frequentemente, na forma de esferulitos de cor castanha. Nas frações mais finas do que 0,125 mm é comum a presença de cristais não fragmentados com formas octaédricas completas.

Dentre as 51 amostras de concentrados analisadas a magnetita só não foi encontrada, ou compareceu em quantidades muito pequenas naquelas provenientes de diamictitos e arenitos conglomeráticos do Subgrupo Itararé. Nos níveis conglomeráticos do arenito Furnas bem como nos concentrados dos rios que cortam exclusivamente aquela formação, ela também compareceu em pequenas quantidades. No restante da área sua presença nos concentrados é de 10 a 20% do volume.

A magnetita é um dos óxidos de ocorrência mais generalizada entre as rochas ígneas e metamórficas e sua presença marcante nos concentrados da região deve estar relacionada aos numerosos corpos de rochas básicas existentes em toda a área estudada. Já a magnetita globular ou esferulítica é de natureza secundária, podendo formar-se a partir da limonita.

Na Figura 17 é apresentado o difratograma de uma magnetita da região de Tomasina. Além da presença dos picos característicos do mineral, aparecem também picos característicos da ilmenita, mineral que é frequentemente "arrastado" com a magnetita nas separações magnéticas.

6.1.2 - Ilmenita: é o mineral de presença mais frequente na suite dos pesados, chegando a perfazer mais de 40% do concentrado em algumas amostras. Foi facilmente separada dos demais minerais metálicos, através do separador isodinâmico de Frantz utilizando-se corrente de 0,2 e 0,4 A.

Apresenta-se normalmente na forma de cristais de hábito tabular, fragmentados, de cor preta e brilho metálico resinoso. Mais raramente ocorre como grãos irregulares, muito fraturados e com impregnações superficiais. Não foi observada em nenhuma amostra a presença de ilmenita em grãos arredondados ou agregados cristalinos. Sua caracterização mineralógica foi efetuada através de difratometria de raios X, sendo que a Figura 18 apresenta com difratograma típico desse mineral efetuado com uma amostra da região de Ibaiti, PR.

A composição química das ilmenitas da região do Tibaji, obtida por meio da microsonda eletrônica, está apresentada nas Tabelas 13 e 14. Observa-se pelas referidas tabelas,

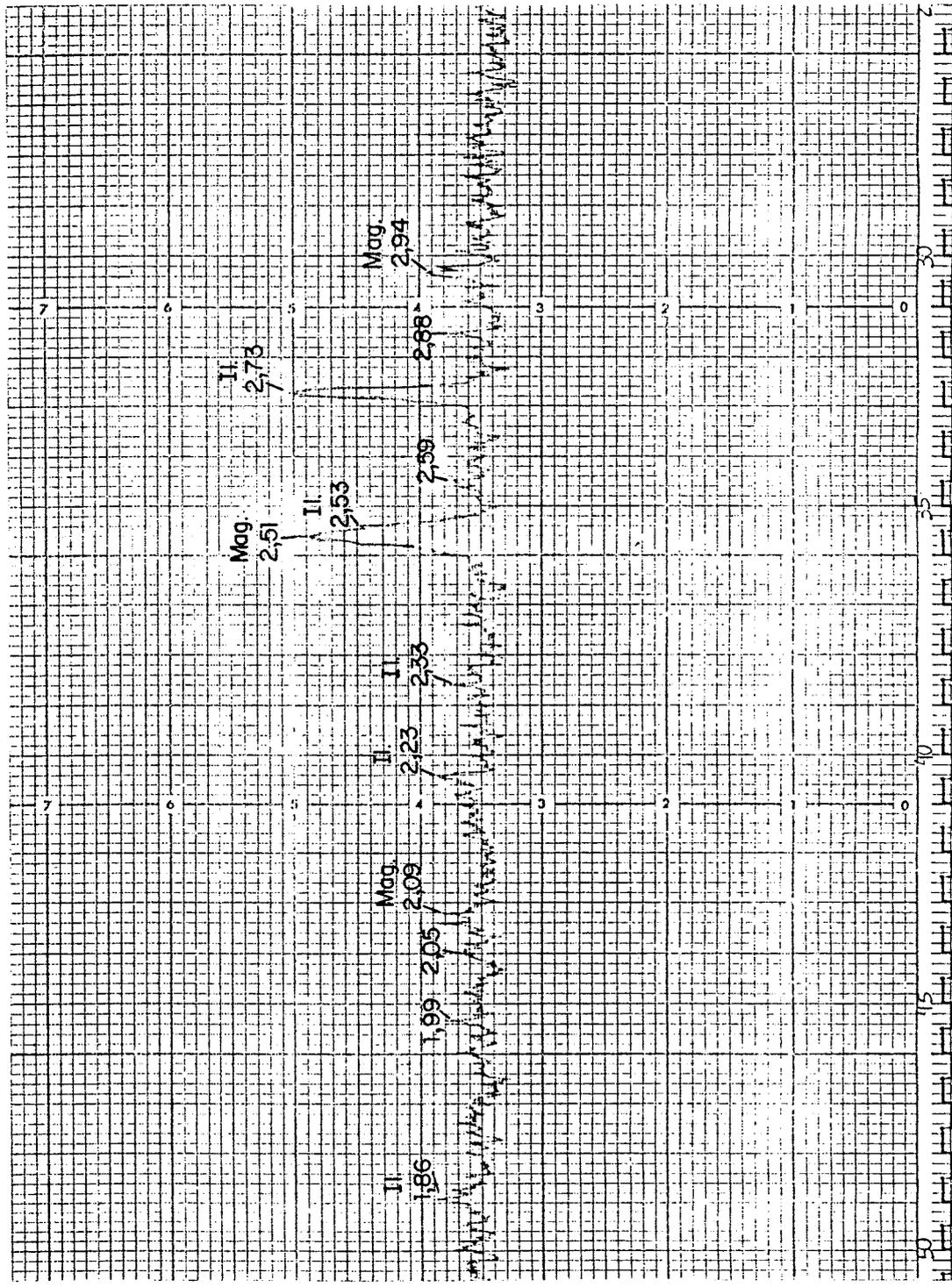


FIGURA 17 — Difratograma de uma magnetita da região de Tomasina (PR), no qual aparecem picos de ilmenita presente provavelmente na forma de impurezas.

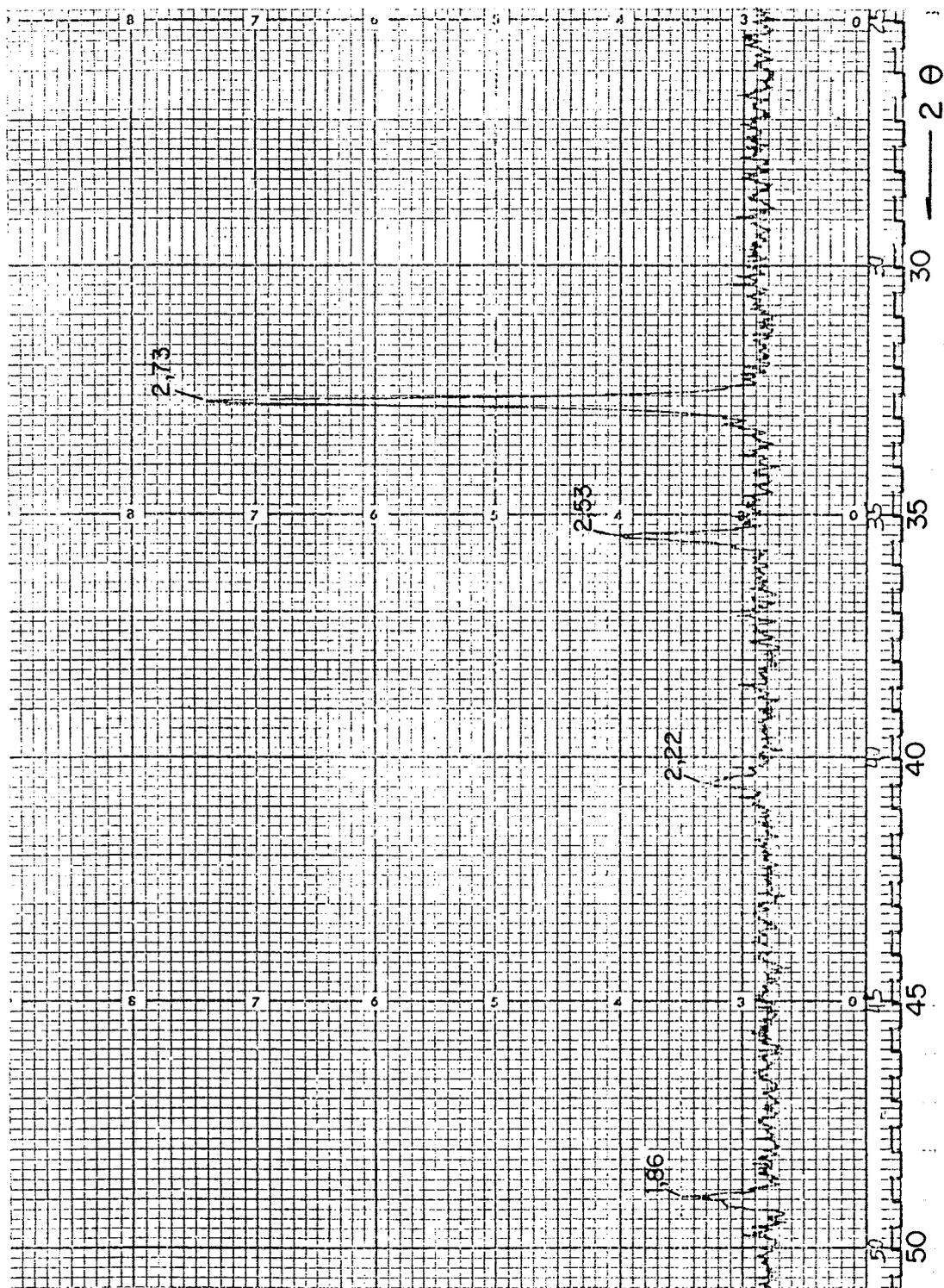


FIGURA 18 — Difratoograma de uma ilmenita da região de Ibaiti, PR, mostrando picos característicos do mineral 2,73; 2,53e 1,86 Å.

TABELA 13 — COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ILMENITAS DO RIO SANTA ROSA, TIBAGI, PR

ANÁLISE OXIDO	122	124	125	128	129	97	100	103
TiO ₂	51,35	50,39	51,83	48,82	49,59	49,35	50,85	51,14
Al ₂ O ₃	0,04	0,07	0,00	0,27	0,07	0,08	0,04	0,03
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,19	0,04	0,01	0,00	0,05
FeO	45,77	46,78	46,64	46,66	46,93	46,40	47,23	45,39
MgO	0,47	0,59	0,53	2,13	0,33	0,58	0,55	0,50
MnO	0,61	0,44	0,63	0,39	0,31	0,60	0,61	0,52
NiO	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,05	0,00	0,00
ZnO	0,16	0,10	0,03	0,00	0,00	0,14	0,00	0,07
TOTAL	98,39	98,37	99,65	98,55	97,27	97,20	99,29	97,70

TABELA 14 — COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ILMENITAS DO GARIMPO DO ATAMON, TELÊMACO BORBA, PR

ANÁLISE OXIDO	132	133	136	138	139	141	143	145
TiO ₂	50,06	51,03	51,47	52,29	51,52	51,69	50,79	51,68
Al ₂ O ₃	0,05	0,05	0,02	0,02	0,09	0,03	0,04	0,06
Cr ₂ O ₃	0,03	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	47,78	47,20	47,88	45,22	47,76	45,40	46,92	46,56
MgO	0,17	0,17	0,23	0,27	0,95	1,16	0,17	0,72
MnO	0,64	0,54	0,68	0,68	0,54	1,10	0,58	0,62
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,00
ZnO	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
TOTAL	98,77	98,98	100,37	98,48	99,94	99,38	98,56	99,63

que as ilmenitas em questão são constituídas essencialmente pelos óxidos FeO e TiO₂. Além desses dois óxidos, foram detectadas impurezas de Al, Cr, Mg, Mn e Ni, com valores em geral abaixo de 1,0% em peso.

A Figura 19 mostra a correlação entre os teores de MgO e FeO de ilmenitas dos garimpos Santa Rosa (Tibaji) e Atamon (Telêmaco Borba), onde não se observa nenhuma tendência definida. Em ilmenitas de natureza kimberlítica, por outro lado, esses dois óxidos exibem variações amplas (Mitchell 1986), e a correlação entre ambas é linear.

6.1.3 - Cromita: é um mineral do grupo dos espinélios, com fórmula geral FeCr₂O₄. Na série da cromita o Fe²⁺ e o Mg apresentam uma variação contínua entre os termos extremos magnésio cromita e cromita, sendo a primeira o componente mais frequente da série (Deer et al. 1976).

A cromita é um mineral de distribuição ampla na área, embora compareça nos concentrados em proporções inferiores a 5%. No âmbito da região considerada, ela foi observada em 26 dentre as 51 amostras de concentrados analisados. Apresenta-se normalmente em cristais de hábito octaédrico com vértices arredondados, cor preta e superfície fosca. Os grãos mais arredondados podem muitas vezes ser confundidos com a turmalina preta, com a qual frequentemente estão associados na fração separada no Frantz a 0,4A.

Em razão dos aspectos acima comentados e do pequeno tamanho dos cristais, os quais são sistematicamente os menores grãos nas frações analisadas, a cromita dificilmente é observada quando se analisa o concentrado de modo global, isto é, sem separação granulométrica e magnética dos minerais.

A dificuldade em se obter a quantidade de material necessário para determinação mineralógica por difratometria, levou-nos à utilização de câmara de Gandolfi. A Figura 20 mostra o registro fotográfico das raias de difração de uma cromita da região do rio Laranjinha (Ponto LC-38), enquanto a Figura 21 mostra o mesmo tipo de registro de uma hercinita (espinélio verde) obtida no mesmo concentrado.

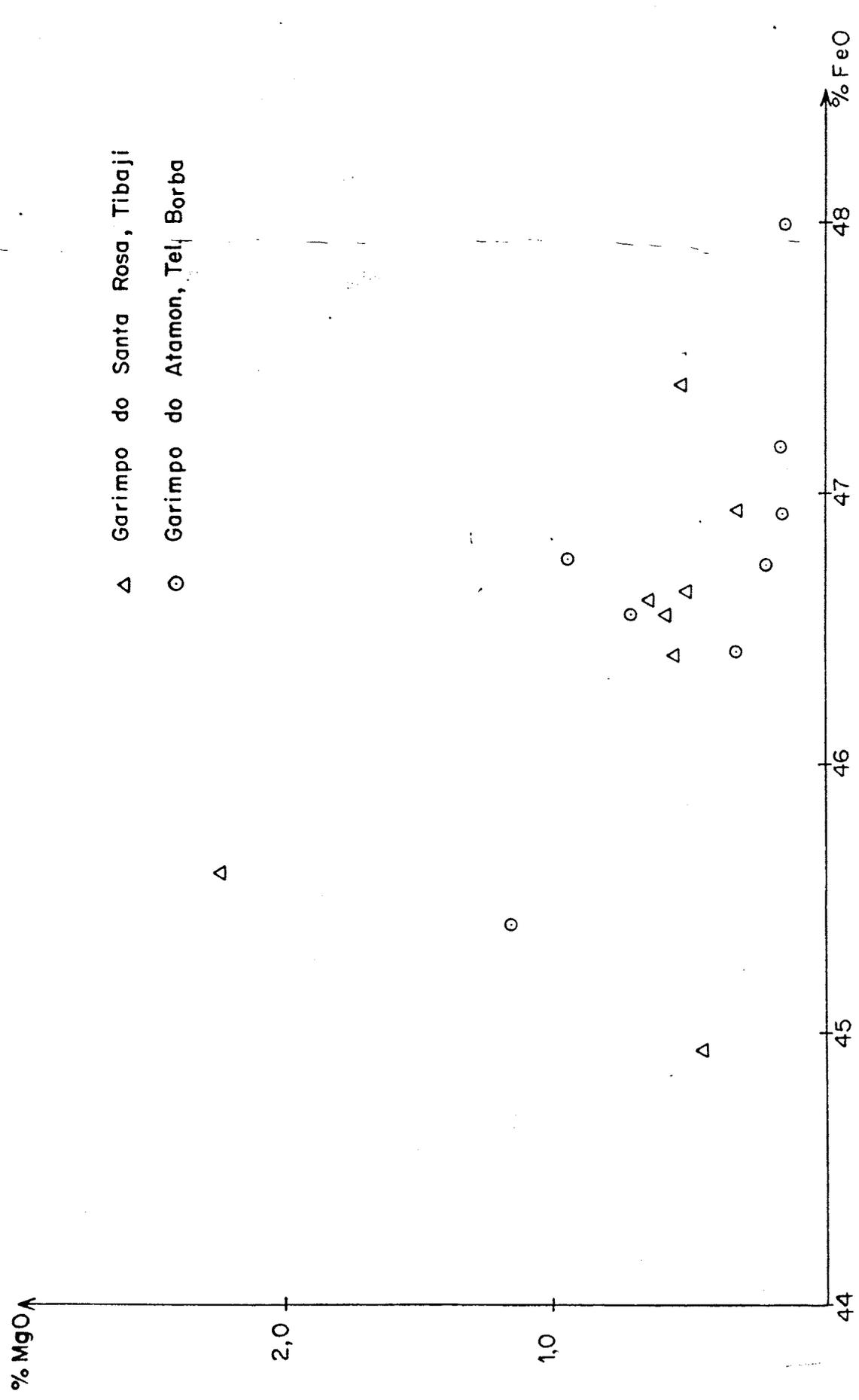


FIGURA 19 - Variação na composição química de ilmenitas da bacia do rio Tibagi, em termos dos conteúdos de FeO e MgO. Procedência das amostras:

FIGURA 20 — Diagrama de pó de uma cromita da região de Ibaití, obtido em câmara de Gandolfi.

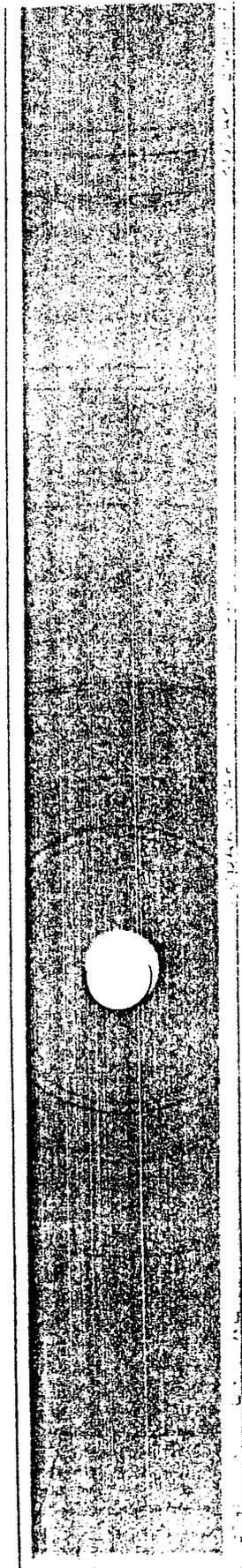


FIGURA 21 — Diagrama de pó de uma hercynita da região de Ibaití, obtido em câmara de Gandolfi.

Quanto a composição química das cromitas, apesar de terem sido montadas diversas seções para estudo em microsonda eletrônica, apenas uma seção apresentou condições satisfatórias para esse tipo de análise. Dessa forma foram analisados apenas 5 grãos de cromita da região do rio Santa Rosa, em Tibaji, cujos resultados encontram-se na Tabela 15.

6.1.4 - Granada: a granada já é de distribuição menos ampla do que os minerais anteriores, tendo sido observada em apenas 50% dos concentrados analisados. Foi notado, com maior frequência, a presença de granadas de cores rósea e castanho-avermelhada e, mais raramente granada de cor castanho-amarelada. Os grãos apresentam-se geralmente com a superfície bastante corroída o que mascara o hábito original dos cristais. Nas frações mais grossas do que 0,250 mm entretanto, é comum a presença de cristais idiomórficos de granada rósea enquanto que a granada de cor castanho-avermelhada, geralmente em grãos de dimensões maiores, ocorre como fragmentos de cristais rolados.

A granada é um mineral de características marcantes e de fácil reconhecimento através de exame sob lupa ou microscópio polarizador, dispensando as determinações por raios X. Admite entretanto em sua estrutura, amplas variações entre os íons trivalentes (Al, Cr e Fe) e bivalentes (Fe, Mg, Ca e Mn), o que torna necessário a execução de análises químicas quantitativas para a caracterização das diferentes moléculas.

As tabelas 16 a 22 reproduzem dados analíticos obtidos por microsonda eletrônica, em granadas da região estudada. Observa-se nítida predominância do ferro sobre os demais cátions bivalentes, indicando tratar-se de granadas do tipo almandina. As moléculas de piroxênio e de grossularia indicada pelos cátions Mg e Ca são de presença subordinada. A variação dos elementos principais Mg, Ca e Fe está ilustrada nas figuras 22 a 24.

6.1.5 - Piroxênio: é uma fase mineral rara nos concentrados da região, tendo sido observado em apenas oito dentre as 51 amostras analisadas. Na amostra coletada no rio Capivari, ao sul do Tibaji (Ponto LC-55) o piroxênio é particularmente mais frequente chegando a ultrapassar 5% em volume do concentrado.

Apresenta-se normalmente como cristais fragmentados de cor verde escuro acastanhado, exibindo clivagem prismá-

TABELA 15 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CROMITAS DO RIO SANTA ROSA, TIBAGI, PR

ANÁLISE ÓXIDO nº	107	109	112	113	117
TiO ₂	0,85	0,66	1,02	0,58	0,97
Al ₂ O ₃	16,44	23,81	21,03	26,53	18,41
Cr ₂ O ₃	43,52	41,32	39,91	39,83	43,45
FeO	26,95	20,58	25,89	16,00	25,66
MgO	9,94	9,99	7,53	14,59	7,23
MnO	0,32	0,34	0,31	0,15	0,33
NiO	0,19	0,15	0,13	0,33	0,13
ZnO	0,15	0,14	0,05	0,03	0,07
TOTAL	98,36	96,98	95,88	98,03	96,24

TABELA 16- COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRANADAS DO GARIMPO DE ITROUPAVA, RIO VERDE (PONTO LC-1)

ANÁLISE ÓXIDO	76	77	80	81	84	86
SiO ₂	35,311	35,253	35,870	35,088	35,957	35,212
TiO ₂	0,125	0,000	0,041	0,107	0,066	0,025
Al ₂ O ₃	22,640	22,973	23,555	22,930	22,841	23,343
Cr ₂ O ₃	0,017	0,000	0,063	0,033	0,013	0,046
FeO	30,723	32,675	30,014	32,537	24,288	31,347
MgO	2,757	4,827	8,847	4,070	7,476	6,053
CaO	5,398	0,723	0,508	1,063	1,621	1,142
MnO	2,388	2,956	0,526	3,735	5,987	2,158
TOTAL	99,359	99,407	99,424	99,563	98,249	99,326

NÚMERO DE CÁTIONS (x 1.000) COM BASE EM 12 ÁTOMOS DE OXIGÊNIO									
Si	2.854	2.840	2.817	3.004	2.835	2.864	3.013	2.815	3.020
Al ^{IV}	166	182	187		193	149		205	
Al ^{VI}	1.991	2.000	1.994		1.991	1.995		1.995	
Cr	8	0	2	2.000	7	4	2.000	2	2.000
	1	0	4		2	1		3	
Fe	2.077	2.202	1.971		2.199	1.618		2.096	
Mg	322	580	1.035	3.084	490	887	3.047	721	3.061
Ca	467	62	43		92	138		98	
Mn	163	202	35		256	404		146	

TABELA 17 -- COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRANADAS DO GARRAFO DE SANTA CRUZ, NO RIO ITARARÉ (PONTO LC-17)

OXÍDO	ANÁLISE		13	15	20
	12	no			
SiO ₂	34,831		33,827	34,318	35,442
TiO ₂	0,000		0,000	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	23,048		22,637	22,341	23,119
Cr ₂ O ₃	0,021		0,021	0,000	0,000
FeO	38,721		32,352	35,361	34,078
MgO	2,873		0,955	0,984	5,004
CaO	0,560		0,360	1,615	0,899
MnO	0,062		9,924	5,594	1,380
TOTAL	100,116		100,076	100,573	99,922
Número de cátions (x 1.000) com base em 12 átomos de oxigênio					
Si ^{IV}	2.829	3.037	2.800	2.821	2.838
Al	208		210	165	183
Al ^{VI}	1.999	2.000	1.999	2.000	2.000
Ti	0		0	0	0
Cr	1		1	0	0
Fe	2.630		2.239	2.431	2.282
Mg	348	3.031	118	121	597
Ca	49		32	142	77
Mn	4		696	415	94
			3.109	3.050	3.050

TABELA 18 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRANADAS DO RIO DAS CINZAS EM TOMASINA (PONTO LC-63)

OXÍDO	ANÁLISE nº			
	4	6	8	10
SiO ₂	36,734	35,270	36,688	35,819
TiO ₂	0,000	0,000	0,042	0,025
Al ₂ O ₃	23,718	22,729	23,303	23,336
Cr ₂ O ₃	0,000	0,017	0,069	0,000
FeO	29,700	36,784	28,007	31,238
MgO	8,628	4,133	6,581	6,103
CaO	0,876	0,423	4,922	1,793
MnO	0,232	0,304	0,685	1,755
TOTAL	99,888	99,660	100,297	100,069

NÚMERO DE CÁTIONS (X1.000) COM BASE EM 12 ÁTOMOS DE OXIGÊNIO				
Si	2.858	2.852	2.862	2.863
Al ^{IV}	175	168	149	179
Al ^{VI}	2.000	1.999	1.994	1.999
Ti	0	0	2	1
Cr	0	1	4	0
Fe	1.932	2.488	1.827	2.068
Mg	1.000	498	765	720
Ca	73	37	411	152
Mn	15	21	45	118
	3.020	3.044	3.048	3.058

TABELA 19 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRANADAS DO CONGLOMERADO ITARARÉ NA REGIÃO DE TOMASINA (PONTO LC-34)

ANÁLISE ÓXIDO	47	49	52	54	55	58	60	61	63
SiO ₂	36,117	36,492	36,730	36,748	36,841	35,450	36,878	33,985	36,774
TiO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,079	0,000
Al ₂ O ₃	23,076	23,724	22,915	22,636	23,359	22,843	23,841	21,714	23,640
Cr ₂ O ₃	0,000	0,034	0,000	0,000	0,034	0,075	0,000	0,000	0,089
FeO	32,838	29,435	31,529	31,318	29,609	32,805	26,942	13,460	28,749
MgO	5,368	8,208	6,258	5,373	7,727	4,952	10,058	0,319	8,695
CaO	1,091	1,181	1,300	1,211	1,369	1,956	1,057	0,287	1,236
MnO	1,761	1,089	1,524	2,608	1,316	1,711	1,108	31,715	0,854
TOTAL	100,251	100,163	100,256	99,894	100,255	99,808	99,884	101,559	100,037

	NÚMERO DE CÁTIONS (X 1.000) COM BASE EM 12. ÁTOMOS DE OXIGÊNIO																		
Si ^{IV}	2.867	3.027	2.893	3.024	2.843	3.024	2.893	3.021	2.916	3.034	2.873	3.022	2.840	3.004	2.846	2.805	2.923	2.856	3.026
Al ^{IV}	160	181	128	181	181	118	118	118	118	118	149	164	164	164	169	2.015	118	170	170
Al ^{VI}	2.000	2.000	2.000	2.000	1.998	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	1.998	2.000	1.994	2.000	2.000	1.995	2.000	1.995	2.000
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.000	5	0	2.000
Cr	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	2	5	5	5	0	0	0	5	5
Fe	2.180	1.918	2.077	1.918	1.918	2.078	1.931	2.198	1.739	1.931	2.198	1.739	1.739	1.739	929	929	1.867	1.867	1.867
Mg	635	953	735	953	953	635	898	3.030	591	898	3.030	591	3.073	1.157	3.055	39	3.210	1.006	3.032
Ca	93	99	110	99	99	103	114	168	87	114	168	87	87	87	25	25	103	103	103
Mn	118	72	102	72	72	175	87	116	72	87	116	72	72	72	2.217	2.217	56	56	56

TABELA 20 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRANADAS DO GARIMPO DO ATAMON, NO RIO TIBAGI (PONTO LC-46)

ANÁLISE nº	31	34	36	38	39	41	43	45
ÓXIDO								
SiO ₂	35,466	35,627	36,222	35,623	36,733	35,915	36,005	35,067
TiO ₂	0,000	0,025	0,017	0,016	0,008	0,000	0,000	0,121
Al ₂ O ₃	22,325	22,259	23,121	22,772	22,747	22,762	22,241	22,014
Cr ₂ O ₃	0,000	0,000	0,089	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000
FeO	34,581	33,499	29,018	30,659	30,082	30,310	31,242	25,552
MgO	3,033	3,894	5,585	4,738	5,626	4,237	4,739	0,784
CaO	0,800	0,773	1,966	0,831	0,945	1,166	1,038	0,454
MnO	3,507	2,928	3,865	4,480	4,087	5,695	3,518	16,473
TOTAL	99,712	99,005	99,883	99,119	100,228	100,085	98,804	100,465

	nº de cátions (x 1000) com Base em 12 átomos de oxigênio											
Si	2.882	3.021	2.893	2.870	2.905	2.877	2.907	2.878				
Al ^{IV}	139	133	167	164	121	149	118	137				
			3.026	3.037	3.034	3.026	3.026	3.025				
Al ^{VI}	2.000	1.998	1.993	1.999	2.000	2.000	1.999	1.993				
Ti	0	2.000	1	1	0	0	0	7				
Cr	0	0	6	0	0	0	1	0				
Fe	2.350	2.275	1.923	2.066	1.990	2.030	2.109	1.754				
Mg	367	3.028	471	3.009	3.013	3.007	570	96				
Ca	70	67	167	72	80	100	90	40				
Mn	241	201	259	306	274	386	241	1.145				

TABELA 21 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRANADAS DO GARIMPO DA PEDRA GROSSA, NO RIO TIBAGI (PONTO LC-45)

ANÁLISE nº ÓXIDO	66	68	69	71	74
SiO ₂	37,434	36,209	35,742	35,889	36,850
TiO ₂	0,083	0,091	0,000	0,000	0,100
Al ₂ O ₃	22,942	22,977	22,263	22,551	23,554
Cr ₂ O ₃	0,017	0,017	0,000	0,029	0,060
FeO	27,233	32,619	29,562	34,283	26,063
MgO	8,128	6,443	3,031	4,302	10,058
CaO	2,003	0,591	2,649	0,573	1,841
MnO	1,390	0,533	6,915	2,677	0,420
TOTAL	99,230	99,480	100,162	100,304	98,946

	nº de cátions (x 1000) com Base em 12 átomos de oxigênio					
Si ^{IV}	2.874	3.030	2.883	2.878	3.012	2.859
Al ^{VI}	1.994	2.000	1.998	1.998	2.000	1.990
Fe	2.165	3.013	1.994	2.299	3.044	1.691
Mg	762	364	364	514	1.163	1.163
Ca	50	229	229	49	153	153
Mn	36	472	472	182	28	28

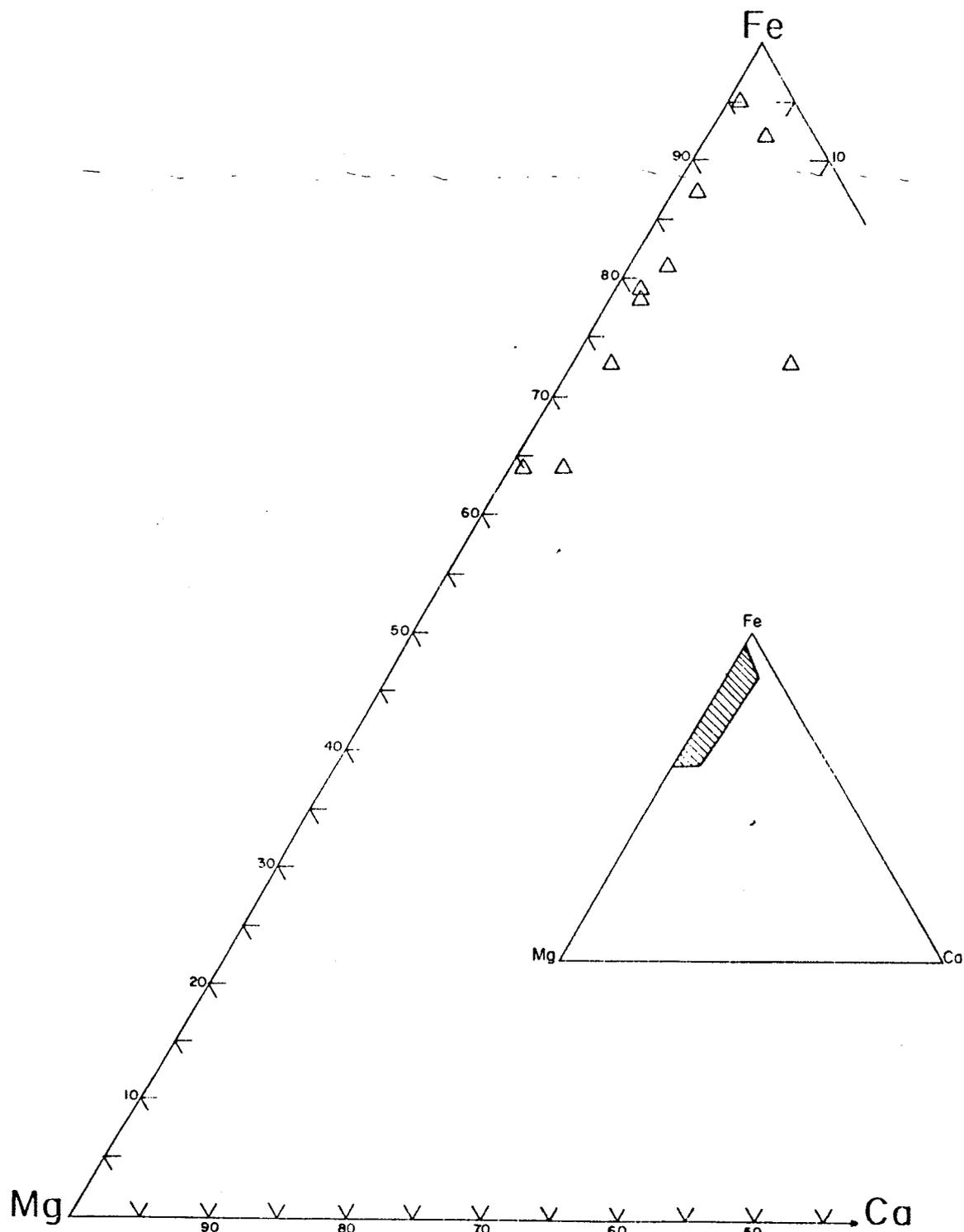


FIGURA 22 — Composição de granadas dos rios Verde e Itararé (SP) com dados das Tabelas 16 e 17. Com exceção de um único ponto mais rico em Ca (Anal.76), as demais análises apresentam variações significativas apenas quanto ao conteúdo de Mg e Fe.

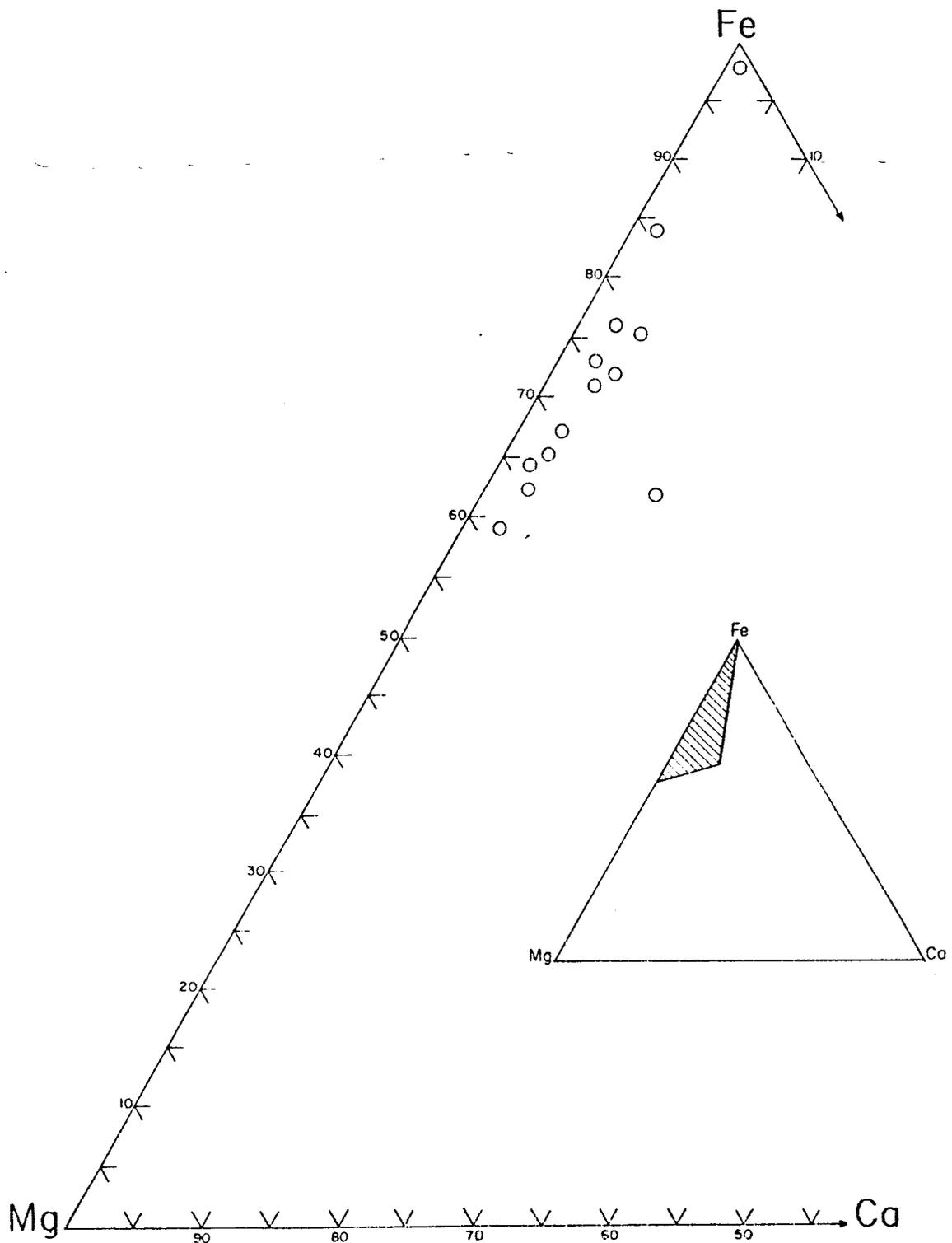


FIGURA 23 — Composição de granadas da região de Tomatina com dados das Tabelas 18 e 19. Tal como observado na região da bacia do rio Itararé, com exceção de uma única análise mais rica em Ca (Anal. 8), as demais exibem variações apenas em relação ao Mg e Fe.

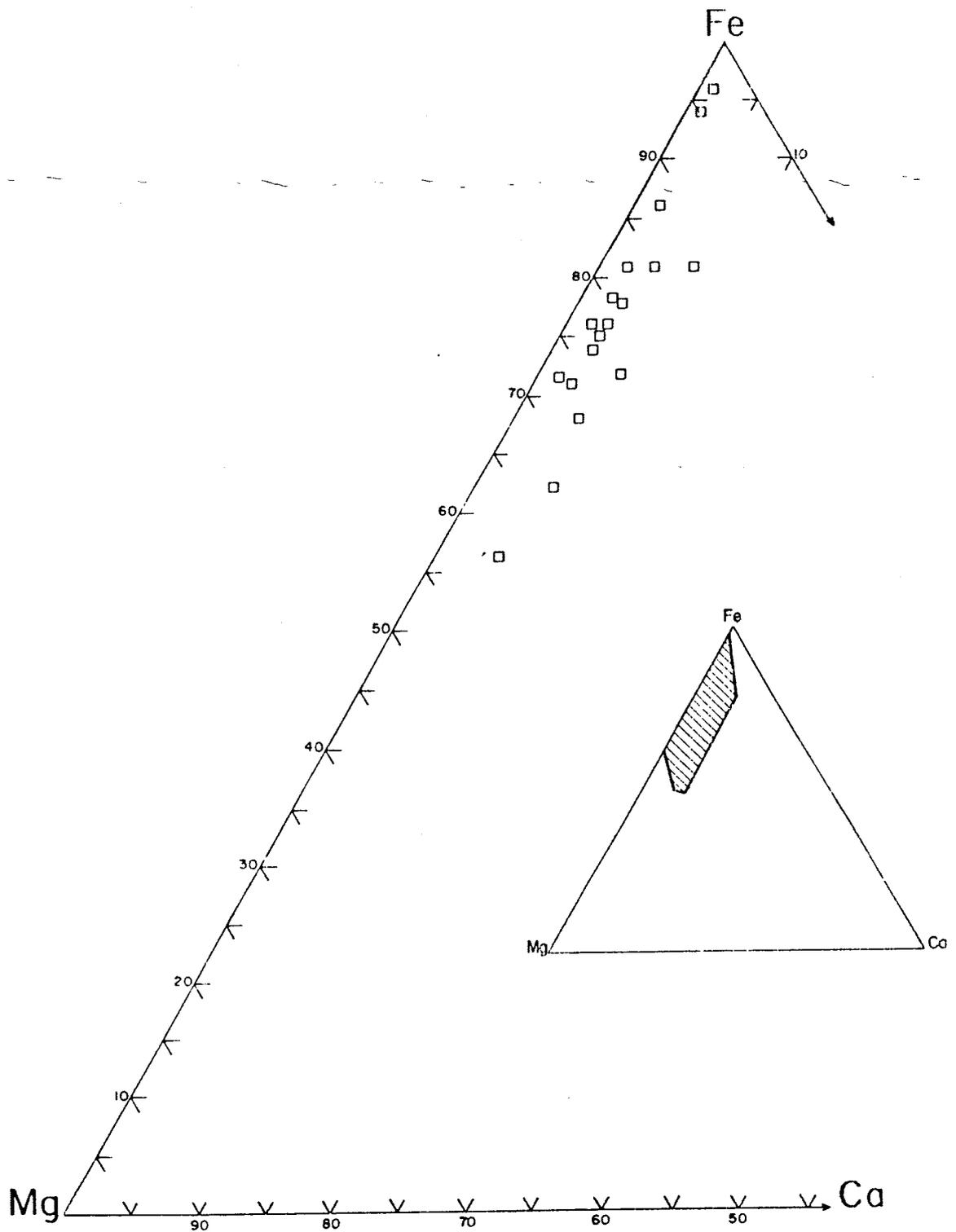


FIGURA 24 — Composição de granadas da bacia do rio Tibagi com dados das Tabelas 18, 19 e 20. As análises mostram variações na razão Mg/Fe, com variações discretas em relação ao cálcio.

tica. Ao microscópio apresentam sinal óptico positivo e índice de refração entre 1.682 e 1.735, sendo classificada preliminarmente como piroxênio da série augita-ferroaugita.

6.1.6 - Hornblenda: da mesma forma que o piroxênio, a hornblenda é uma fase mineral pouco frequente nos concentrados da região, tendo sido observada em apenas oito amostras no âmbito da área considerada. Foi caracterizada, entre outros aspectos através de sua clivagem prismática formando ângulos de 120° e 60° , e cor verde característica. A pouca quantidade do mineral nos concentrados não possibilitou a separação de grãos em número suficiente para determinação ópticas mais precisas.

6.1.7 - Epidoto: o epidoto é um mineral comum nos concentrados onde se destaca graças a sua cor verde-acinzentada característica. Nas amostras submetidas ao separador isodinâmico Frantz, ele ocorre quase sempre na mesma fração que contém cromita, granada, anfibólios e piroxênios, embora esses sejam mais raros. Em relação aos piroxênios, com quem podem ser eventualmente confundidos, distinguem-se pelo sinal óptico negativo e índices refrativos ligeiramente superiores. Essa fase foi observada com maior frequência e em quantidades maiores nos concentrados da região de Tibaji (Pontos LC-51 a LC-61).

6.1.8 - Monazita: foi observada em todas as amostras de concentrados da região, menos naquelas referentes aos Pontos LC-32 e LC-49. Comparece normalmente com uma frequência entre 1 a 5% em volume, sendo que nos concentrados dos Pontos LC-15 e LC-41 sua presença é destacável. Ocorre normalmente nas frações separadas a 0,5A, juntamente com turmalina, algum zircão, apatita e outros fosfatos. Apresenta-se como grãos bem arredondados e límpidos de cor amarelo-ouro ou amarelo-limão, e mais raramente, com hábito prismático achatado segundo a face (100). Grãos de cores mais alaranjadas podem também estar presentes.

Os grãos arredondados de cor amarela podem muitas vezes ser confundidos com grãos rolados de zircão da mesma cor. Outra confusão possível pode ocorrer entre grãos muito fraturados de monazita e a xenotíma, especialmente quando esse último mineral apresenta-se mal formado. Na Figura 25 está representado um difratograma da monazita do Ponto LC-15 onde

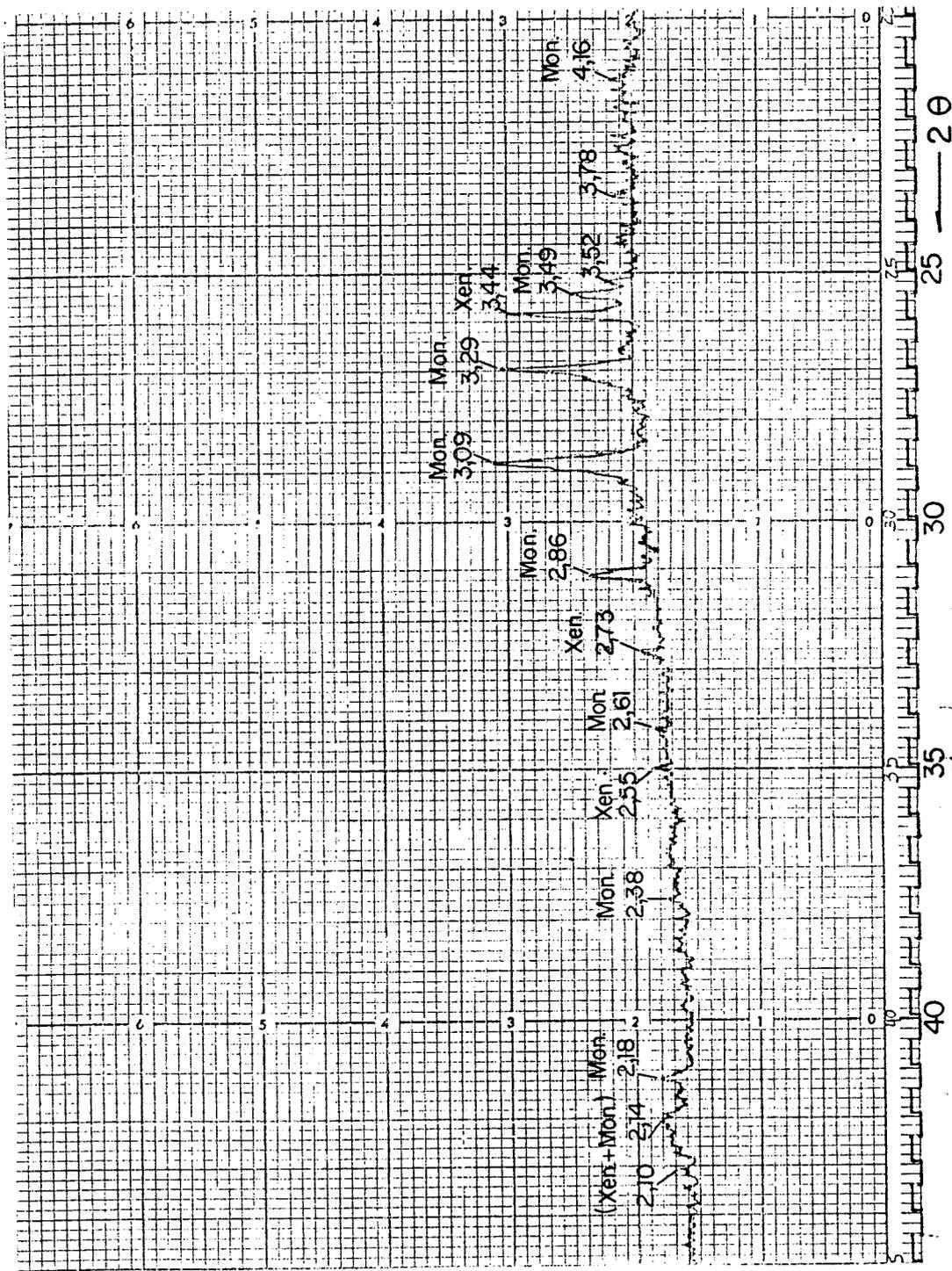


FIGURA 25 -- Difratograma de uma monazita da região de Sengés, mostrando também picos relativos ao mineral xenotima provavelmente introduzido na amostra por dificuldade de separação visual.

também aparecem picos referentes a xenotíma, provavelmente introduzida na amostra analisada, por dificuldade de separação visual.

6.1.9 - Xenotíma: é uma fase mineral de pequena expressão, comparecendo nas amostras analisadas em concentração inferior a 1%. Foi observada em cerca de 50% das amostras, ocorrendo geralmente na forma de bipirâmides tetragonais de cores alaranjadas. Quando estão presentes as faces de prisma, o mineral pode ser confundido com cristais alongados de monazita. No concentrado do Ponto LC-15 a xenotíma destaca-se pela presença de cristais bem formados e pela maior frequência do mesmo em relação às demais amostras, tendo sido aí observado um caso de crescimento epitáxico de xenotíma e zircão.

6.1.10 - Fosfato: foram classificados em caráter preliminar como fosfato, pequenos glóbulos opacos de cor creme ou cinza, com superfície lustrosa e brilho nacarado. A pequena quantidade com a qual comparecem nos concentrados não possibilitou sua separação em quantidade suficiente para determinação ópticas ou através de raios X. Entre os fosfatos pode estar eventualmente incluídos grãos de apatita. Esta entretanto, só foi considerada com identidade própria nos casos em que exibiu hábito prismático hexagonal.

6.1.11 - Zircão: é o mineral mais abundante dos concentrados chegando a perfazer mais de 50% em volume em algumas amostras. Apresenta-se numa grande variedade de formas e cores, dominando os zircões incolores ou cinza amarelados em grãos arredondados e, secundariamente, zircões amarelo-palha com hábito prismático e terminações piramidais. Mais raramente ocorrem zircões amarelos, por vezes confundidos com monazita, e zircões róseos. Prismas piramidados de cores castanho avermelhado e laranja fosco podem ser observados na fração maior do que 0,250 mm, enquanto que nas frações mais finas dominam essencialmente os zircões incolores ou de cores claras. O zircão concentra-se na fração não magnética das amostras, juntamente com a maior parte da turmalina e do rutilo.

O zircão é um mineral bastante difundido na litosfera, tomando parte nas paragêneses mais variadas. Nos últimos

anos tem sido intensamente investigado sob o ponto de vista das relações entre seu hábito e formas cristalográficas, com as respectivas rochas matrizes. Através desse estudo conhecido como tipologia do zircão (Pupin 1980), tem sido classificados diversos tipos de rochas ácidas, intermediárias e alcalinas.

Dentro desse contexto, destaca-se no concentrado do Ponto LC-41, o achado de um cristal milimétrico de zircão, em forma de bipirâmide tetragonal, de cor castanho, muito semelhante aos zircões normalmente encontrados em rochas alcalinas. Em adição ressalta-se o fato do referido cristal não apresentar indícios de transporte longo, sugerindo proximidade de sua fonte dispersora em relação ao local onde foi encontrado.

6.1.12 - Turmalina: foi observada em todos os concentrados analisados, onde comparece em proporções da ordem de 10 a 15%. Nas frações mais grossas do que 0,250 mm constitui o acompanhante localmente denominado de "pretinha". Sob lupa mostra cor escura ou castanho esverdeado, visível apenas com luz transmitida de maior intensidade. Apresenta-se geralmente em grãos arredondados com superfície fosca e mais raramente, como grãos prismáticos pouco rolados e de cores mais perceptíveis. A turmalina verde claro é de presença subordinada.

A turmalina mostrou um comportamento bastante diferenciado nas amostras submetidas ao separador isodinâmico Frantz. Assim, a turmalina preta ou castanho escuro, em grãos arredondados concentrou-se preferencialmente nas Frações separadas a 0,4A, enquanto que a turmalina prismática e com transparência maior do que o tipo anterior, concentrou-se preferencialmente nas frações separadas a 0,5A ou nas frações não magnéticas. No primeiro caso, trata-se provavelmente de termo com maior percentagem da molécula schorlita (turmalina rica em ferro) a qual apresenta susceptibilidade magnética elevada (Parfenoff et al. 1970). As características ópticas marcantes do mineral, como extinção reta, pleocroísmo e alongamento negativo dispensaram sua caracterização através de raios X.

6.1.13 - Rutilo: o rutilo é um mineral de presença marcante em todas as amostras de concentrado de bateia, onde comparece em proporções da ordem de 5-10%, considerando apenas a fração

dos minerais transparentes. Apresenta-se geralmente com formas triangulares derivadas de cristais com geminação em joelho, e cor vermelho escuro intenso. Mais raramente ocorrem cristais prismáticos com estrias longitudinais e cor alaranjada (Pontos LC-02 e LC-06). Nas frações mais grossas do que 0,250 mm, o rutilo exibe um caráter metálico mais marcante, sendo normalmente opaco ou cor cinza chumbo e conhecido na linguagem garimpeira pelo nome de "chubada". Ao microscópio, o rutilo é quase sempre opaco a não ser para os grãos menores, observados através de luz convergente, quando então as bordas dos cristais aparecem translúcidas com cores avermelhadas. Sua identificação foi efetuada através de raios X, sendo que a Figura 26 apresenta o difratograma de uma amostra ou rutilo da região de Tibaji.

6.1.14 - Leucoxênio: trata-se de agregados policristalinos de rutilo e outros minerais de titânio formados como produto de alteração da ilmenita. É de presença comum nos concentrados da região, onde se apresenta como grãos opacos de contornos irregulares, superfície rugosa e cor cinza ou creme. Mais raramente exibe hábito octaédrico achatado, resultante da combinação das faces (0001) e (1121), pseudomórficas da ilmenita.

6.1.15 - Anatásio: é um polimorfo de baixa temperatura do TiO_2 , sendo um constituinte acessório em muitas rochas eruptivas e metamórficas. Pode também ser um mineral autígeno frequente em formações detríticas (Deer et al. 1976).

Essa fase foi observada em cerca de 50% das amostras analisadas, porém sempre em quantidade muito pequena. Apresenta-se normalmente como bipirâmides tetragonais alongadas segundo o eixo "c" e nas cores castanho amarelada ou cinza azulado. Mais raramente apresenta-se em cristais tabulares, achatado segundo a face (001) podendo então ser confundido com a titanita. Foi observado com maior destaque, nos concentrados dos Pontos LC-53 (rio Santa Rosa) e LC-38 (rio Preto).

Devido ao pequeno tamanho dos cristais, ele dificilmente é identificado nas amostras não submetidas à separação granulométrica. No âmbito das amostras analisadas, o anatásio foi encontrado preferencialmente nas frações mais finas do que

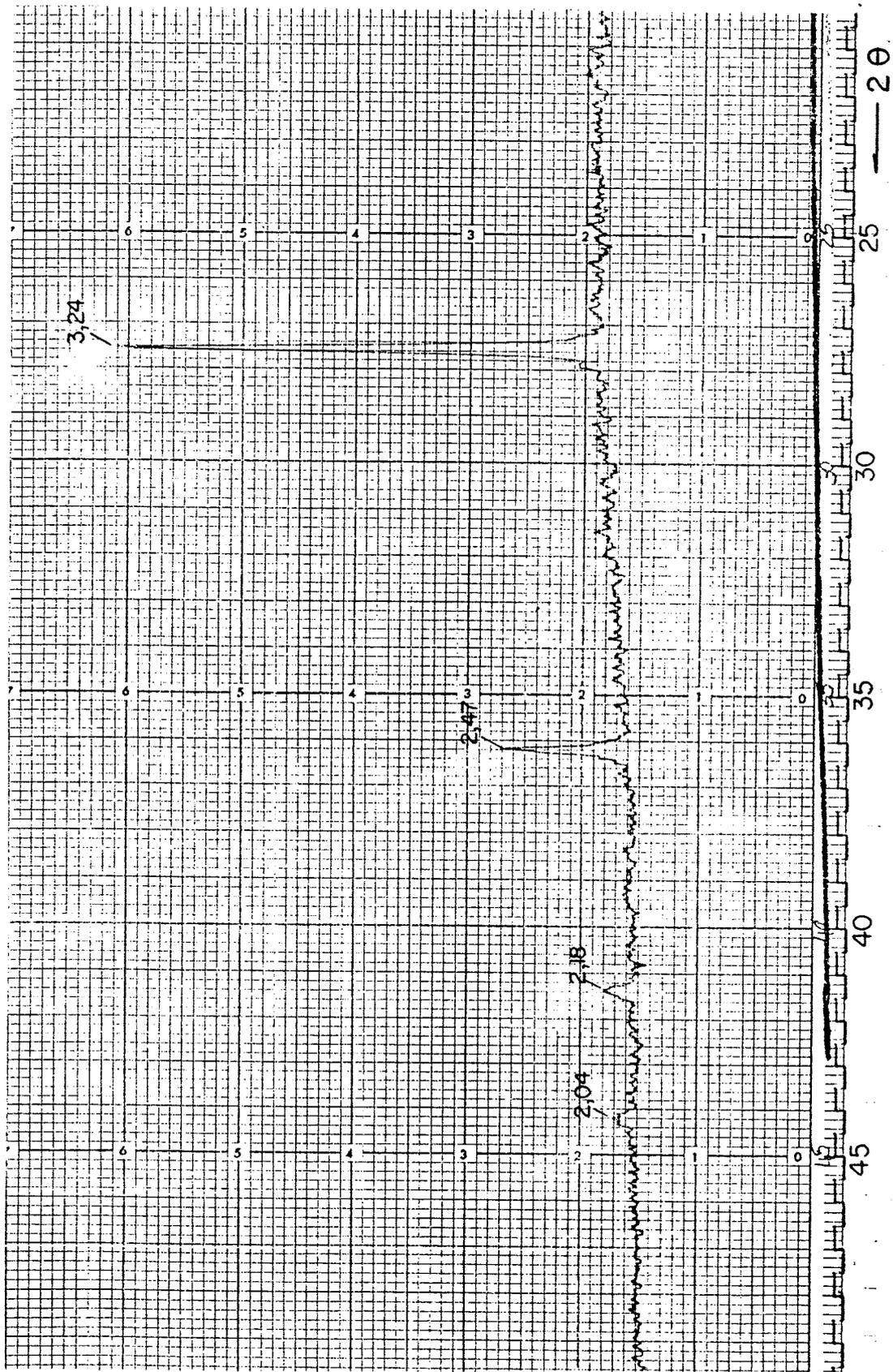


FIGURA 26 - Difratoograma de uma amostra de rutilo da região de Tibaji, mostrando picos característicos a 3,24 e 2,47Å Identificada de acordo com a ficha nº 21-1276 da JCPDS.

0,250 mm, e sobretudo na fração de baixa susceptibilidade magnética (não magnética a 0,5A).

6.1.16 - Titanita: é uma fase mineral bastante rara nos concentrados da região, tendo sido identificada apenas na amostra do Ponto LC-15 (rio Jaguaricatu). Foi caracterizada através de seu hábito prismático achatado, cor acaramelada, forte birrefringência e caráter biaxial.

6.1.17 - Hematita: é uma fase mineral pouco frequente nos concentrados da região, tendo sido observada em apenas uma dezena de amostras. Aparece sobretudo nas frações mais grossas do que 0,250 mm, e eventualmente na forma de grãos milimétricos, podendo ser confundida com o rutilo rolado. Geralmente apresenta-se como grãos achatados, muitas vezes lembrando pequenos fragmentos de itabirito. É facilmente identificável através da cor do traço, triturando-se o mineral sobre uma placa de porcelana. Na Figura 27 está representado um difratograma de hematita da região de Tibaji.

6.1.18 - Goethita: forma juntamente com a limonita o mineral mais frequente nos concentrados da região. Nas frações mais grossas do que 1,0 mm, a goethita e a limonita chegam a fazer 90% dos concentrados, sendo os 10% restantes ocupados por rutilo, turmalina preta e alguma granada.

A goethita apresenta-se normalmente na forma de grãos achatados de dimensões milimétricas a centimétricas, bem arredondadas, e com superfície bem polida. Sua cor varia do castanho amarelo ao castanho escuro, sendo conhecida regionalmente pela designação de "ferragem".

Ao ser fragmentada, a goethita apresenta estriamento característico do mineral, enquanto que a limonita não apresenta essa feição. Tanto a goethita como a limonita são de origem secundária, resultando da alteração de compostos de ferro, sobretudo a pirita.

A Figura 28 mostra o difratograma de uma amostra de goethita da região de Tibaji (Ponto LC-57). As fotos 25 e 26 ilustram grãos de goethita de diversos garimpos da região, e cubos de pirita limonitizada recuperados de um nível conglome-

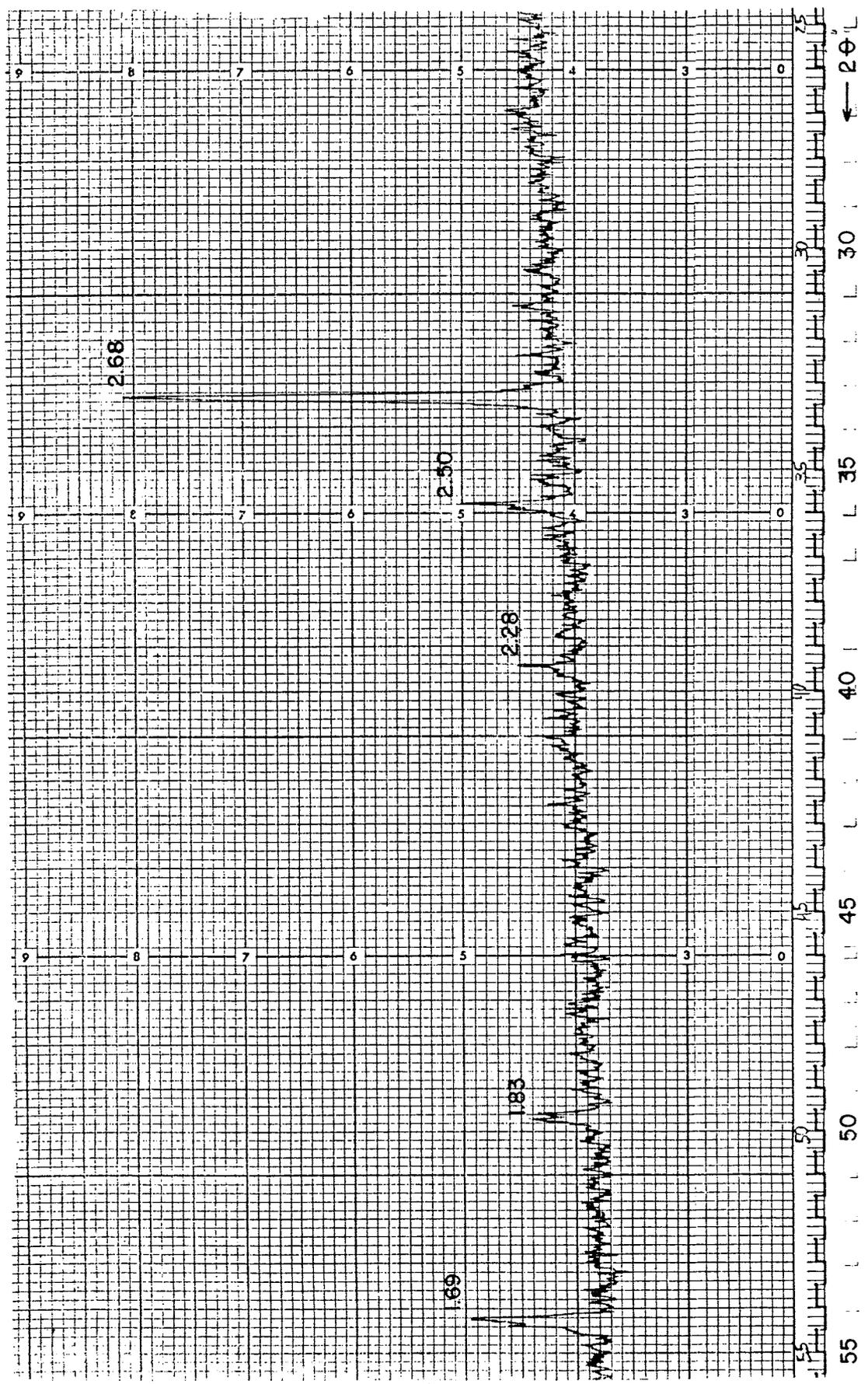


FIGURA 27 -- Difratograma de uma hematita de ocorrência do rio Faisqueira em Tibajá-PR. Identificação de acordo com a ficha nº 13-534 da JCPDS. Varredura da amostra de 5° a 65°.

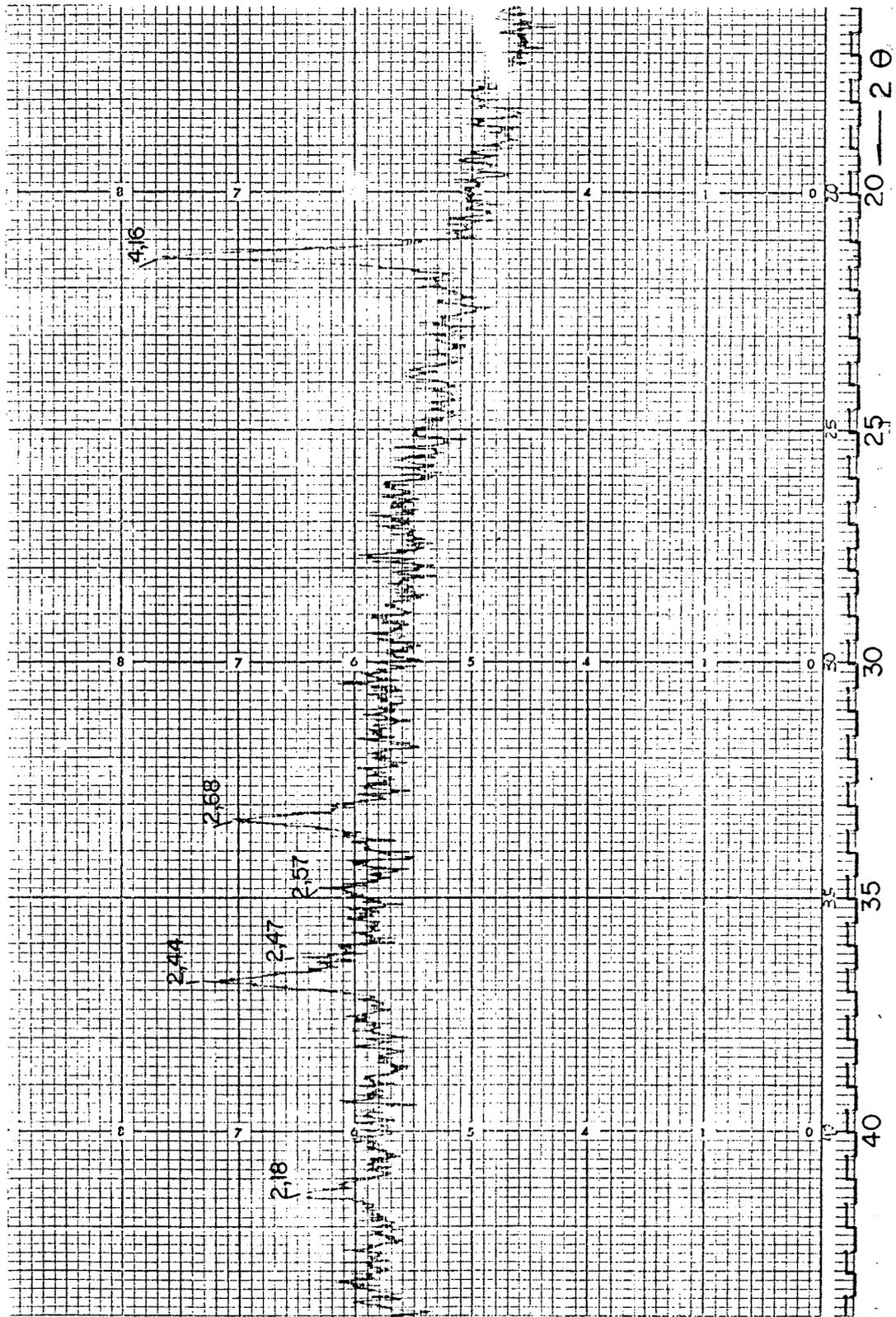


FIGURA 28 — Difratoograma de uma goethita da região de Tibajá. Ressalte-se os picos mais intensos a 4,16, 2,44 e 2,68Å. Identificada de acordo com a ficha nº 17-536 da JCPDS.

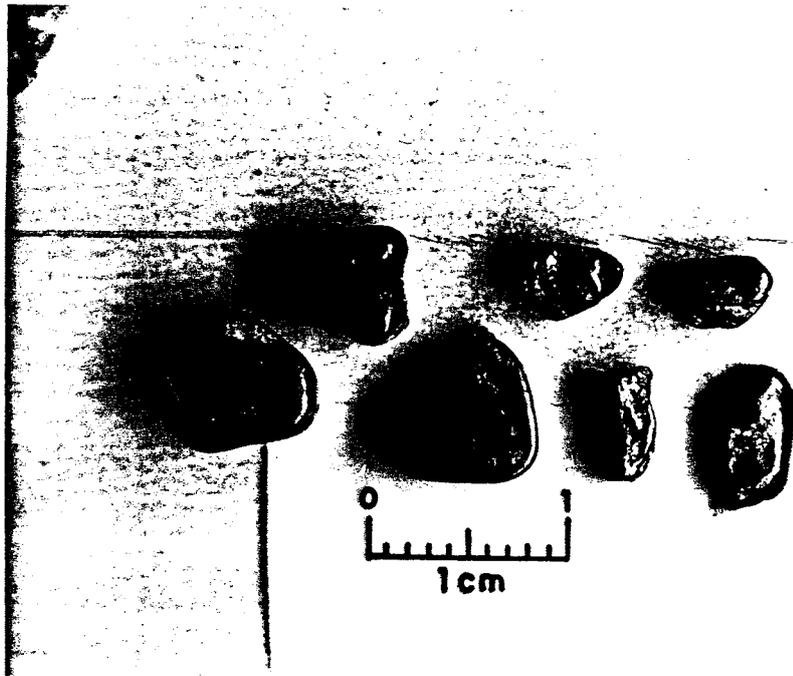


FOTO 25 - Lenticulas de óxido de ferro (ferragem), procedentes da ocorrência do Angelino (Ponto LC-57) em Tibaji. O material foi identificado através de raios X, como sendo goethita.

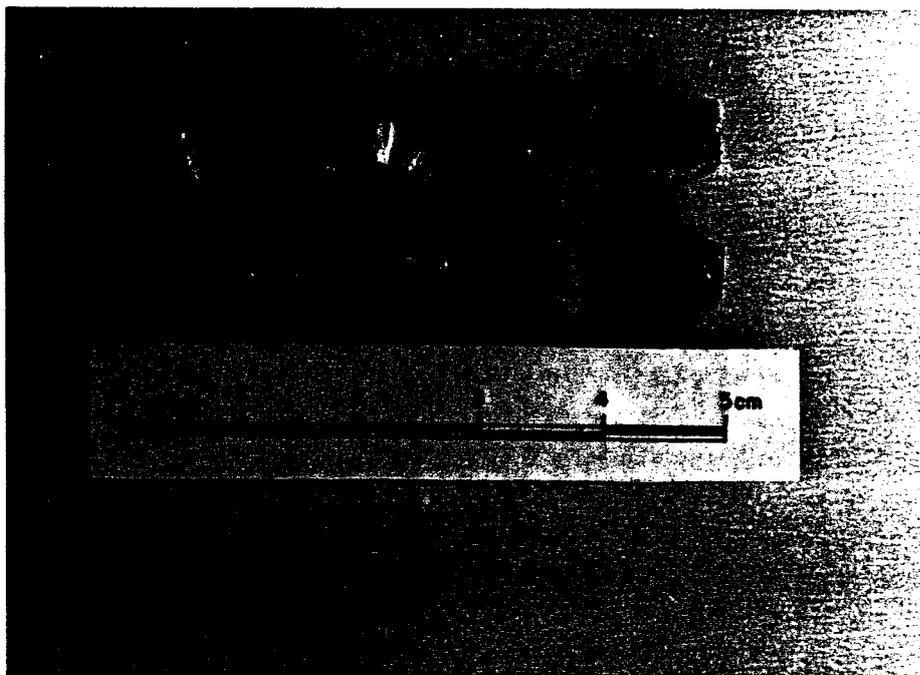


FOTO 26 - Cubos de pirita limonitizada recuperados de um conglomerado do Subgrupo Itararé, aflorante na Serra dos Borjes, a sudeste de Tibaji (Ponto LC-54). Cubos similares foram muitas vezes encontrados em cascalhos do leito ativo do rio Tibaji.

rático do arenito Itararé na região da Serra dos Borjes em Tibaji (LC-54).

6.1.19 - Cassiterita: é uma fase mineral muito rara nos concentrados da região, tendo sido observada em apenas três amostras. No concentrado do Ponto LC-48, grãos de cassiterita de dimensões milimétricas foram identificados através de testes de dureza, cor de traço, e teste químico com $ZnO + HCl$. Os cristais apresentam-se geralmente estriados e de cor castanho escuro.

6.1.20 - Ouro: ocorre em todas as bacias hidrográficas da região, embora seu comparecimento nos concentrados seja escasso. Foram observados diversos lotes de ouro em plaquetas, provenientes dos garimpos das regiões de Itararé, Tomasina, Ibaiti e Telêmaco Borba, além de ouro fino observado nas amostras de concentrados dos rios Jatibucá, Jaguaricatú, do garimpo da Ilha dos Cavalos e outros. O ouro apresenta-se em geral na forma de pintas ou plaquetas com dimensões sub-milimétricas podendo, excepcionalmente atingir dimensões milimétricas (Fotos 27 e 28).

Apesar de sua presença ter sido constatada em quase todos os garimpos da região, não existe preocupação maior por parte dos garimpeiros, na sua recuperação. Apenas mais recentemente, devido a contínua queda na produção de diamantes, a produção do ouro passou a assumir uma importância maior.

6.2 - Diamante

Embora tenham sido apresentados no decorrer deste trabalho, numerosas indicações de locais onde o diamante foi ou é garimpado, foram raras as ocasiões em que nos deparamos com o achado do referido mineral. Ao nível da fração mais fina do que 3,0 mm, correspondente à abertura da peneira fina, o diamante só foi encontrado nos concentrados dos pontos LC-07 (rio Jatibuca) e LC-48 (corredeira dos negros, rio Tibaji). Nesses dois casos, o diamante se apresentou como um mineral de grande pureza, exibindo hábito rombododecaédrico. Já nas áreas onde se desenvolveram trabalhos de pesquisa, com amostragem de grandes volumes de cascalho, foram encontradas pedras em maior quantidade e variedade de formas e tamanho o que possibilitou

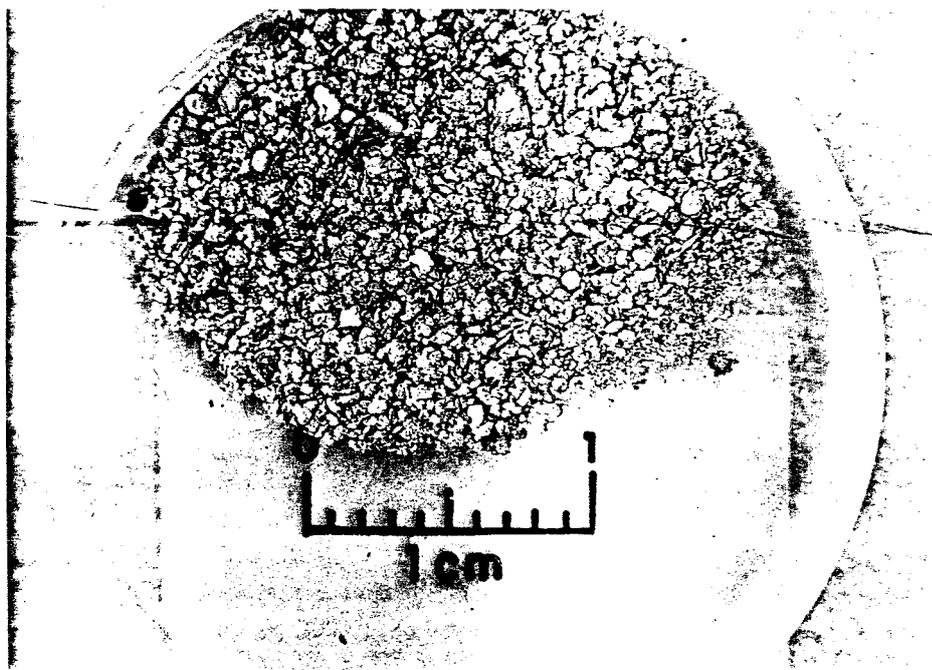


FOTO 27 - Ouro fino do garimpo da Ilha dos Cavalos. A recuperação do ouro através de amalgamação, confere uma tonalidade avermelhada ao metal.



FOTO 28 - Palhetas de ouro do garimpo de Itoupava, em Itararé, SP. Nos últimos anos de funcionamento do garimpo, o ouro vinha apresentando maior rentabilidade do que o diamante.

a caracterização do diamante de diversos locais. Esses estudos foram ainda consubstanciados de forma significativa, através do exame de lotes de diamantes de posse de garimpeiros da região.

6.2.1 - O diamante da região Itararé-Jaguariaíva

No contexto da área estudada, a região de Itararé-Jaguariaíva pode ser considerada como de média produção de diamantes. Por ocasião de nossos trabalhos de campo encontravam-se em atividade apenas os garimpos de Itoupava, no rio Verde e um garimpo no rio Itararé, nas proximidades de Santa Cruz dos Lopes. Na região de Sengés o diamante era garimpado sobretudo em cascalheiras do leito do rio Jaguaricatu, que pode ser considerado como o rio de maior produção diamantíferas da região. Ao todo foram estudados 167 diamantes cuja procedência está assim distribuída:

rio Jaguaricatu	72 pedras
rios Verde/Itararé	67 pedras
rios Capivari/Jaguariaíva	28 pedras.

As principais características morfológicas e de cores desses diamantes estão condensadas nas Tabelas 23 e 24, e sua representação em histogramas é mostrada nas Figuras 29 e 30.

Os dados revelam predominância do hábito rombododecaédrico, que parece ser a tendência mais comum do diamante de diversas regiões do Brasil e do mundo. Ressalta-se entretanto a elevada percentagem de lascas (12%), que pode estar relacionada com o tipo e meio de transporte do mineral. Outro aspecto que se destaca é o percentual de geminados (6,6%) que, como se verá, situa-se bem acima do percentual verificado para as demais ocorrências e áreas estudadas.

Quanto a cor, observa-se a predominância do diamante incolor, seguido do castanho claro e do amarelo. A baixa percentagem de diamantes de cor castanho escuro deve-se em parte ao fato dos lotes analisados serem constituídos por pedras já escolhidas. Entretanto, de acordo com informações dos garimpeiros locais é rara a presença de pedras escuras nessa região, predominando o diamante do tipo gema, numa relação aproximada

TABELA 23 — CARACTERIZAÇÃO DA MORFOLOGIA DO DIAMANTE DA REGIÃO DE ITARARÉ - JAGUARIAÍVA

HÁBITO \ PESO	> 1ct	~ 1ct	1/2ct	0,30ct	0,20ct	< 0,15	TOTAL	%
Rombododecaédro	2	8	12	34	36	2	94	56,3
Transicional	-	2	6	8	11	1	28	16,8
Fragmentos	-	-	3	-	17	-	20	12,0
Geminado	-	1	5	3	2	-	11	6,6
Irregular	1	-	-	2	4	-	7	4,2
Octaedro	-	-	3	1	-	1	5	3,0
Ballia	-	-	1	-	-	-	1	0,6
Outros	-	-	1	-	-	-	1	0,6
Total	3	11	31	48	70	4	167	100,1

TABELA 24 — CARACTERIZAÇÃO DA COR DO DIAMANTE DA REGIÃO DE ITARARÉ - JAGUARIAÍVA

COR \ PROCEDÊNCIA	RIO JAGUARICATU	RIOS VERDE/ITARARÉ	RIOS CAPIVARI/JAGUARIAÍVA	TOTAL	%
Incolor	46	31	10	87	58,4
Castanho claro	10	10	5	25	16,8
Amarelo	6	10	2	18	12,1
Castanho escuro	5	5	4	14	9,4
Outros	1	3	1	05	3,4
Total	68	59	22	149	100,1

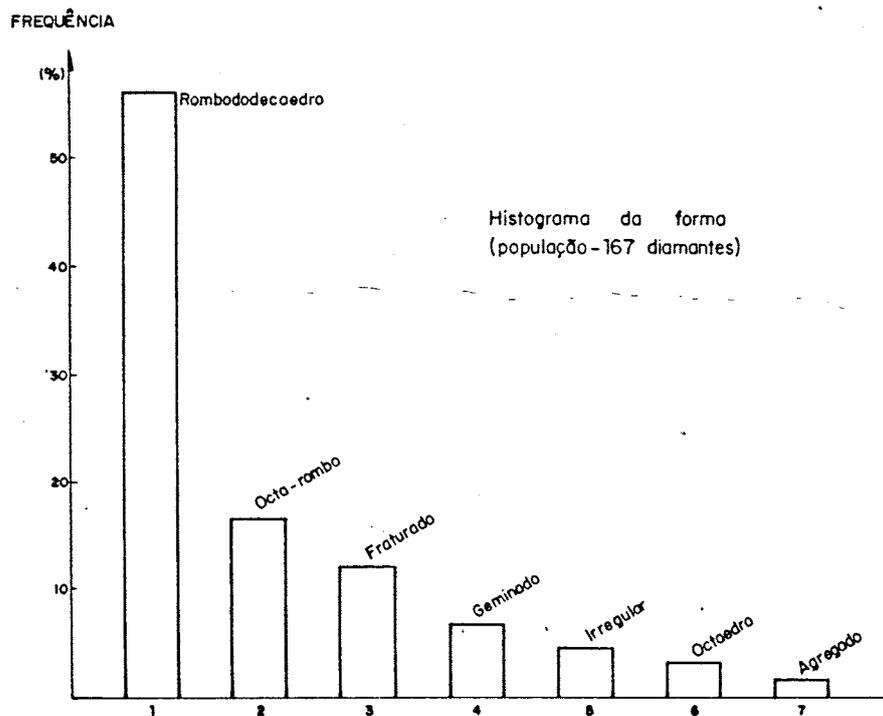


FIGURA 29 — Histogramas das formas do diamante da região de Itararé a Jaguariaíva, observado em um lote de 167 cristais

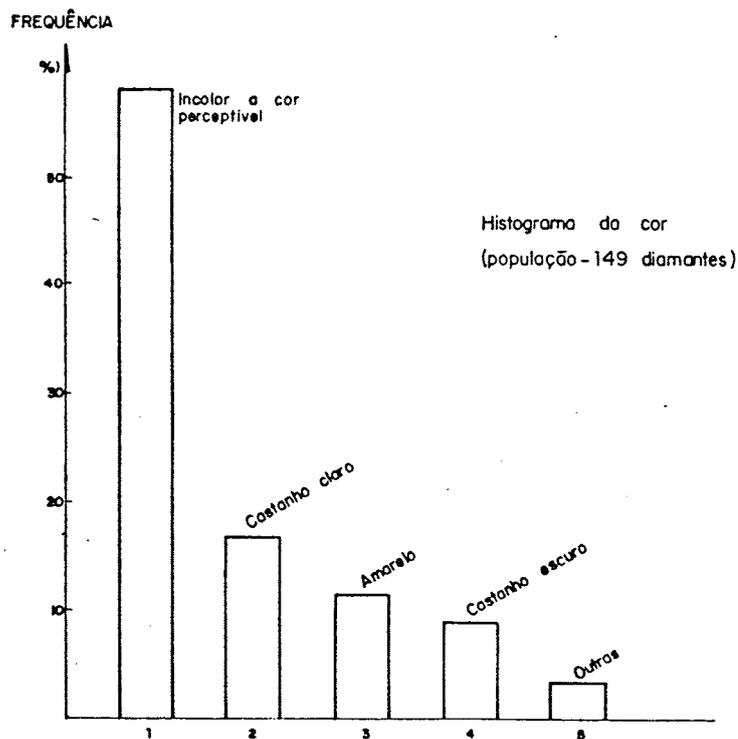


FIGURA 30 — Histograma da cor do diamante da região de Itararé a Jaguariaíva observado em um lote de 149 diamantes.

de 3:2 para com o não gemológico. Os aspectos mais característicos do diamante dessa região estão mostrados nas Fotos 29 e 30.

6.2.2 - O diamante da região de Tomasina-Ibaiti

No âmbito dessa região não foi possível a observação de lotes significativos de diamantes para a elaboração de estudos comparativos de forma, cor e qualidade. A maioria dos garimpos e ocorrências encontrava-se com atividade paralizada, seja devido a pobreza dos depósitos, seja porque a garimpagem vem sendo coibida em vista dos projetos de reflorestamento que estão sendo implantados na região.

Os exemplares de diamante que tivemos oportunidade de observar, na ordem de duas dezenas, apresentavam dimensões e qualidade inferiores às observadas em exemplares da região de Itararé-Jaguariaíva. Como exceção podemos citar uma pedra de 0,20 ct de hábito octaédrico bem proporcionado, incolor encontrado pela CPRM durante a pesquisa do monção do Miranda, em Ibaiti, e um diamante tipo balla com aproximadamente quatro quilates, proveniente de um garimpo do rio das Cinzas situado a montante de Tomasina.

6.2.3 - O diamante da região de Telêmaco Borba - Tibaji

No âmbito da área estudada é a região que mais produz diamantes, existindo até o presente pelo menos dois grandes garimpos em atividade. Foram estudadas aproximadamente 2210 pedras provenientes de diversos locais, sendo 1700 procedentes do Garimpo do Atamon. Vem vista do maior número de informações foi possível estabelecer dois conjuntos de gráficos, sendo um específico para o diamante desse garimpo e outro, de maior abrangência, incluindo os dados de pedras da região de Tibaji. As principais características do diamante dessa região estão condensadas nas Tabelas 25 e 26 e nas Figuras 31 e 32. Por outro lado, as Fotos 31 e 32 ilustram alguns aspectos desse diamante incluindo pedras de diversas procedências.

FOTO 29 - Aspectos morfológicos do diamante da região de Itararé. No canto inferior esquerdo, dois exemplares de hábito transicional entre octaedro e rombododecaedro. Os demais cristais são rombododecaédricos, exibindo diferentes graus de curvatura das faces.

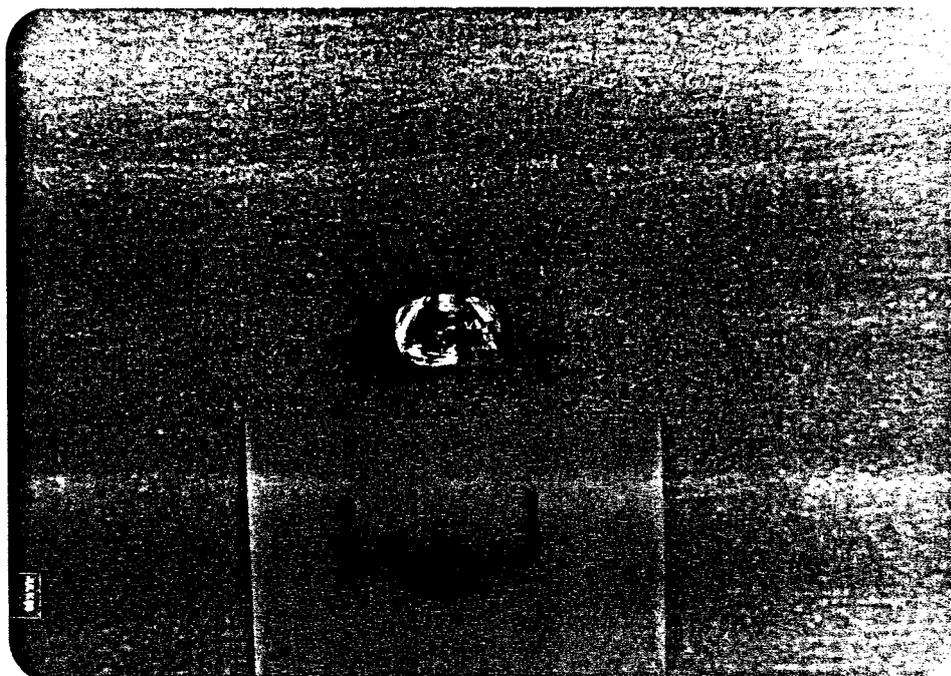


FOTO 30 — Aspectos morfológicos do diamante da região de Itararé. Diamante de hábito octaédrico desproporcionado no vértice. O arredondamento das arestas e dos vértices indica já o início da transição para a forma rombododecaédrica.

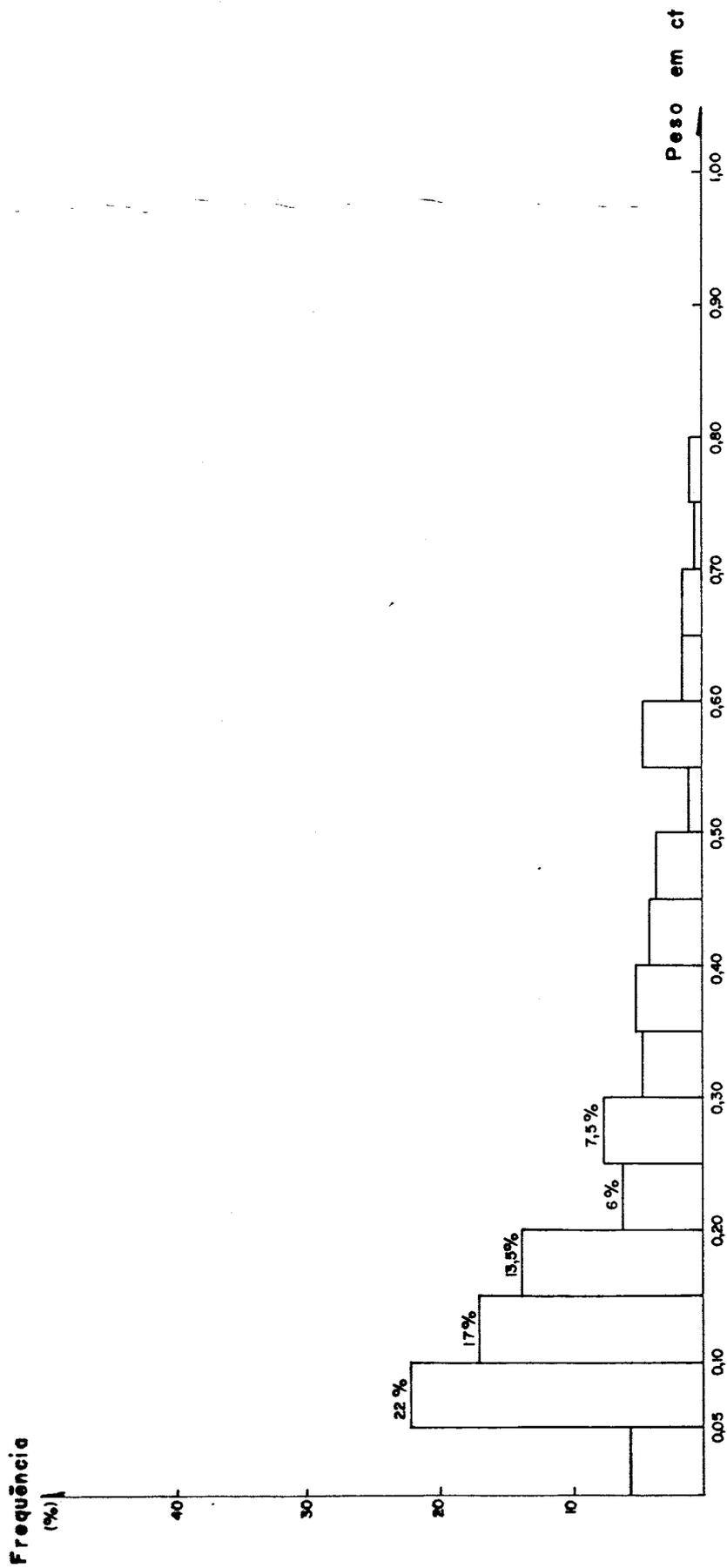


FIGURA 35 -- Curva de distribuição do peso do diamante da região de Telêmaco Borba - Tibaji, de terminada a partir de vários lotes totalizando 219 pedras previamente classificadas, procedentes de garimpos diversos. Apesar de certas frações granulométricas estarem parcialmente representadas, observa-se que a moda predominante situa-se em torno de 10 pontos.

7 - ECONOMIA MINERAL DO DIAMANTE

De acordo com a legislação mineraria vigente em nosso País e cuja última regulamentação data de 1968, o diamante pode ser enquadrado em duas categorias de bens minerais. Como gema, o diamante é enquadrado na classe VI, que inclui todas as substâncias tratadas comercialmente como "pedras preciosas e ornamentais", sendo sujeitas a normas específicas de exploração, tributação e comercialização. Como matéria prima industrial, o diamante é enquadrado na classe VII, que inclui uma grande variedade de bens minerais utilizados na indústria, com pouca ou nenhuma transformação. Também aqui as atividades a eles relacionadas são regidas por normas e especificações próprias, e cuja tendência é de se aprimorarem, visando o atendimento de um mercado cada vez mais exigente.

Durante muitos séculos, desde a sua descoberta na antiguidade, o diamante foi utilizado quase que exclusivamente como material de adorno e como símbolo de distinção social. Já na modernidade, sem perder o prestígio e valor como material de ornamentação, o diamante veio conquistando emprego crescente em diversos setores da indústria e da ciência, a ponto de hoje, o consumo *per capita* de diamante estar incluído entre os indicadores do grau de desenvolvimento industrial e de sofisticação tecnológica de uma nação.

Atualmente, o comércio mundial de diamantes, tanto do tipo gema como do tipo indústria, é um dos mais organizados que se conhece, envolvendo uma produção anual da ordem de 90.000.000 de quilates, com um volume de negócios superior a três bilhões de dólares.

7.1 - Histórico do diamante

A palavra diamante tem suas raízes no vocábulo grego *adamas* que forneceu ao latim os adjetivos *adamus* e *adamantinus*, posteriormente aplicado ao mineral na forma do substantivo *adamantae*. O vocábulo *adamas* aparece pela primeira vez na literatura, nos escritos do poeta grego Hesíodo, no século

VIII A.C., sendo então aplicado exclusivamente ao ferro, por suas qualidades de resistência e tenacidade (Lenzen 1980).

Sentido similar de resistência é também atribuído ao termo hebreu *Yahalom* o qual designava uma das doze pedras que adornavam o peitoral do sumo sacerdote Aarão, e considerada por alguns historiadores como correspondente ao diamante. Contra essa hipótese, outros historiadores lembram a versão de que as referidas pedras apresentariam inscrições das respectivas tribos de Israel e que a gravação sobre diamantes só foi conseguida muitos milênios mais tarde, não devendo pois, o referido termo corresponder ao diamante (Bosch & Mones 1978).

Na Índia, onde o diamante foi descoberto e de onde deve ter procedido qualquer pedra que tenha chegado às mãos de antigos soberanos ou sacerdotes, ele era tratado como "a jóia por excelência". Através de manuscritos antigos como o *Artha Sastra* de Kautilya (século IV A.C.), sabe-se que o comércio de diamantes e pedras preciosas era uma atividade intensa e sujeita a taxas regulares na época. O tratado de Kautilya constitui, até o presente, o mais antigo e preciso documento sobre o conhecimento do diamante na antiguidade. De acordo com o mesmo, a jóia "por excelência" devia possuir "seis vértices, oito lados iguais e muitos planos, doze arestas retas e afiadas, clareza, transparência, fulgor e deveria iluminar o espaço com as cores do arco iris. Essa descrição corresponde de forma bastante precisa a de um octaedro de diamante.

No século IV A.C. Alexandre Magno estendeu o Império grego até o Oriente, chegando a fazer incursões sobre a Índia. É provável que nessa ocasião seus homens tenham tido o conhecimento do diamante, que entretanto, não se popularizou entre os gregos.

É difícil precisar como o diamante chegou ao conhecimento dos romanos, se através dos gregos (mas entre estes o diamante não se popularizou), ou se através de incursões dos próprios romanos em portos do leste e sul do Mediterrâneo, onde entraram em contato com tribos de comerciantes nômades. Para todos os efeitos, existem registros de que no século II A.C. os romanos já utilizavam o diamante como pedra ou instrumento

e gravação, em substituição ao coríndon. Desta forma, sua difusão pelo Ocidente e o reconhecimento de suas qualidades de dureza, deram ensejo a associação definitiva do vocábulo *adamas* ao referido mineral. Contudo, é somente no primeiro século da Era Cristã, na monumental obra de História Natural de Plínio o Velho, que o diamante aparece com identidade própria e em posição de destaque com relação às demais pedras preciosas (Lenzen 1980).

7.1.1 - O comércio de diamantes na antiguidade

Existem poucas informações sobre o comércio de diamantes na antiguidade. As fontes são escassas e há longos períodos da história sem qualquer tipo de informação.

Os registros dos lapidários hindus (séculos IV A.C. a VI D.C.) revelam que os principais centros de comercialização do diamante situavam-se no golfo de Cambay, na costa de Kalinga e na planície do Ganges, considerando a especial situação do rio Ganges, alguns historiadores conjecturam sobre a existência de uma primitiva rota comercial com o oeste, através do Punjab (norte da Índia). Já a existência de uma rota comercial marítima é sugerida por um documento anônimo do século I, o *Périplo do Mar Erytreo*, o qual aponta dois portos marítimos famosos pelo comércio de diamantes, situados no sudoeste da Índia, em local correspondente às atuais cidades de Nileshtar e Baccare (Lenzen 1980).

No decorrer do século III, os chineses estabeleceram comércio com os hindus, tomando conhecimento do diamante. Uma observação sobre esse mineral aparece no *Inventário das Curiosidades das Províncias do Sul* no Nan Chou-i Wu-ki (270 D.C.) Também em manuscritos chineses do século V o diamante é citado como proveniente do Leste (Império Bizantino), denunciando já grande movimentação comercial da gema.

Entre o século VI e o século XIII não existem registros sobre o comércio de diamantes. Acredita-se que por essa época apenas pequena parte dos diamantes produzidos na Índia chegaram até a Europa. Os árabes e os persas que detinham o mo

nopólio do transporte por caravanas ao longo da rota para o ocidente, deixavam com os soberanos dos locais por onde passavam, as melhores pedras que eram comercializadas.. No início do século XIII, com o término da Quarta Cruzada, o estado independente de Veneza restabelece contato com o oriente através de portos árabes no mediterrâneo. Veneza passa a controlar o comércio e a distribuição do diamante na Europa, mantendo essa posição por mais de dois séculos, até a descoberta do caminho marítimo para as Índias, por Vasco da Gama em 1498 (Lenzen 1980).

7.1.2 - A indústria de lapidação

Até o início do século XIV o diamante era conhecido na Europa apenas na forma bruta. A raridade da gema, a crença de que, com sua quebra eram perdidas as qualidades mágicas a ele atribuídas e, principalmente, as dificuldades materiais da época, contribuíram para a manutenção desse estado de conhecimento. Entretanto, a técnica de clivagem já era conhecida pelos hindus e mesmo os romanos conheciam formas primitivas de polimento do diamante.

Os numerosos autores que, com todo o rigor histórico, tentaram estabelecer as origens dos métodos de polimentos e lapidação do diamante, são unânimes em considerar que o primeiro disco para polimento surgiu em Veneza no ano de 1330 (Bosch & Mones 1978). Já a figura de Lois de Berquen (Lodewijk Van Berquen), a quem muitos atribuem a invenção do método de corte e lapidação do diamante (1476), parece nunca ter existido e a história soa como lenda inventada por um joalheiro originário de Bruges, com a intenção de promover o nome de sua família no meio comercial diamantário da época. De qualquer forma o estudo da evolução das formas de lapidação do diamante permite concluir que no início do século XV a técnica de desbastar o diamante já era conhecida dos principais centros europeus de lapidação.

Durante os séculos XV e XVI figuram como centros lapidadores de importância econômica Paris (1447), Amêres (1482)

e Lyon (1479), além de Antuérpia e Frankfurt, que até o início do século XVII disputaram a primazia de principal centro europeu de lapidação. Em 1631 Frankfurt contava com 51 lapidadores registrados enquanto Antuérpia possuía 164. Entretanto as guerras e perseguições religiosas que se instalavam na Europa, forçou a emigração de muitos especialistas e negociantes de diamantes daquelas cidades, para Amsterdã, surgindo assim um novo centro muito forte de comércio e lapidação.

Em vista do crescimento da indústria de lapidação em Amsterdã, os holandeses tentaram conseguir suprimento próprio de diamantes brutos, cujo monopólio era exercido por Lisboa. Através da Companhia Holandesa das Índias Orientais, tentaram infrutíferamente em 1608 a ilha de Bornéu, cuja pequena produção era destinada à China. Em 1615 tentaram também sem sucesso a costa de Coromandel, no sudeste da Índia, entrando aí em disputa com os portugueses até meados desse mesmo século (Lenzen 1980).

A partir de então os interesses de Portugal na Índia diminuem e os holandeses exercem um breve monopólio do comércio de diamantes (1650-1670). No final do século XVIII a Inglaterra se impõe como potência marítima dominando, entre outros, o mercado de diamantes. Como resultado, Londres rapidamente adquire a posição de principal centro europeu de comércio de diamantes.

Com a descoberta do diamante no Brasil, no início do século XVIII, grandes quantidades de pedras começaram a chegar à Europa, fazendo com que seu preço caísse em 25%. Lisboa volta a liderar o mercado de pedras brutas, acompanhada por Londres, que se beneficia das estreitas relações comerciais com Portugal. A queda no preço do diamante bruto, contudo não influenciou o da pedra lapidada, indicando já a existência de uma forte estrutura no controle do preço do diamante trabalhado.

Novo impacto nesse mercado ocorre após a descoberta do diamante na Bahia (1844-1845), estimando-se que entre 1851 e 1856 chegaram à Europa de 150 a 250.000 quilates/ano de pedras brutas. Os preços das pedras lapidadas são, contudo, man

tidos estáveis graças ao controle dos lapidários de Londres e de Antuérpia.

No final do século XIX e início do Século XX, com a descoberta dos grandes campos diamantíferos da África do Sul, a história do comércio e uso do diamante assume novos rumos. Londres se consolida no monopólio do comércio de pedra bruta, o diamante passa a ter uma aplicação industrial intensa e surgem padronizações e especificações rígidas, tornando o comércio desse mineral um dos mais organizados que se conhece.

7.2 - Produção atual de diamantes

Qualquer tentativa de se montar uma tabela precisa da produção global de diamantes esbarra em duas grandes dificuldades. Em primeiro lugar, talvez por razões estratégicas, muitos países tem deixado de apresentar seus dados de produção, ou então publicam-nos apenas algum tempo após o término do período a que se referem. A outra dificuldade reside no fato de ser praticamente impossível estimar-se a quantidade de diamante minerado clandestinamente. Como exemplos extremos podemos mencionar o caso da União Soviética, cujas estatísticas só raramente são publicadas, e o Brasil, onde mesmo as publicações oficiais apresentam dados tão discrepantes de um ano para outro, que sugerem a falta de controle da realidade mineira do País.

A fonte mais confiável e amplamente utilizada por aqueles que se dedicam a economia mineral, é o *Minerals Year Book*, publicado pelo Bureau of Mines (U.S. Dept. of the Interior). De acordo com essa publicação a produção mundial de diamantes naturais em 1986 situou-se em torno de 91 milhões de quilates, cabendo ao continente africano 54% daquele montante.

A Tabela 29 apresenta uma série histórica de dez anos da produção mundial de diamantes (1977-1986), onde se observa um crescimento acentuado nos últimos cinco anos. O grande incremento observado em 1986 (+ 40%) deve-se ao início operacional das grandes jazidas recém descobertas no noroeste

TABELA 25 — CARACTERIZAÇÃO DA MORFOLOGIA DO DIAMANTE DA REGIÃO DE TELÊMACO BORBA-TIBAJI

FORMA / HÁBITO	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	TOTAL	%
1 - Rombododecaédro	151	109	17	317	62,1
2 - Octa-rombododecaédro	54	26	5	85	16,6
3 - Octaedro	23	19	2	44	8,6
4 - Fragmentos	07	18	1	26	5,1
5 - Irregular	08	11	-	19	3,7
6 - Geminado	03	09	-	12	2,3
7 - Agregado	04	01	-	05	1,0
8 - Outros	01	01	-	02	0,4
TOTAL	291	194	25	510	99,8

TABELA 26 — CARACTERIZAÇÃO DA COR DO DIAMANTE DA REGIÃO DE TELÊMACO BORBA - TIBAJI

COR	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	TOTAL	%
Incolor a cor perceptível	130	115	21	266	52,2
Castanho claro	106	47	2	155	30,4
Castanho escuro	45	23	-	68	13,3
Amarelo	06	06	2	14	2,7
Verde	04	03	-	07	1,3
TOTAL	291	194	25	510	99,9

Procedência das amostras:

Lotes 1 e 2 — Diversos garimpos de Telêmaco Borba e Ortigueira, PR

Lote 3 — Garimpo do rio Santa Rosa, Tibaji, PR

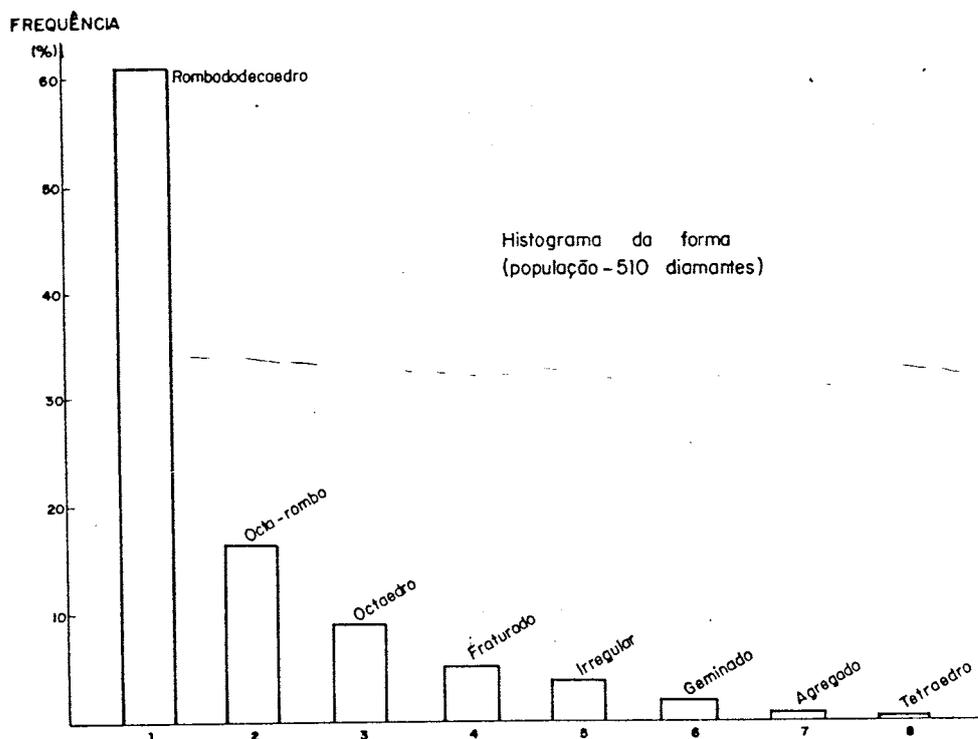


FIGURA 31 — Histogramas das formas do diamante da região de Telêmaco Borba e Tibaji observado em um lote de 510 pedras.

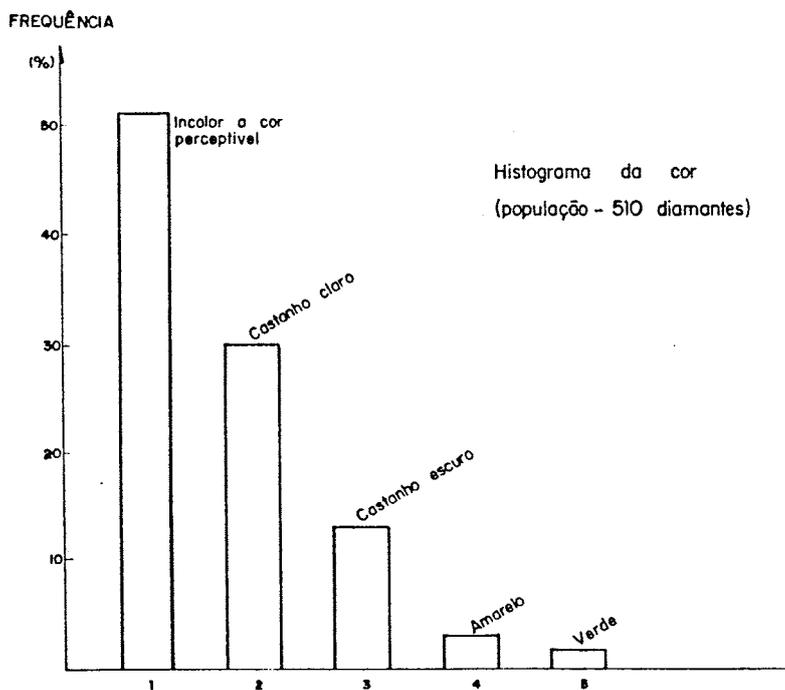


FIGURA 32 — Histograma da cor do diamante da região de Telêmaco Borba e Tibaji observado em um lote de 510 pedras.

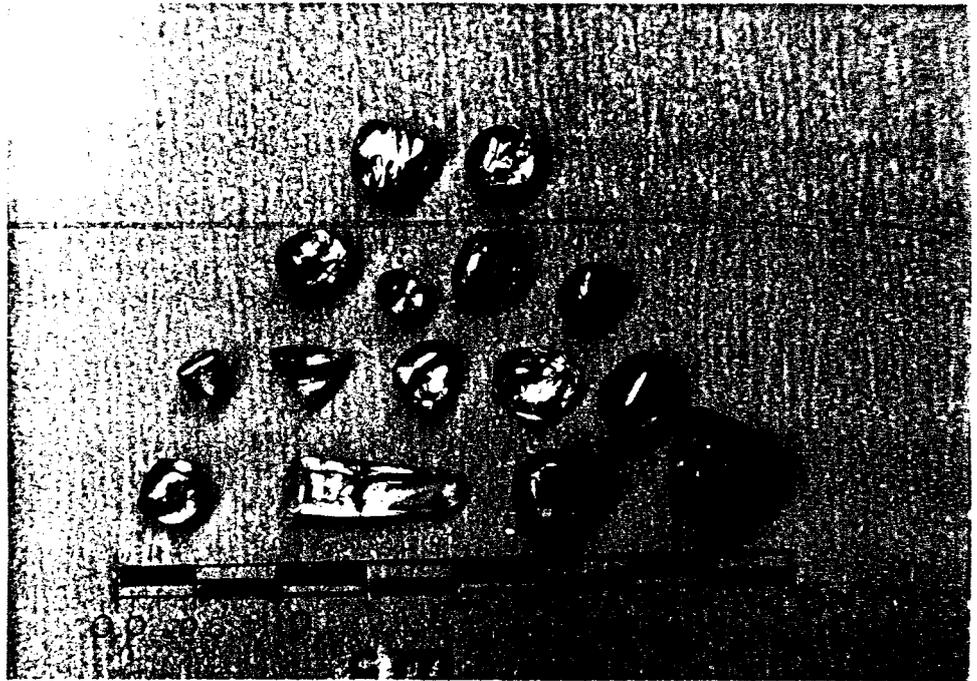


FOTO 31 — Diamantes da região de Telêmaco Borba, PR. Observa-se grande variedade de formas e cor, destacando-se no canto inferior direito um carbonado com 1,10ct.

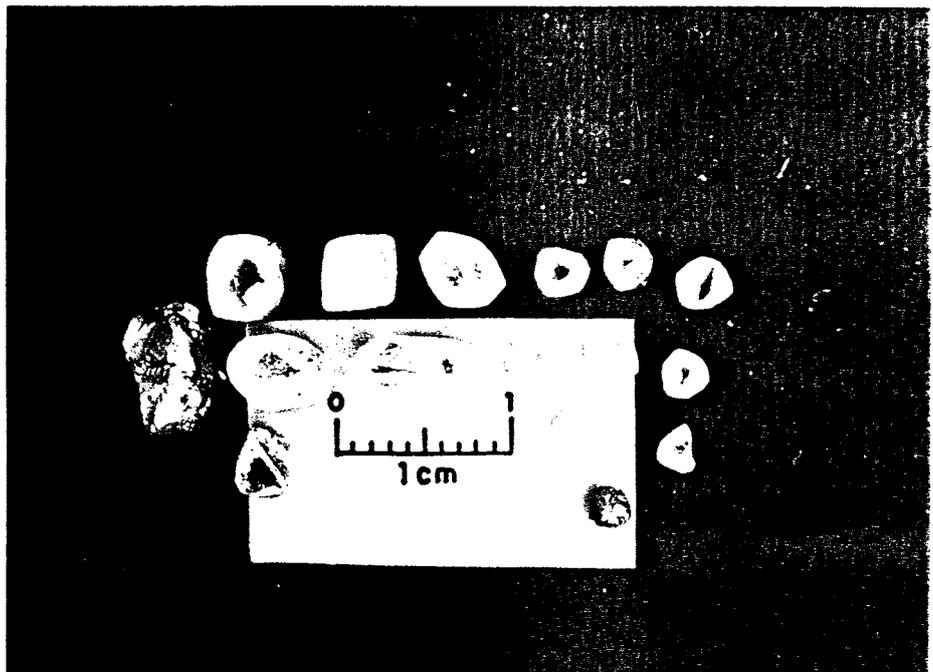


FOTO 32 — Diamantes da região de Telêmaco Borba, PR. Observa-se grande variedade de formas e de cores, incluindo um diamante esverdeado e outro amarelo canário. No canto esquerdo destaca-se um agregado policristalino com 1,50 ct. O diamante de hábito cúbico (segundo exemplar da esquerda para direita, ao alto) é procedente do triângulo mineiro e apresenta feições bem distintas do diamante da região estudada.

Com relação específica ao garimpo do Atamon, os dados relativos à morfologia e cor dos diamantes encontram-se nas tabelas 27 e 28, enquanto que sua representação gráfica através dos histogramas de frequência encontram-se nas figuras 33 e 34.

No que se refere ao tamanho médio do diamante dessa região, observa-se a predominância de pedras de pequenas dimensões, conforme constatado através da pesagem individual de 219 diamantes procedentes de garimpos diversos. A Figura 35 mostra a curva de distribuição de peso obtida com base naquela pesagem, destacando-se que a mesma não apresenta uma distribuição normal. Esse comportamento pode ser explicado tanto por se tratar de pedras provenientes de diferentes locais como também pelo fato de que muitos lotes estudados são constituídos por pedras já escolhidas, descaracterizando assim o padrão normal de distribuição.

TABELA 27 — CARACTERIZAÇÃO DA MORFOLOGIA DO DIAMANTE DO GARIMPO DO ATAMON, TELÊMACO BORBA, PR.

HÁBITO	NÚMERO DE PEDRAS	PORCENTAGEM
Rombododecaédrico	1.033	60,76
Octa-rombododecaédrico	270	15,88
Irregular	209	12,29
Fragmentados	100	5,88
Octaédricos	52	3,06
Cúbico-piramidado	22	1,29
Geminado	10	0,59
Agregados	4	0,06
TOTAL	1.700	99,99

TABELA 28 — CARACTERIZAÇÃO DA COR DO DIAMANTE DO GARIMPO DO ATAMON, TELÊMACO BORBA, PR.

COR	NÚMERO DE PEDRAS	PORCENTAGEM
Incolor a cor perceptível	930	57,94
Castanho claro	345	21,50
Castanho escuro	138	8,60
Amarelo	122	7,60
Verde	70	4,36
TOTAL	1.605	100,00

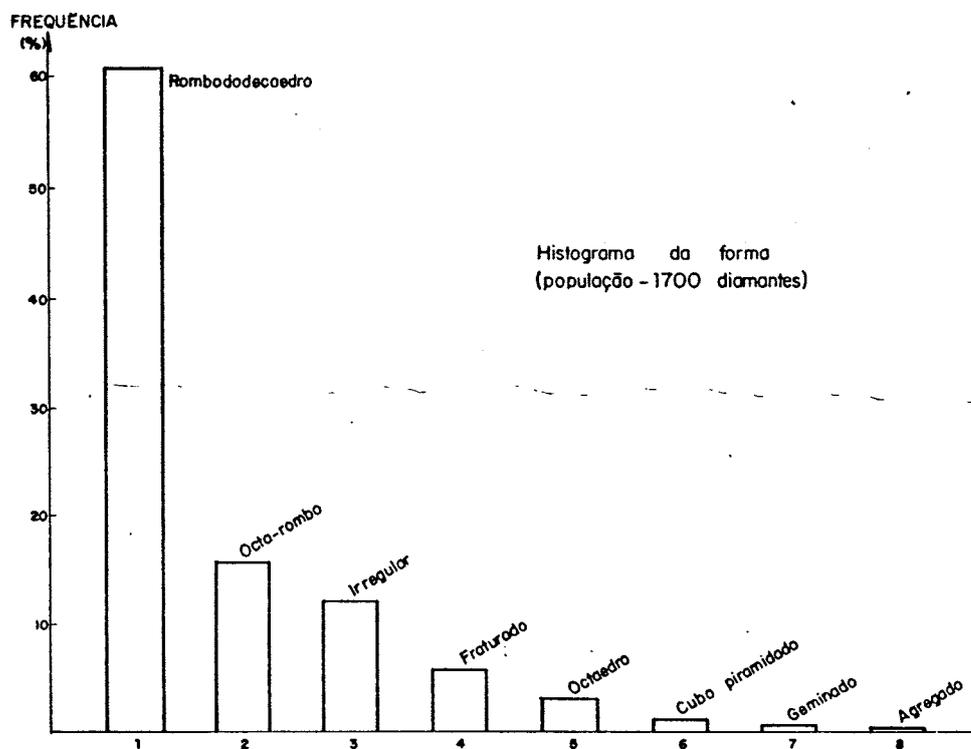


FIGURA 33 — Histograma das formas do diamante do garimpo do Atamon, observado em um lote de 1700 pedras.

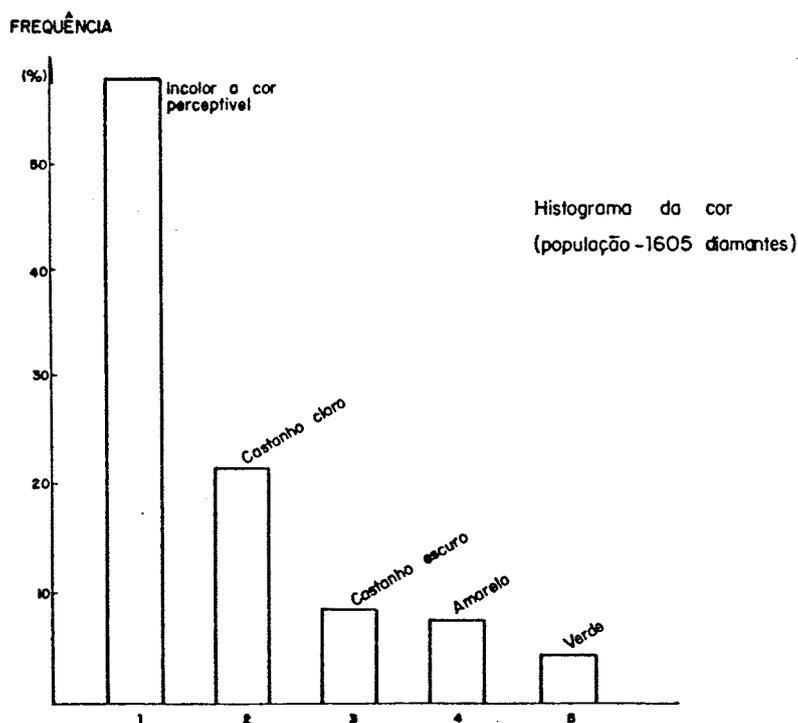


FIGURA 34 — Histograma das cores do diamante do garimpo do Atamon, observado em um lote de 1605 diamantes.

TABELA 29 -- PRODUÇÃO MUNDIAL DE DIAMANTES NATURAIS NO PERÍODO 1977 - 1986 (x 1000ct)

PAISES	1.977	1.978	1.979	1.980	1.981	1.982	1.983	1.984	1.985	1.986
África do Sul	7.643	7.727	8.384	8.520	9.526	9.154	10.311	10.134	10.202	10.300
Demais países africanos	20.359	19.858	18.876	21.232	18.706	18.158	26.348	34.814	35.812	39.685
Países Asiáticos	10.333	10.581	10.731	12.679	12.531	11.628	11.714	11.742	11.843	11.843
Austrália	-	-	-	48	205	457	6.200	5.692	7.070	29.211
Países Sul-Americanos	704	837	819	731	500	504	289	286	226	244
Brasil	620	620	620	667	1.089	530	530	750	450	550
TOTAL	39.659	39.623	39.430	43.877	42.557	40.431	55.392	63.427	65.603	91.833

OBS.: Produção 1977 - 1980 (Minerals Year Book 1981)

Produção 1980 - 1983 (Minerals Year Book 1983)

Produção 1983 - 1986 (Minerals Year Book 1986)

da Austrália, que colocaram esse país como primeiro produtor individual do mundo.

Na Figura 36 encontra-se representada a curva da produção mundial de diamantes, com dados comparativos da Austrália e do Brasil. É destacável no referido gráfico, a insignificância da produção brasileira no contexto mundial da produção de diamantes.

7.3 - Comércio e consumo atuais

A base da atual estrutura do comércio de diamantes surgiu em 1930 com a criação da *Diamond Corporation*. Essa corporação, organizada e controlada por empresas de mineração do Grupo De Beers, visava controlar a produção das minas sul africanas e eventualmente comprar o excedente da produção, com a finalidade de manter uma estabilidade de preços e de mercado. O notável crescimento dessa organização e a associação subsequente de novas empresas produtores e de comércio de diamantes favoreceu a estruturação subsequente da *Diamond Pro*ducers Association, a *Diamond Trade* e outras, hoje subordinadas a um sistema maior conhecido como *Central Selling Orga*nization (CSO).

Até 1980 a CSO controlava de 80 a 85% da produção mundial de diamantes brutos, a qual, após uma rigorosa classificção de acordo com tamanho, forma, cor, inclusões e outras especificações técnicas é estocada ou colocada no mercado através de suas empresas associadas. Os diamantes gemolôgicos, classificados em mais de duas mil categorias são comercializados através da *Diamond Purchasing and Trading Company* enquanto que os diamantes destinados a uso industrial são comercializados através da Divisão de Diamantes Industriais da De Beers.

7.3.1 - Diamantes gemolôgicos

O diamante de qualidade gemológica representa uma parcela significativa no comércio mundial de diamantes pois ainda que produzido em quantidades inferiores ao dimante industrial, seu preço final após lapidado, chega em média a ser

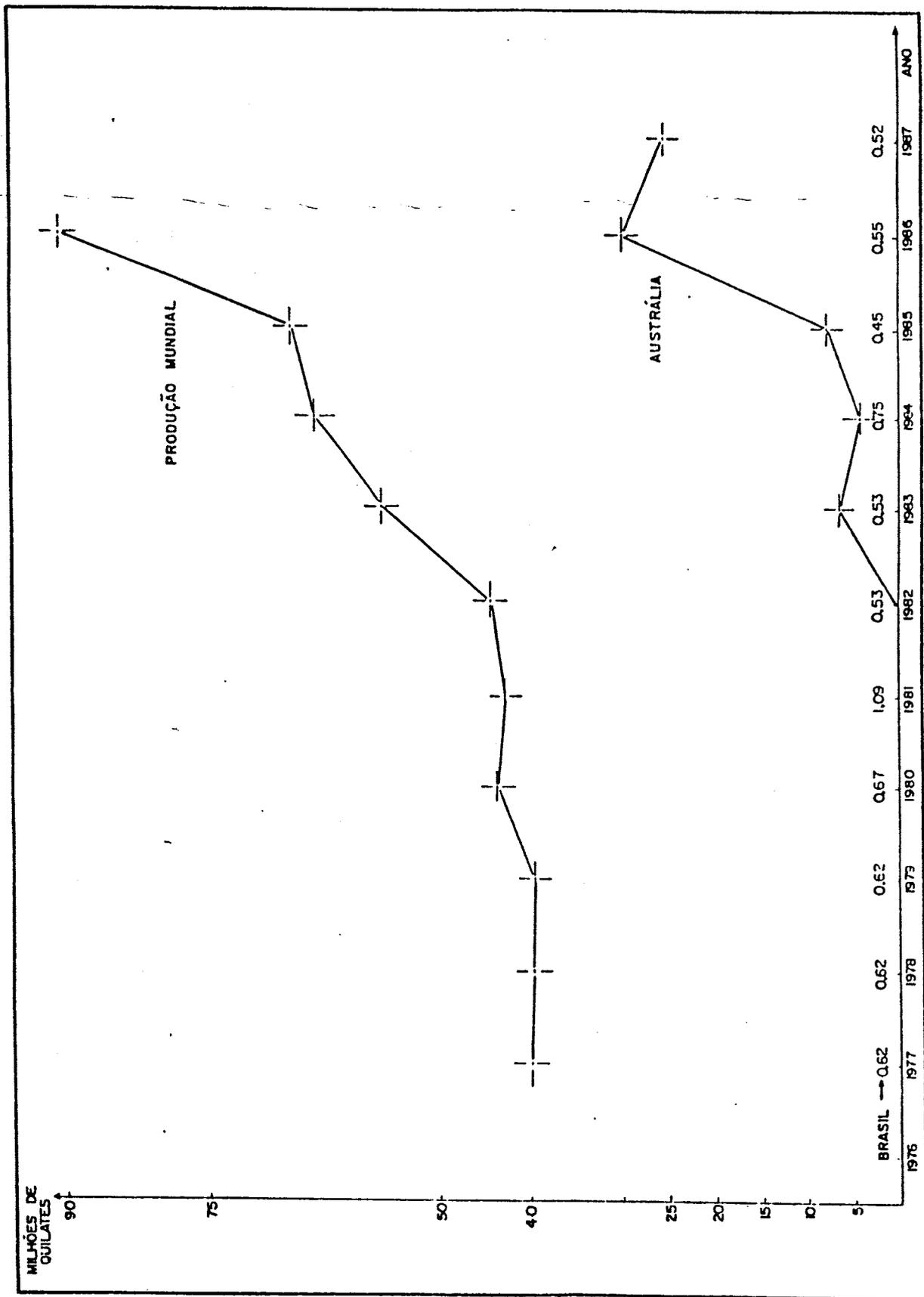


FIGURA 36 — Evolução da produção mundial de diamantes naturais, no período 1976 - 1986 (em milhões de quilates). A Austrália, que até 1980 não figurava nas estatísticas dos países produtores de diamantes, é hoje o maior produtor individual. A produção brasileira oscila entre meio e um milhão de quilates/ano, não sendo representada na escala da figura. Fonte: Minerals Year Book.

20 vezes superior ao preço do diamante industrial (Lenzen 1980). Atualmente, o comércio mundial de diamantes lapidados está centralizado nas cidades de Antuérpia, Tel-Aviv e Bombay, observando-se ainda o surgimento de outros centros de importância crescente.

A cidade de Antuérpia é o maior centro de lapidação da Europa, produzindo cerca de 70% do diamante lapidado no mundo e possuindo quatro bolsas para o comércio de diamantes. O fomento para o desenvolvimento da indústria de lapidação, o controle e o estabelecimento de padrões é exercido pela ADB (Antwerpfe Diamant Bewerkersbond).

Tel-Aviv surgiu após a Segunda Guerra Mundial, com a migração de especialistas e artesãos judeus para o recém criado Estado de Israel. Tel-Aviv vem se impondo no mercado de pedras lapidadas, por ter introduzido a produção padronizada em série, o que barateia a montagem final de jóias em escala industrial. Possui duas bolsas para comércio de gemas, a Diamond Exchange (1968) e a Etgar (1975), duas publicações especializadas bimensais, o *Yahalon eo Israel Diamonds*. Em 1976 foi criado o Instituto Gemológico, com funções de pesquisar novos mercados de gemas, fomentar a indústria interna e fornecer certificado de gemas.

Bombay é o terceiro centro de importância após Antuérpia e Tel-Aviv. A indústria de lapidação de Bombay desenvolveu-se graças ao menor custo da mão de obra, comparada à da Europa e Israel, sendo ainda caracterizado por lapidar diamantes de baixa qualidade provenientes do próprio País e do exterior. Possui uma bolsa para comércio de diamantes.

Outros centros de importância emergente são Nova Iorque, a qual vem especializando-se na lapidação de pedras grandes, e Idar-Oberstein, que também está introduzindo linhas de lapidação em série. Entre os centros estagnados ou em decadência, encontram-se Londres e Amsterdã. Em termos de consumo de diamantes lapidados o maior mercado são os Estados Unidos (52%), seguidos do Japão (22%) e Alemanha Ocidental (7%).

7.3.2 - Diamantes industriais

Até a década de 1960, o corte de vidro foi a mais importante aplicação industrial do diamante não obstante ter surgido em 1819, na Inglaterra, o primeiro registro de patente para sua utilização em fiadeiras (Chandler 1964). A sondagem com brocas diamantadas foi desenvolvida entre 1862 a 1864, durante a perfuração do tunel sob o Monte Cenis, nos Alpes e na mesma época verificou-se a possibilidade de construir ferramentas diamantadas para corte e polimento de metais.

Os primeiros usos industriais do diamante foram muito limitados pelo alto custo da matéria prima, de modo que foi somente após a descoberta dos grandes depósitos de diamante da África do Sul, na década de 1870, que a Europa e os Estados Unidos puderam dispor de quantidades suficientes de diamantes, a baixo custo, para o desenvolvimento desse ramo industrial.

Em princípio todo o diamante serve para a indústria, não existindo uma definição rígida de quando um diamante deixa de ter qualidade gemológica e passa a ser classificado como industrial. Entretanto, o bort, o carbonado e o diamante balla nunca apresentam valor como gema.

Os Estados Unidos são, de longe, o maior consumidor de diamantes industriais, tendo esse consumo atingido em 1979 o montante de 37,9 milhões de quilates (Baskin 1980). Os principais setores responsáveis por essa demanda são o de equipamentos de transporte, ferramentaria, abrasivos, mineração e a indústria de construção.

A utilização do diamante pelos diversos setores industriais é feita de forma a tirar melhor proveito de suas características naturais. Para coroas de sondagem, por exemplo, são recomendados diamantes com forma arredondadas rombóide - caédricas ou octaédricas, porque suportam maior pressão. Para ferramentas de corte e fresadeiras são desejáveis diamantes com arestas afiadas e com pontas agudas sendo preferido o diamante de hábito octaédrico de faces planas. Para fiadeiras

são exigidos diamantes claros, que permitem a inspeção visual do interior da pedra. O bort, o carbonato e as ballas são utilizadas principalmente como abrasivos, moídos ou na forma de pó.

7.4 - Produção brasileira de diamantes -

Uma das principais características do setor mineral brasileiro, especialmente daqueles bens minerais cuja produção está pulverizada através de um grande número de produtores, são as oscilações apresentadas ano a ano nos itens referentes a produção, comercialização e consumo desses mesmos bens. Esse aspecto pode ser observado tanto entre as substâncias minerais de baixo valor unitário, como areias, argilas e outros minerais industriais, como também entre aquelas de alto valor unitário, como o ouro, as pedras coradas e o diamante.

No caso específico do diamante, ouro e pedras preciosas, contribui para essa situação a estrutura produtiva dos garimpos, em grande parte exercida ilegalmente e sem o mínimo amparo técnico, onde se explicam as bruscas quedas de produção ou então o desvio da mesma através de um comércio clandestino.

Dessa forma a montagem de quadros estatísticos de produção, bem como a elaboração de análises mais profundas sobre a nossa real potencialidade e disponibilidade para comércio, esbarram invariavelmente em valores de grande oscilação e de pouca consistência. Na Tabela 30 estão relacionados os principais itens que integram o conhecimento oficial das reservas, produção e comercialização do diamante no Brasil, constituindo uma série histórica dos últimos dez anos de dados disponíveis. A análise desses dados mostra que para a maioria dos itens considerados não existe um padrão de comportamento regular. Com relação as reservas, por exemplo, não se observa uma relação lógica entre as variações anuais indicadas de minério bruto e diamante contido. Raciocínio similar pode ser aplicado para os itens referentes a títulos em vigor e número de minas em atividade cujas variações parecem antes indicar

TABELA 30 — DADOS RELATIVOS A RESERVAS, PRODUÇÃO E COMÉRCIO DE DIAMANTES NO BRASIL.

ÍTEM ANO	RESERVAS		PRODUÇÃO x 1000ct	TÍTULOS EM VIGOR	MINAS EM ATIVIDADE	COMÉRCIO (x US\$ 1.000)	
	BRUTO x 1000m ³	CONTIDO x 1000ct				EXPORTAÇÃO	IMPORTAÇÃO
1977	270.741	2.744	64,64	33	21	596	4.259
1978	73.761	980	85,80	28	20	4.412	5.203
1979	40.029	1.653	83,17	29	19	1.051	4.924
1980	67.613	650	158,20	34	13	2.082	7.115
1981	49.561	1.310	135,94	20	23	6.182	4.671
1982	134.369	2.847	212,04	39	20	2.002	3.562
1983	172.977	3.505	120,06	38	16	234	4.393
1984	174.593	4.598	122,83	30	16	9.081	3.505
1985	416.936	7.550	349,53	41	15	541	4.398
1986	443.342	8.759	389,28	33	17	13.746	5.626

obs.: 1) A partir de 1980, os dados de produção incluem a produção dos garimpos.

2) Os dados de exportação abrangem diamantes gema e indústria.

3) Os dados de importação referem-se aos tipos indústria e pó.

dificuldades técnicas no tratamento e recuperação das informações do que uma real oscilação das atividades minerárias. Esse fato pode ser documentado na região de Telêmaco Borba, em 1986, onde um único garimpo (Atamon) produziu 1.600 quilates de diamante. Entretanto, segundos dados oficiais do DNPM, todo o estado produziu nesse mesmo ano apenas 737 quilates de diamante. Levando em conta que esse fato foi observado em uma região produtiva de fácil acesso, imagina-se quão deficiente devem ser as informações referentes a produção em áreas de mais difícil acesso.

Com relação ao comércio, a Tabela 30 mostra claramente oscilações consideráveis em relação ao valores de exportação. Torna-se difícil fazer qualquer interpretação dessas flutuações, que em certos casos variam até 10 vezes como de 1982 para 1983. No caso seguinte o valor, inexplicavelmente, sobe 40 vezes. Com relação as importações, observam-se valores constantes indicando estabilidade da nossa demanda interna.

8 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A ORIGEM DO DIAMANTE DO TIBAJI

As ocorrências diamantíferas da região sul de São Paulo e nordeste paranaense são até o momento as mais meridionais do continente sul americano. Entretanto, apesar de se situarem numa região economicamente bem desenvolvida, pouco tem sido registrado a respeito do diamante dessa área, sobre a produção dos garimpos e o achado de pedras de grande porte.

Esse diamante vem sendo explorado de modo intermitente desde meados do século passado, geralmente através de garimpos isolados ou empresas de pequeno porte, ocorrendo períodos de maior ou menor atividade exploratória. Dentro desse contexto a principal fase exploratória ocorreu na década de 1930, época em que surgiram algumas referências sobre os garimpos da região (Oppenheim 1936, Bastos 1936, Pacheco 1927). Atualmente ainda existem garimpos esparsos em toda a área, sem exibirem, contudo, o potencial de outros centros produtores como Minas Gerais, Mato Grosso e Bahia, principalmente.

A origem desse diamante tem sido motivo de controvérsia ao longo dos tempos. Um dos primeiros pesquisadores a discutir o assunto foi Oppenheim (1936) que, influenciado pelas idéias filosóficas de Guimarães (1932) a respeito do diamante da região de Diamantina (MG), relacionou a origem do diamante do Tibaji à rochas ácidas localizadas a leste da região.

Outra linha de trabalho, voltada ao estudo das inclusões em diamantes, mostrou que os minerais associados ao diamante do Tibaji, olivina (forsterita), granada (piropo) e o próprio diamante (Svisero 1979a), são os mesmos descritos na África e na Sibéria para os diamantes procedentes de kimberlitos, afastando, pois a possibilidade de sua associação com rochas ácidas.

O principal problema, entretanto, não consiste em saber em que tipo de rocha o diamante tenha se formado, mas sim em determinar o posicionamento geográfico e temporal das fontes primárias, responsáveis por sua dispersão na região. A inexistência de trabalhos sistemáticos de prospecção explica

o grau de desconhecimento dessa província, fato aliás estendi do às demais áreas diamantíferas brasileiras.

No decorrer deste trabalho procuramos coligir o maior número possível de dados que pudessem contribuir para o conhecimento geológico dessas ocorrências, não nos esquecendo contudo que a extensão da área, a limitação do apoio logístico e a falta de experiência nesse tipo de levantamento seriam fatores adversos ao desenvolvimento dessa atividade.

Nos itens seguintes serão destacados os principais aspectos observados no decorrer dos trabalhos de campo e de laboratório e que apresentam importância para o equacionamento fundamental da questão, ou seja, o de posicionamento das fontes primárias e a potencialidade dos depósitos diamantíferos da região.

8.1 - Distribuição geográfica

Conforme observado nos capítulos anteriores, as ocorrências diamantíferas ora consideradas distribuem-se desde a região de Itararé no sul de São Paulo até a localidade de Porto Amazonas, no Paraná, apresentando uma disposição em forma de arco, passando pela localidade de Tibaji. Nessa região são diamantíferos, em pelo menos parte de seus cursos, os rios Verde, Itararé, Jaguariaíva e Jaguaricatu (bacia do rio Itararé), rio das Cinzas, do Café e Arrozal (bacia do rio das Cinzas), rios Preto e Laranjinha (bacia do rio Laranjinha ou do Peixe), rios Imbaú, Conceição, Santa Rosa, Fortaleza e Tibaji (bacia do rio Tibaji), além dos afluentes menores desses rios, onde foram coletadas as amostras de concentrados analisados nesse trabalho (Figura 2). As ocorrências de Porto Amazonas, no rio Iguaçu e os eventuais achados de diamante nos altos cursos dos rios Ribeira e Açungui, citados na bibliografia (Oppenheim 1936), são aqui lembrados apenas como complemento à formação de uma idéia da distribuição geográfica do mineral, não tendo sido objeto de investigação pormenorizada na presente pesquisa.

Apesar dessas ocorrências apresentarem uma distri

buição ampla com pontos extremos distanciados até 200 km na direção NE-SW e cerca de 70 km na direção NW-SE, seu espalhamento não é aleatório. Antes, mostram controles estruturais e estratigráficos de grande importância na montagem de um quadro evolutivo da gênese desses depósitos e da localização das possíveis fontes primárias.

8.2 - Situação atual dos garimpos

No capítulo 4 discutimos de forma pormenorizada a natureza, distribuição e extensão dos garimpos do Tibaji. Vimos que o diamante é garimpado em cascalheiras do leito ativo, placeres e monções, sendo que variam muito quanto ao potencial. Alguns garimpos são tocados isoladamente, com recursos precários e número reduzido de pessoal, sendo em sua maioria, empreendimentos esporádicos, como os garimpos de Itoupava, no rio Verde e os do Salto Aparado e do Conceição, no leito ativo do Tibaji. Outros garimpos como o do Atamon e o do Marcola (Telêmaco Borba), possuem já alguma infraestrutura montada no local e trabalham o ano todo independente de condições climáticas desfavoráveis. Parte dos dados referentes ao diamante são provenientes da produção desses garimpos.

É possível que exista alguma relação entre a efemeridade dos garimpos e a origem do diamante e, nesse caso, a falta de produção contínua seja um reflexo de que as fontes primárias sejam antigas, até pré-Cambrianas e que o diamante esteja sendo liberado agora de camadas sedimentares da bacia.

Em 1984 a CPRM iniciou um trabalho específico visando avaliar o potencial de algumas ocorrências da região como a da Ilha dos Cavalos (Ortigueira), do Pedra Grossa (Telêmaco Borba), do Angelino (Tibaji) e a do Miranda (rio Laranjinha). Trabalho similar foi realizado concomitantemente pela Mineropar, nas ocorrências do Atamon (Telêmaco Borba) e do Barra Grande (Ortigueira). Infelizmente, em vista dos baixos teores obtidos essas duas empresas anteciparam a finalização dos trabalhos, sem terem aprofundado em análises mais específicas a respeito dos minerais pesados e do próprio diamante.

8.3 - Significado dos minerais pesados

Tradicionalmente, os minerais pesados desempenham um papel importante na prospecção e pesquisa do diamante e ou tras gemas, seja como indicativos de que determinado depósito tenha sido submetido a processo de retrabalhamento e concentração de minerais, seja com indicativos da maior ou menor proximidade das fontes primárias responsáveis pela liberação dos constituintes de interesse econômico.

No âmbito da presente pesquisa, a análise dos concentrados de bateia teve como finalidade principal tentar identificar, na assembléia dos pesados, a existência de guias prospectivos de kimberlitos. Assim sendo, mereceram atenção especial no decorrer dos trabalhos os minerais granada, ilmenita e a cromita os quais foram alvo de análises químicas quantitativas detalhadas.

Granada: as granadas constituem um grupo de minerais comuns a uma grande variedade de tipos de rochas, geralmente de natureza metamórfica, mas comportando também termos característicos de rochas ígneas ultrabásicas como o piropo ($Mg_3Al_2Si_3O_{12}$), de presença marcante em rochas kimberlíticas. Nessas rochas o piropo admite solução sólida com a molécula knorringita ($Mg_3Cr_2Si_3O_{12}$), apresentando-se dessa forma enriquecido em crômio. Outras moléculas, como a almandina ($Fe_3Al_2Si_3O_{12}$), grossulária ($Ca_3Al_2Si_3O_{12}$) e uvarovita ($Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$) podem também estar presentes em proporções variadas, permitindo o estabelecimento de um grande número de paragéneses para o mineral.

A Figura 37 é um diagrama ternário que mostra a variação composicional dos elementos principais Fe, Ca e Mg de granadas de diversas parageneses kimberlíticas, incluindo xenólitos de eclogitos (Reid et al 1976), xenólitos de peridotitos diversos (Boyd e Nixon 1975), xenocristais ou megacristais isolados (Mitchell 1986) e inclusões em diamantes (Meyer 1987), juntamente com o campo composicional das granadas da região do Tibaji. Verifica-se através do diagrama que as granadas estudadas possuem composição muito distinta daqueles de paragéneses kimberlítica, indicando as

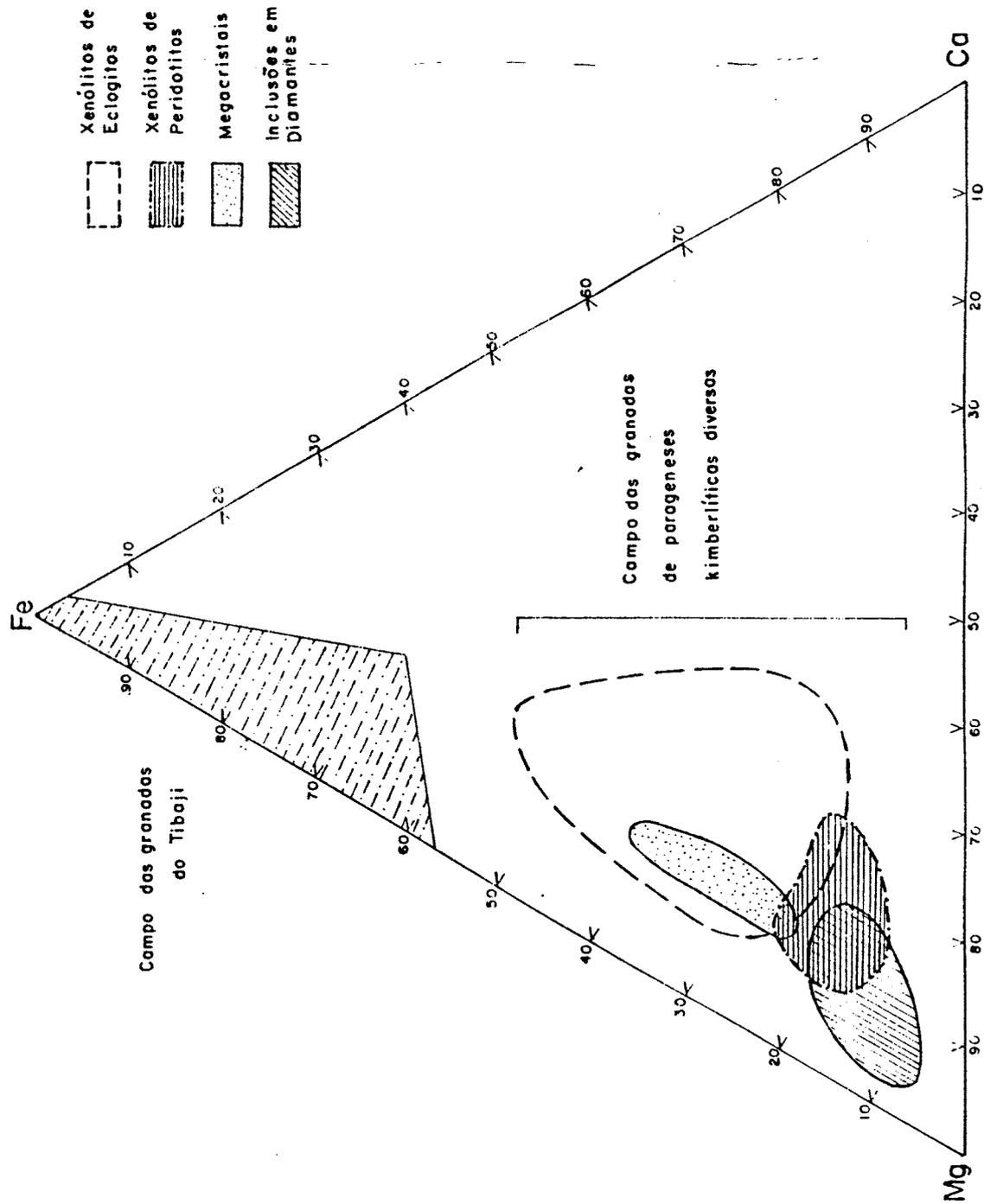


FIGURA 37 — Diagrama comparando os campos composicionais das granadas do Tibaji, com granadas de parageneses kimberlíticas diversas. Observa-se que o material estudado situa-se fora do campo das granadas da paragenese kimberlítica, indicando proveniência de outro tipo de rocha. Os campos correspondentes às parageneses kimberlíticas foram extraídos de Swisero et al. (1987).

sim uma procedência a partir de um outro tipo de rocha.

Ilmenita: a ilmenita é um mineral acessório comum em diversos tipos de rochas ígneas e metamórficas, podendo comparecer em proporções maiores nas rochas da associação gabbro-norito-anortosito (Deer et al. 1976). Do ponto de vista químico, a ilmenita (FeTiO_3) pode admitir até 6,0% da molécula de hematita (Fe_2O_3) em solução sólida, além de percentuais mais amplos de MgO e MnO, derivados respectivamente das moléculas de geikielita e pirofanita. Ilmenitas de kimberlitos, mais especificamente, podem conter teores de MgO variando de 6,0 a 22% (Mitchell 1973).

A Figura 38 ilustra a variação dos óxidos MgO e FeO (ferro total) de ilmenitas da região de Tibaji, juntamente com o campo composicional de ilmenitas de kimberlitos de diversas localidades, apresentado por Svisero e Meeyer (1981).

Observa-se através do gráfico que também aqui, o campo composicional das ilmenitas ora analisadas situa-se fora do campo de seus correspondentes de natureza kimberlítica. Reportando-nos ainda às tabelas 20 e 21, onde são apresentados os resultados analíticos dessas ilmenitas, verifica-se que se trata de materiais próximos da composição ideal. As variações encontradas para os óxidos principais TiO_2 (48,8 - 52,3% em peso) e FeO (45,4 - 48,0% em peso), correspondem às de ilmenitas normalmente encontradas em rochas basálticas. A única amostra com maior percentual de MgO (análise 128 com MgO=2,0% em peso), situa-se ainda abaixo do limite mínimo normalmente verificado para as ilmenitas kimberlíticas.

Cromita: a cromita é um mineral cuja importância na prospecção de fontes primárias do diamante vem se destacando nos últimos anos. Entretanto, a grande variedade química com que a cromita e outros minerais do grupo dos espinélios podem se apresentar, não lhes granjearam a popularidade como rastreadores de kimberlitos como o observado com os minerais anteriormente comentados. Na sua recente revisão mineralógica dos lamproítos, Mitchell (1986) ressalta que essa fase mineral apresenta amplas variações quanto ao conteúdo de alumínio sendo geralmente o titânio de presença destacável.

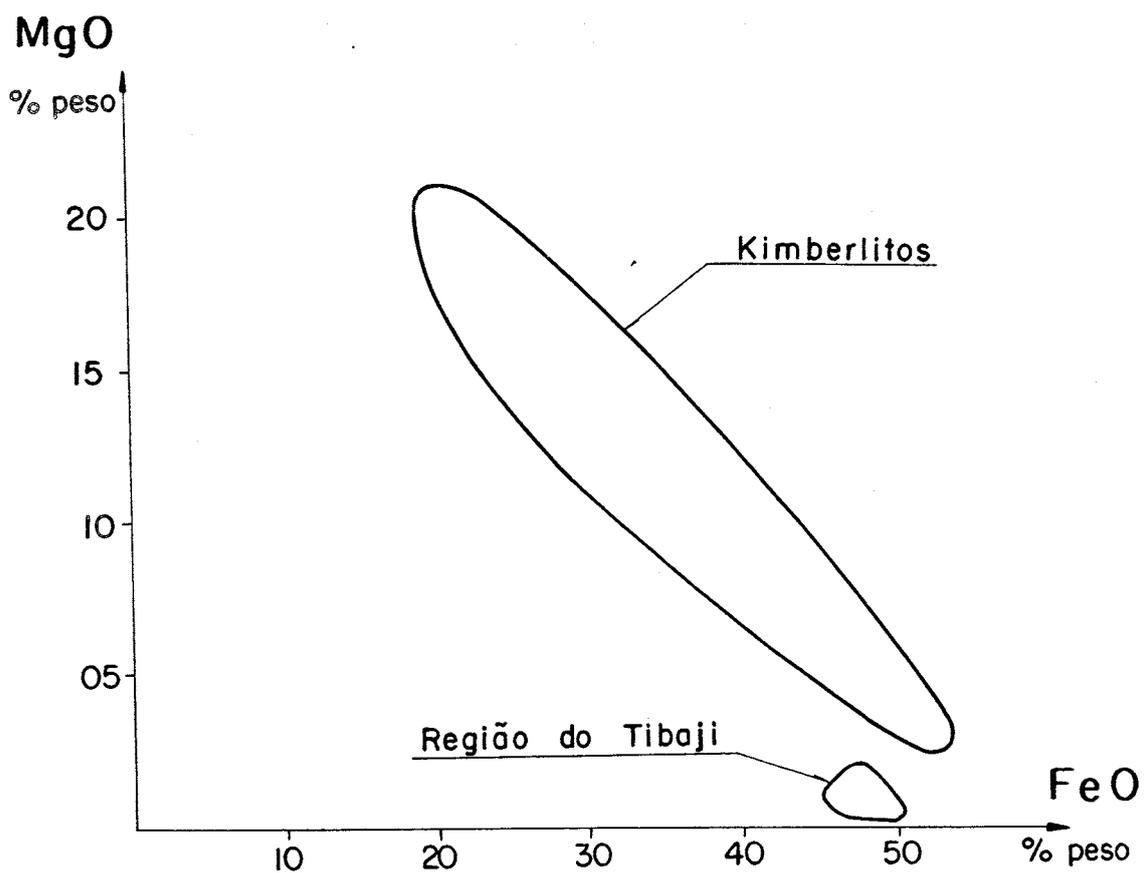


FIGURA 38 — Variação dos óxidos MgO e FeO das ilmenitas da região do Tibaji comparadas com ilmenitas de kimberlitos. Observa-se claramente que as ilmenitas estudadas situam-se fora do campo das ilmenitas de natureza kimberlítica. Dados comparativos extraídos de Svisero & Meyer (1981).

As cromitas analisadas no presente trabalho mostraram valores de Al_2O_3 e TiO_2 que permitem seu enquadramento entre as de natureza lamproítica. Faltam contudo informações adicionais, como a relação de proporção entre Fe^{2+} e Fe^{3+} e mesmo um maior número de análises para que se possa adiantar algo mais sobre a sua correta paragénese e possível origem.

8.4 - O diamante do Tibaji

Durante a década de 1970, o interesse despertado pelo estudo dos kimberlitos motivou, paralelamente, a reavaliação de um grande número de ocorrências diamantíferas de natureza diversa, sobretudo no continente africano. Dentro desse contexto, Harris et al (1979), apresentaram estudos sistemáticos de diamantes dos principais kimberlitos da África do Sul, atendo-se a aspectos como morfologia, cor, granulometria, inclusões e a relação entre os tipos de diamantes normalmente classificados como gema e indústria. Conforme esses autores observam, esses aspectos variam de jazida para jazida, constituindo um critério adicional importante para a caracterização dos depósitos diamantíferos.

Contando com o apoio de grandes grupos detentores da exploração e comercialização do diamante, aqueles autores puderam por de lotes com centenas de milhares de pedras, o que possibilitou a caracterização específica do diamante de cada jazida estudada. Para a caracterização do diamante do Tibaji, procuramos adotar os mesmos procedimentos adotados pelos autores citados, apesar de não termos contado com lotes substanciais para o referido estudo.

No tocante às dimensões, conforme observado no capítulo anterior, o tamanho médio do diamante do Tibaji oscila em torno de 0,10 ct (dez pontos), indicando tratar-se de pedras miúdas quando comparado, por exemplo, com o diamante lavrado na região de Romaria (MG), onde o peso médio das pedras é de 0,20 ct (Svisero & Haralyi 1985). As Figuras 39 e 40 mostram as curvas de distribuição granulométrica em função do peso e do número de pedras, para um lote de 5.317 diamantes da Mina de Romaria, Minas Gerais (Svisero & Haralyi 1985), e outro de 78 microdiamantes de um kimberlito da divisa dos esta

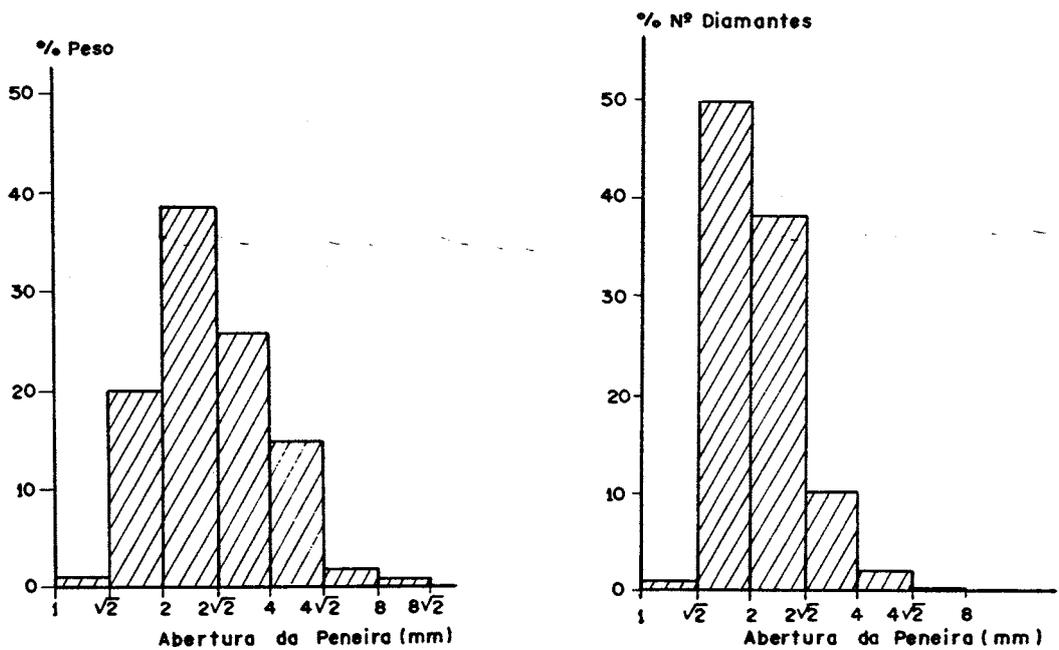


FIGURA 39 — Distribuição granulométrica por peso e número, de diamantes da Mina de diamantes de Romaria, MG, baseada em um lote de 5.317 cristais (450,3 ct). Reproduzido de Svisero & Haralyi (1985).

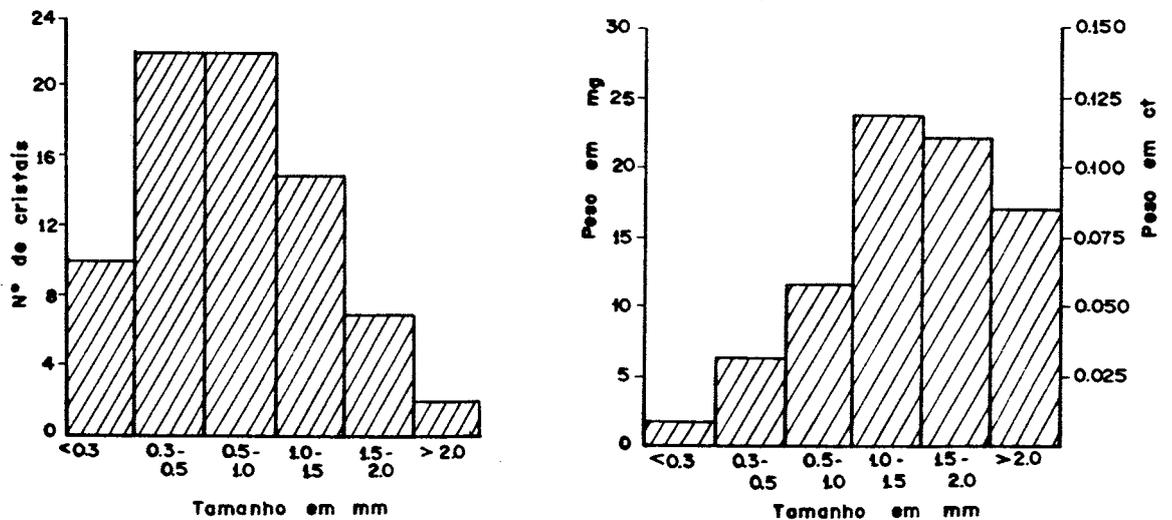


FIGURA 40 — Distribuição granulométrica por peso e número, de diamantes de um kimberlito da fronteira Wyoming-Colorado, USA., baseada em um lote de 78 microdiamante (0,42 ct). Reproduzido de McCallum et al. (1979).

dos de Wyoming e Colorado nos Estados Unidos da América (McCallum et al. 1979).

Outro aspecto interessante que merece alguns comentários adicionais, são os achados periódicos de grandes diamantes, alguns com dezenas e outros até com algumas centenas de quilates de que são exemplos notáveis os diamantes Getúlio Vargas, cm 726 ct (Leinz 1939), Darcy Vargas com 460 ct (Leonardos & Saldanha da Gama 1939), Goiás com 300 ct (Reis 1959), Minas Gerais com 172 ct (Barbosa 1938), e Governador Valadares com 108 ct (Saldanha da Gama 1942), entre outros. O mais recente achado descrito na literatura é de uma pedra incolor encontrada nos arredores de Estrela do Sul, pesando 82 quilates (Svisero & Haralyi 1978). Pedras desse porte nunca foram encontradas na região de Tibaji e, mesmo entre as histórias normalmente cheias de fantasia, contadas pelos garimpeiros da região, raramente se ouve menção e achados de pedras de peso superior a dez quilates. Ainda nesse contexto, a citação de um diamante do tipo carbonado pesando cerca de 100 ct, presumivelmente encontrado na região de Telêmaco Borba (Barbosa 1983) carece de registros mais confiáveis. Fatos como esse permitem sugerir que o diamante do Tibaji seja originalmente de granulometria reduzida já que não foram observadas evidências de quebramento durante o transporte.

Com relação à morfologia, verificou-se a predominância de formas abauladas, especialmente as rombododecaédricas, seguidas pelas formas de transição entre estas e os octaedros, aqui denominados octa-rombododecaédricas. Em menor proporção compõem octaedros, cubos piramidados, geminados e agregados policristalinos variados (Figuras 29, 31 e 32). Esse padrão de morfologia afora pequenas variações percentuais assemelha-se aos padrões observados em outras regiões do Brasil e do mundo (Svisero & Haralyi 1985; Harris et al 1979; McCallum et al 1979).

Com relação à cor, de modo análogo ao observado em outras regiões (Harris et al. 1979), predomina nitidamente os diamantes incolores sobre os coloridos, na proporção de 2:1. As cores mais frequentemente observadas foram a castanho (claro e escuro), amarela e verde (Figuras 30,

32 e 34). As cores raras, vermelho e azul, muito valorizadas em joalheira, não foram observadas em nenhum dos lotes estudados.

Quanto a relação gema/indústria verificou-se que nos garimpos da região estudada predominam os diamantes gemológicos. No garimpo do Atamon, o exame de um lote de 1700 pedras mostrou que essa é de 3:2.

8.5 - Condicionamento estratigráfico das ocorrências

O condicionamento estratigráfico das ocorrências diamantíferas do Paraná é o aspecto que primeiro ressalta à vista do pesquisador. Com efeito, as diversas ocorrências cadastradas, sejam em terraços elevados como em aluviões recentes ou em depósitos do leito ativo, situam-se, invariavelmente entre a faixa de afloramentos dos terrenos devonianos (ou silurianos?) e o topo da sedimentação permo-carbonífera (Grupo Tubarão). As ocorrências posicionadas em terrenos de níveis estratigráficos superiores ou inferiores são apenas vagamente referidos pela literatura, não tendo sido verificadas a nível da presente pesquisa.

A importância em se verificar um balizamento estratigráfico para as referidas ocorrências reside na possibilidade do diamante estar sendo liberado de uma matriz secundária. Neste caso, torna-se importante a identificação das unidades capazes de conter esse mineral, entre seus possíveis constituintes normais.

O diamante, por ser um mineral pesado, concentra-se normalmente nas frações grosseiras dos sedimentos, de acordo com os processos naturais de concentração hidrodinâmica de minerais e fragmentos de rocha. Assim, apenas as unidades sedimentares que contenham litotipos rudáceos ou então que indiquem transporte e sedimentação em meio de alta viscosidade serão capazes de conter diamantes. A nível dos terrenos considerados, as seguintes unidades podem ser, potencialmente diamantíferas.

Formação Iapô: a formação Iapô é de ocorrência muito restrita na região sendo conhecida apenas através de alguns raros afloramentos e testemunhos de sondagem. Ocorre na base do arenito Furnas, apresentando com este um contato brusco dado pela mudança de litologia. Trata-se de um diamictito com ma

triz argilosa de cor cinza azulada e com raros seixos de rochas vulcânicas ácidas (riolitos), rochas do embasamento granítico gnaíssico e quartzitos, principalmente. Embora não se tenha notícia da ocorrência de garimpos de diamantes nas estreitas faixas em que a Formação Iapó é aflorante, sua inclusão entre as formações geológicas com potencial para mineralizações detríticas prende-se a natureza do sedimento. Este parece ser oriundo de um processo de corrida de lamas o qual se caracteriza por uma grande capacidade de transporte. Neste caso, minerais pesados como o diamante, caso estivessem presentes na área, poderiam ter sido aprisionados pela matriz síltico-argilosa dessa unidade e liberados posteriormente para sedimentos mais novos inclusive recentes. Faltam contudo informações mais detalhadas sobre essa unidade litológica, tanto no que diz respeito a sua distribuição geográfica como no que concerne ao seu conteúdo de minerais pesados, para que se possa ir além das considerações aqui formuladas.

Formação Furnas: é constituída por arenitos claros, feldspáticos, micáceos, podendo localmente ser classificados como arcósios. Os níveis conglomeráticos são frequentes, especialmente nas porções basais, embora apresentem pequena espessura. Em geral são camadas decimétricas de arenito claro, contendo seixos de quartzito de 2 a 4 cm de diâmetro e cimento silicoso. Mais raramente, como observado na região do Guaratã, a leste de Tibaji, os seixos de quartzito podem exibir diâmetro de até 10 cm. Suguio et al. (1974) fizeram um estudo comparativo dos pesados da Formação Furnas e de arenitos de níveis estratigráficos superiores, numa área parcialmente coincidente com esta por nós estudada. Com relação à Formação Furnas, aqueles autores destacaram uma assembléia mineralógica bastante simples, caracterizada pela presença de fases minerais ultra-estáveis como o zircão, a turmalina e o rutilo, com pouca monazita, estauroлита ausência de granada. Resultado similar foi por nós obtido na análise dos pesados de um nível conglomerático do Furnas nos arredores de Jaguariaíva (vide tabela 12, ponto LC-25), em cuja assembléia mineral incluimos apenas a presença do anatásio.

A grande homogeneidade litológica do arenito Furnas, tanto a nível de seus macroconstituintes como na assembléia de minerais pesados deve estar relacionada com o longo período de tempo decorrido entre o final da cratonização das áreas fontes e o início da sedimentação paleozóica, favorecendo apenas a manutenção das fases mais resistentes. Nessas condições, qualquer manifestação vulcânica de natureza ultrabásica ou similar que tivesse ocorrido durante a sedimentação Furnas deveria estar refletida de forma marcante na assembléia de minerais pesados, o que não parece corresponder às observações até hoje realizadas.

Subgrupo Itararé: apesar de não estar subdividido em unidades menores, o subgrupo Itararé apresenta uma grande variedade de litologias entre as quais estão incluídos diversos tipos de conglomerados e outras rochas rudáceas. Nas seqüências de origem fluvial, caracterizadas por arenitos de granulometria variada, com estratificação cruzada, acanalada, são frequentes os níveis conglomeráticos de pequena espessura ou mesmo intercalações de lentes, cunhas e bancos de conglomerados com espessuras de ordem métrica. Nestes, são frequentes os blocos de arenitos e de quartzitos muitas vezes com dimensões superiores a 20 cm, indicando grande capacidade do meio de transporte.

Para os arenitos conglomeráticos dessa unidade presentes na região de Jaguariaíva, encontramos uma assembléia de minerais pesados mais diversificada do que para a unidade anterior (Formação Furnas) indicando maior diversidade das fontes de suprimento de detritos. O mesmo fato foi também constatado nas ocorrências de conglomerados dos bairros da Conceição (LC-49), do Barreiro (LC-54) e do Gabirobal (LC-34), esta última, inclusive, muito rica em granadas. Entretanto, como já comentado no item referente aos minerais pesados, essas granadas não são de natureza kimberlítica.

Os diamictitos formam outro importante conjunto litológico do subgrupo Itararé, potencialmente capaz de conter diamantes. Caracterizam-se por apresentar seixos de dimensões variadas, imersos numa matriz siltico argilosa que em geral

constitui o maior volume do pacote sedimentar. A natureza variada dos seixos e a sua forma frequentemente facetada, são sugestivas de uma origem glacial para essas rochas.

A hipótese de que os diamantes estejam sendo liberados dos diamictitos do Subgrupo Itararé, tem levado muitos pesquisadores a conjecturar informalmente que a fonte primária desse mineral estaria situada nas regiões kimberlíticas sul africanas, sendo os diamantes para cá transportados durante a grande glaciação gondwânica. Neste caso entretanto, deve-se levar em conta as observações de Bigarella (1973), de que faltam no continente africano, evidências que indiquem a movimentação das geleiras de SSE para NNW.

8.6 - Condicionamento tectônico

O condicionamento tectônico das ocorrências diamantíferas da região pode ser observado em dois níveis distintos, sendo um de caráter regional e outro mais restrito.

O condicionamento de caráter regional refere-se ao posicionamento das ocorrências ora consideradas nas bordas de uma sinéclise, situação também constatada em diversas ocorrências do Brasil e do mundo. Já o condicionamento de caráter restrito, refere-se ao balizamento das ocorrências pelos alinhamentos tectônicos do Arco de Ponta Grossa.

Os principais aspectos desse controle tectônico, bem como os do condicionamento estratigráfico comentados no ítem anterior, encontram-se resumidos na Figura 41. Nela observase claramente que as ocorrências diamantíferas até agora conhecidas acompanham o contorno da bacia com o embasamento pré cambriano/cambriano, concentrando-se na porção central do Arco, sempre no interior da bacia. Outro aspecto interessante é a ocorrência de diversas intrusões alcalinas distribuídas preferencialmente ao longo do alinhamento central e aparentemente por ele controlado.

A presença do diamante nas áreas marginais às grandes sinéclises é um aspecto que desde cedo chamou a atenção dos pesquisadores. Transportando-se a observação para as ocor

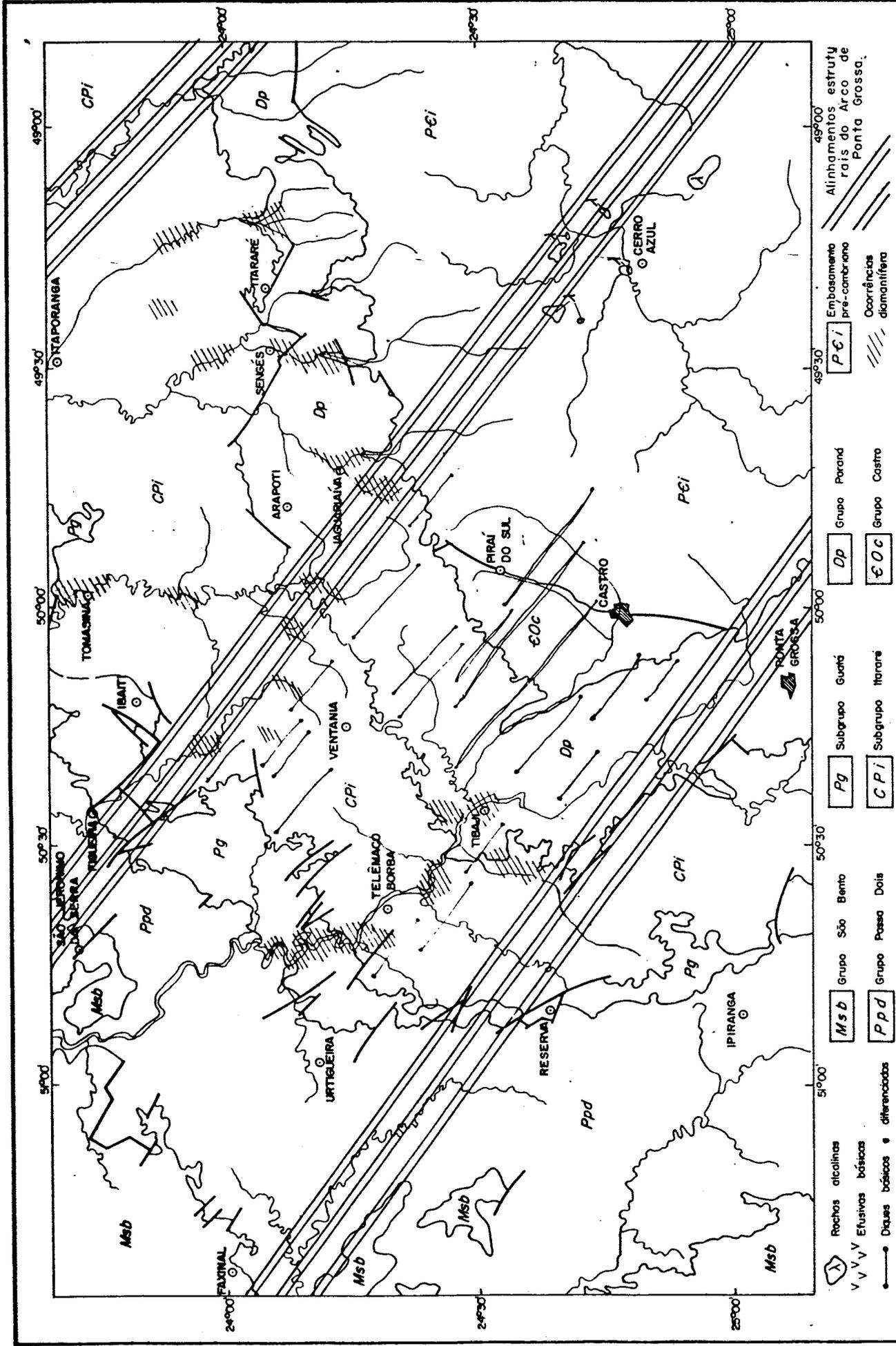


Figura 41 - Mapa de distribuição do diamante na região sul de São Paulo e nordeste do Paraná evidenciando controle estrutural e estratigráfico das ocorrências

rências do continente africano e da plataforma siberiana, onde um controle similar pode ser observado no posicionamento das intrusões kimberlíticas, Bardet (1964) e Kirilov (1961), defendem a idéia de que é justamente nas zonas de flexura da crosta, entre uma área soerguida (antéclise) e uma deprimida (sinéclise), que se desenvolvem fraturamentos profundos capazes de permitir a ascensão de material de origem mantélica.

As ocorrências da região de Tibaji, situadas na borda sudeste da sinéclise do Paraná, não fogem a esse contexto, muito embora até o presente momento rochas matrizes do diamante não tenham sido identificadas. De outro lado, o conhecimento sobre a evolução tectônica dessa bacia e de seu embasamento, somente agora começam ser melhor compreendidos.

De acordo com Almeida (1983 e 1986), um dos autores que vem se dedicando ao estudo da evolução tectônica de nosso continente, e em especial da Bacia do Paraná, essa sinéclise foi palco de um conjunto de fenômeno de reativação de plataforma que aconteceram sobretudo nos estágios finais de sua evolução. Esses episódios caracterizam-se por um magmatismo básico tholeítico do tipo fissural em escala generalizada, além de magmatismo alcalino e ultrabásico em escala mais reduzida, em suas bordas e arcos marginais. Entre esses, o Arco de Ponta Grossa foi particularmente afetado pela intrusão de um enxame de diques básicos e possivelmente ultrabásicos com direção NW-SE, posicionados na região apical do Arco ou em zonas de maior fissuramento crustal (Algarte 1972, Ferreira et al 1981).

Em trabalho específico sobre a evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa, Ferreira (1982) apresenta para o mesmo uma configuração não de arqueamento crustal, mas sim de um conjunto de blocos rígidos, delimitados por zonas de maior mobilidade tectônica, que permitiram uma movimentação relativa de blocos do embasamento durante toda a história sedimentar da bacia. Segundo ainda esse modelo, foi justamente nessas zonas de maior mobilidade tectônica que se verificou, posteriormente, a grande concentração de diques de natureza básica e de corpos intrusivos alcalinos e alcalino-ultrabásicos.

No que concerne ao diamante, verifica-se que os mesmos alinhamentos estruturais definidos por Ferreira (1982) para explicar a evolução tectônica do Arco, servem de balizamento para a faixa de maior ocorrência daquele mineral, tornando lícita a suposição de que em meio as intrusões básicas e alcalino-ultrabásicas possam também estar presentes corpos de natureza kimberlítica e/ou lamproítica (Chierigati et al 1984). Essa possibilidade é reforçada pelo fato de não haverem trabalhos petrográficos a respeito da natureza das intrusões do Arco de Ponta Grossa. A recente retomada de trabalhos de prospecção regional nessa área, por empresa multinacional ligada ao setor de diamantes, é também um indicativo indireto ou, na pior das hipóteses, um reforço à idéia da existência de um potencial diamantífero nessa área, porém ainda longe de ser conhecido.

Diante do exposto, existem tres situações distintas que podem explicar a origem do diamante da região. Em primeiro lugar, ele poderia estar relacionado a intrusões do cretáceo como em vários outros locais do mundo (Mitchell, 1986). Entretanto, a ausência de minerais de natureza kimberlítica nas amostras estudadas, elimina, por ora, essa alternativa. Uma segunda possibilidade relaciona o diamante a intrusões potenciais que teriam ocorrido durante a evolução paleozóica do Arco de Ponta Grossa. Extrapolando as idéias de Ferreira (1982), podemos admitir que durante a movimentação tectônica dos blocos crustais, ocorreram fases de magmatismo ultrabásico portadores de diamante já no Paleozóico. Essas intrusões teriam sido, contudo, erodidas, deixando como único vestígio o diamante nas formações detríticas paleozóicas. Finalmente uma terceira hipótese, similar a anterior, relaciona o diamante da região a fontes pré-cambrianas. Neste caso, os vestígios dessas intrusões teriam desaparecido já a mais tempo, pelos diversos episódios erosivos ocorridos antes da formação da sinéclise do Paraná. Seja qual for a alternativa, há entretanto a necessidade de trabalhos de prospecção sistemática para a delimitação de áreas potenciais, onde o concurso de técnicas geofísicas poderia auxiliar a localização dos corpos responsáveis pelo aporte de diamantes na região.

9 - AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho só foi possível graças à colaboração de várias pessoas e instituições, às quais gostaria de externar minha gratidão.

Em primeiro lugar, ao Prof. Dr. Darcy Pedro Svisero, manifesto meus agradecimentos pela orientação geral desta dissertação, por sua dedicação, incentivo e disposição de colaboração nos momentos mais difíceis de sua execução. Também ao Prof. Dr. Armando Márcio Coimbra, pelo interesse demonstrado por este trabalho, pela colaboração na identificação de minerais pesados e pelas proveitosas discussões em campo.

Aos professores doutores Kenitiro Suguio e José Moacyr Vianna Coutinho, pela atenção que me dispensaram quando da consulta sobre temas de sua especialidade. Da mesma forma estendo meus agradecimentos a Francisco José Fonseca Ferreira, Paulo Roberto dos Santos, que sempre estiveram atentos para a troca de idéias e informações a respeito do tema desta dissertação.

Aos professores doutores Adolfo José Melfi e Adilson dos Santos agradeço a facilitação do acesso ao equipamento de Raios X do Instituto Astronômico e Geofísico da USP, onde foram analisadas parte das amostras aqui estudadas. Da mesma forma ao IPT, na pessoa de Jairo de Sant'Ana Tadeu agradeço as separações magnéticas de minerais efetuadas sob a sua supervisão.

Ao corpo de funcionários, auxiliares, secretárias do Instituto de Geociências da USP, agradeço a atenção que sempre me foi dispensada. Em particular agradeço a Madalena B.M. Ventura da Secretaria de Pós Graduação e aos técnicos Elaine Aparecida Sinfronio, do Laboratório de Sedimentologia e João Batista de Souza, do Laboratório de Raios X, bem como a Eduardo Luis Macchioni e Angélica de Mello Morente, do Laboratório de Microsonda Eletrônica, pelo fundamental apoio prestado.

A Cia. Vale do Rio Doce - Superintendência de Tecnologia, na pessoa de Luis Garcia Armoa, agradeço as micro-análises quantitativas efetuadas, sem as quais não teria sido possível concluir este trabalho.

Aos colegas José Pedro Oliveira e Atamon Domingues de Oliveira, bem como ao Sr. Isaias Puppo, agradeço o empenho em facilitar o contato com garimpeiros das regiões de Itararé e de Telêmaco Borba, para análise e estudo de lotes de diamantes daquelas áreas. Ao colega Marco Antonio Bonatto da MINEROPAR, meu reconhecimento pela facilitação do acesso às áreas de pesquisa de diamantes daquela empresa, bem como pelas proveitosas trocas de informações técnicas. Também ao Sr. Eduardo Frank Kesselring do 2º Distrito do DNPM agradeço a colaboração na indicação de livros e publicações sobre a economia mineral e a história do diamante.

Ao CNPq e à CAPES, nas figuras de seus delegados e diretores, agradeço o apoio recebido na forma de bolsas de estudo, que me possibilitaram a complementação dos trabalhos de campo e de laboratório.

Ao desenhista Alberto de Oliveira Cõ, às datilógrafas Maria Cleide da Silva Rocha e Cassia Aparecida Barroso Pereira meu especial agradecimento pelo trabalho de arte final. Extensivos são meus agradecimentos ao técnico Roylane Barbosa e ao jovem Arlindo Yamato, pelo auxílio prestado na confecção de gráficos e revisão final das figuras e texto.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Superintendência Regional de São Paulo, nas pessoas de seu Superintendente Luis Sguissardi do Carmo, do Gerente de Recursos Minerais Cássio Roberto da Silva e demais colegas de trabalho, de hoje e de ontem, em especial os queridos Ódimo Francisconi e José Peres Algarte, o meu reconhecimento pelo incentivo, compreensão e apoio recebidos nas horas que me afastei de minhas atividades rotineiras, para concluir a presente dissertação.

Finalmente, a todos aqueles que direta ou indiretamente possibilitaram a execução deste trabalho, manifesto meus mais sinceros agradecimentos.

DEZEMBRO, 1988

O autor

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEE, J.J.; GARRISON, J.R.; TAYLOR, L.A. 1982. Petrogenesis of oxide minerals in kimberlite, Elliott County, Kentucky. *American Mineralogist*, 67: 28-42.
- ALGARTE, J.P. 1972. A influência dos aquecimentos cratônicos no condicionamento das alcalinas dos estados de São Paulo e Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., 26, Belém, 1972. *Anais... Belém, SBG. vol. 1, p. 65-69.*
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1967. Origem e evolução da plataforma brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 36 p. (Boletim 241).
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1969. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: CONGR. BRAS. GEOL., 23, Salvador, 1969. *Anais... Salvador, SBG. p. 29-46.*
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1981. Síntese sobre a tectônica da bacia do Paraná. In: SIMP. REG. GEOL., 3, Curitiba, 1981. *Atas... Curitiba, SBG. v.1, p. 1-20.*
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas Mesozóicas da região meridional da plataforma sul-americana. *Rev. Bras. Geoc.*, 12 (3): 139-158.
- ALMEIDA, F.F.M. de. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16 (4): 325-349.
- ARSENYEV, A.A. 1962. The laws of the distribution of kimberlites in the Eastern part of the Siberian platform. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, 137: 355-357.
- ASMUS, H.E. 1978. Hipóteses sobre a origem dos sistemas de fraturas oceânicas/alinhamentos continentais que ocorrem nas regiões sudeste e sul do Brasil. In: Petrobrás. *Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil.* Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. P., 39-73 (Série Projeto REMAC, nº 4).

- BARBOSA, O. 1938. O diamante Minas Gerais. *Miner. Metal.* 3(14): 69.
- BARBOSA, 1983. Diamante no Brasil - ocorrência, prospecção e lavra. In: CPRM. *Subsídios técnicos para desenvolvimento da mineração*. Rio de Janeiro. Diretoria da Área de Pesquisa (Série Diamante nº 1). 69p.
- BARDET, M.G. 1956. Note sur la relation probable entre les lignes de fractures profondes de disjonction continentale et les venues diamantifères de l'Afrique. *Chron. Mines d'Outre Mer*, 236: 33-38.
- BARDET M.G. 1964. Controle geotectonico de la repartition des venues diamantifères dans le monde. *Chron. Mines. Rech. Minière*, 328/329: 67-89.
- BARDET, M.G. 1973. Les kimberlites et le magmatisme des plates-formes. In: BARDET, M.G., *Géologie du Diamant*. Paris, BRGM, p. 119-126. (Mém. 83, v. 1).
- BARELLI, N. 1973. Contribuição ao estudo do diamante do rio Tibaji, Paraná. Tese de doutoramento apresentada ao Departamento de Química da FFCL de Araraquara, 124 p.
- BASKIN, G.D. 1980. Diamond - Industrial. In: *Mineral Facts and Problems*. U.S. Bureau of mines. p. 257-270.
- BASTOS, A.A. 1936. Exploração do rio Tibaji. In: BRASIL. Serviço Geológico e Mineralógico. *Rel. An. Dir.* Rio de Janeiro, 148: 53-62.
- BERGMAN, S.C. 1987. Lamproites and other potassium-rich igneous rocks: a review of their occurrence, mineralogy and geochemistry. In: FITTON, J. G. & UPTON, B.G.J. ed. *Alkaline Igneous Rocks*. Geol.Soc.Spec.Public. , 30: 103-90.
- BIGARELLA, J.J. 1973. Paleocorrentes e deriva continental (Comparação entre América do Sul e África). *Bol. Paran. Geoc.*, 31: 141-224.

- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. 1967. Some paleogeographic and paleotectonic features of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J., BECKER, R. D. & PINTO, I.D. ed. *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. p. 235-301. Pap. Max. Roesner Ltda. Curitiba.
- BOBRIEVICH, A.P.; ILUPIN, I.P.; KOSLOV, I.T.; LEBEDEV, L. I.; PANKRATOV, A.A.; SMIRNOV, G.I.; KHARKIV, A.D. 1964. Petrography and mineralogy of the kimberlite rocks of Yakutia, Izdatelstvo Nedra, Moscow (Russian).
- BOCTOR, N.Z. & BOYD, F.R. 1982. Petrology of kimberlite from the De Bruyn and Martin Mine, Bellsbank, South Africa. *Am. Mineral.*, 67: 917-925.
- BOSCH, J.M. & MONES, L. 1978. *Diamantes: gênese, talla, clasificación, síntesis*. Madrid, Entasa. 648 p.
- BOYD, F.R. & NIXON, P.H. 1975. Origins of the ultramafic nodules from some kimberlites of Northern Lesotho and the Monastery Mine, South Africa, *Phys. Chem. Earth* 9: 431-454.
- BROCHE, J.; CASANOVA, R.; LOUP, G. 1977. Atlas des minéraux en grain-identification par photographies en couleurs. SODEMI, 1977. 173 p.
- CARMO, L.S. do. 1983. Projeto Tibaji - Relatório da Prospecção preliminar nº 2. São Paulo, CPRM. 25 p.
- CHANDLER, H.P. 1964. Industrial Diamond - A Materials Survey. U.S. Bureau of mines, IC 8200. 149 p.
- CHANG, H.K. 1975. Concepts and terms of unconformity-bounded units as formal stratigraphic units of distinct category. *GSA Bull.*, 86: 1544-1552.
- CHANG, M.R.C. 1984. Análise ambiental e estratigráfica do Subgrupo Itararé (PC) no sudoeste do Estado de São Paulo. 232p. (Tese de doutoramento - Instituto de Geociências - USP).

- CHIEREGATI, L.A.; SVISERO, D.P.; CARMO, L.S. do. 1984. Ocorrências de diamantes do rio Tibaji e áreas adjacentes: estágio atual dos conhecimentos. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v. 8, p. 3866-3876.
- CHIEREGATI, L.A.; OLIVEIRA, J.P.; SVISERO, D.P. 1987. Estudo prospectivo das ocorrências diamantíferas do rio Verde, Estado de São Paulo. In: SIMP. REG. GEOL., 6, Rio Claro, 1987. *Atas...* Rio Claro, SBG. v.2, p. 471-480.
- CPRM 1984. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Folha SG.22-X-A. Telêmaco Borba, DNPM/CPRM, vol. 1 e 2.
- CPRM 1986. Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná: Integração geológica e avaliação econômica. Relatório final. vol. 1 a 3.
- CROUGH, S.T.; MORGAN, W.J.; HARGRAVES, R.B. 1980. Kimberlites: Their relation to mantle hot spots. *Earth Planet. Sci. Lett.* 50: 260-274.
- DAVIS, G.L.; SOBOLEV, N.V.; KHARKIV, A.D. 1980. New data on the age of Yakutia kimberlites obtained by the uranium-lead method on zircons. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 254: 53-57.
- DAWSON, J.B. 1971. Advances in kimberlite geology. *Earth Sci. Rev.*, 7: 187-214.
- DAWSON, J.B. 1980. *Kimberlites and their xenoliths*. New York, Springer Verlag. 254 p.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. 1976. An introduction to the rock forming minerals. Londres. Longman. 528 p.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. 1982. *Rock Forming Minerals - Orthosilicates*. 2 ed. Londres. Longman. 919 p.
- DERBY, O.A. 1878. Geologia da região diamantífera do Paraná, Brazil. *Arch. Mus. Nacional*, Rio de Janeiro. 3: 89-98.

- DINIZ, M.N. 1985. Interpretação ambiental da Formação Ponta Grossa na parte central da bacia do Paraná. Um estudo sub-superfície. 148 p. (Dissertação de mestrado - Instituto de Geociências - USP).
- DNPM 1974. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*. Folha Curitiba, SG.22. Texto explicativo. Brasília, 81 p.
- DNPM 1984. *Geologia do Brasil*. Texto explicativo do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente, incluindo depósitos minerais. Esc. 1:2.500.000, Brasília, 501 p.
- FERREIRA, F.J.F. 1982. Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa. 170 p. (Dissertação de mestrado - Instituto de Geociências - USP).
- FERREIRA, F.J.F.; MORAES, R.A.V.; FERRARI, M.P. & VIANA, R.B. 1981. Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. In: SIMP. REG. GEOL., 3, Curitiba, 1981. *Atas...* Curitiba, SBG, v.1, p. 226-240.
- FRICK, C. 1973. Kimberlitic ilmenites. *Geol. Soc. S. Africa Trans.*, 76: 85-94.
- FÚLFARO, V.J. 1970. Contribuição à geologia da região de Angatuba, Estado de São Paulo. *Bol. Div. Geol. Min.*, Rio de Janeiro, DNPM, 253: 1-83.
- FÚLFARO, V.J. 1974. Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. *Bol. Inst. Geoc.*, São Paulo, 5: 129-138.
- FÚLFARO, V.J. 1975. Mesozoic - Cenozoic tectonic and paleogeographic evolution of southeastern Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, 9., Nice, 1975. *Proceedings...* Nice, tomo IV, p. 125-132.
- FÚLFARO, V.J. 1979. O Cenozóico da bacia do Paraná. In: SIMP. REG. GEOL., 2, Rio Claro, 1979. *Atas...* São Paulo, SBG, 1: 2-31.

- FÚLFARO, V.J.; GAMA JUNIOR, E.; SOARES, P.C. 1980. *Revisão Estratigráfica da bacia do Paraná*. São Paulo, Paulipetro. 155 p. (Relatório BP 008/80).
- FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. 1982. Compartimentação e evolução tectônica da bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, 12 (4): 590-610.
- GAMA JUNIOR, E.; BANDEIRA JUNIOR, A.N.; FRANÇA, A.B. 1982. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, 12 (4): 578-589.
- GOMES, C.B. 1984. Microsonda eletrônica: principais usos e aplicações na Geologia. In: GOMES, C.B. coord. *Técnicas Analíticas Instrumentais Aplicadas à Geologia*. Prô-Minério/E. Blücher. p. 159-208.
- GOMES, C.B. & GIRARDI, V.A.V. 1973. Princípios e aplicações da microsonda eletrônica. *Ciência e Cultura*, 25: 711-722.
- GUIMARÃES, D. 1932. Sobre a rocha matriz do diamante de Minas Gerais. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 4: 75-86.
- GURNEY, J.J.; HARRIS, J.W.; RICHARD, R.S. 1984. Minerals associated with diamonds from the Roberts Victor Mine, TICK 2: 25-32.
- HARRIS, J.W.; HAWTHORNE, J.B.; OOSTERVELD, M.M. 1979. Regional and local variations in the characteristics of diamonds from some southern african kimberlites. In: BOYD, F.R. & MEYER, H. O.A. ed. *Diatremes and Diamonds, Petrology and Geochemistry*. Washington, Am. Geophys. Un. p. 27-41.
- HAGGERTY, S.E. 1982. Kimberlites in Western Liberia: an overview of the geological setting in a plate tectonic framework, *J. Geophys. Res.* 81: 10811-10826.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.R.; COIMBRA, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geoc.*, 5 (4): 257-266.

- HASUI, Y.; FONSECA, M.J.G. & RAMALHO, R. 1984. A parte central da região de dobramentos sudeste e o maciço mediano de Guaxupé. In: DNPM. *Geologia do Brasil*. Brasília, 1984. p. 307-328.
- JACQUES, A.L.; LEWIS, J.D.; SMITH, C.B.; GREGORY, G.P.; FERGUSON, J.; CHAPPELL, B.W.; McCULLOCH, M.T. 1984. The diamond-bearing ultrapotassic (lamproitic) rocks of the West Kimberley region, Western Austrália. In: KORNPROBST, J. ed. *Kimberlites and Related Rocks*. Amsterdam, Elsevier. p. 225-254.
- JACQUES, A.L.; LEWIS, J.D.; SMITH, C.B. 1986. The Kimberlites and lamproites of Western Austrália. *Geol. Surv. Western Austr. Bull.* 132. Perth. W.A.
- KIRILOV, A.S. 1961. The relation of magmatism with tectonics in the Siberian Plataform, *Geol. Geofiz.* 11: 40-46 (Russian).
- KNECHT, T. 1935. Os minerais e minérios do Estado de São Paulo. *B. Agric.*, São Paulo. 93 p. (único).
- KNECHT, T. 1940. Os minérios não metálicos do Estado de São Paulo. Instituto Geográfico e Geológico. Bol. 27, p. 99-100.
- LEINZ, V. 1939. O diamante Presidente Vargas. *Miner. Metal.*, 4 (21): 185-186.
- LENZEN, G. 1980. From Myth to Reality. In: LEGRAND, J. *Diamonds - myth, magic and reality*. New York, Crown Plub. p. 12-85.
- LEONARDOS O.H. & SALDANHA DA GAMA, R. 1939. *O diamante Darcy Vargas e outros grandes diamantes brasileiros* FFCL-USP. Bol. 8.p. 3-27 (Série Mineralogia, nº 3).
- MAACK, R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Arq. Biol. Tecnol.*, Curitiba, 11: 63.

- MARSH, J.S. 1973. Relationships between transform directions and alkaline igneous rock lineaments in Africa and South America, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 18: 317-323.
- MCCALLUM, M.E.; MABARAK, C.D.; COOPERSMITH, H.G. 1979. Diamonds from kimberlites in the Colorado-Wyoming State Line District. In: BOYD, F.R. & MEYER- H.O.A. ed. *Kimberlites, Diamonds and Diamonds - Their Geology, Petrology and Geochemistry*. Washingtonm Am. Geophys. Un. p. 42-58.
- MEDEIROS, R.A. & TOMAZ FILHO, A. 1973. Facies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. In: CONGR. BRAS. GEOL., 27, Aracajú, 1973. *Anais...* Aracajú, SBG, 3: 3-12.
- MEYER, H.O.A. 1985. Genesis of diamond: a mantle saga. *Am. Mineral.* 70: 344-355.
- MEYER, H.O.A. 1987. Inclusion in diamond. In: NIXON, P.H. ed. *Mantle Xenoliths*. New York, Wiley. p. 501-522.
- MITCHELL, R.H. 1973. Magnesian ilmenite and its role in kimberlite petrogenesis. *Journal of Geology*: 81: 301-311.
- MITCHELL, R.H. 1985. A review of the mineralogy of lamproites. *Trans. Geol. Soc. S. Africa.*, 88: 411-437.
- MITCHELL, R.H. 1986. *Kimberlites: Mineralogy, Geochemistry and Petrology*. Plenum Press - New York - London, 442 p.
- NIGGLI, P. 1923. *Gesteins und Mineralprovinzen*. Gebruder Borntraeger, Berlin.
- NIXON, P.H. & BOYD, F.R. 1973. Petrogenesis of the granular and sheared nodule suite in kimberlites. In: NIXON, P.H. ed. *Lesotho Kimberlites*. Lesotho p. 48-56.
- NORTHFLEET, A.; MEDEIROS, R.A.; MULMANN, H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*. 12 (3): 291-346.

- OPPENHEIM, V. 1936. *Sedimentos diamantíferos do Paraná*. DNPM/CPRM. Rio de Janeiro. Avulso nº 9, 14 p.
- PACHECO, J. 1927. *Relatório elucidativo do esboço geológico da região compreendida entre o meridiano 40°, rio Itararé e os paralelos 23° 34' e 24° 38'*. São Paulo, Com. Geogr. Geol. 12 p.
- PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENQ, J. 1970. *Les Mineraux en Grains: Méthodes d'étude et détermination*. Paris, Masson & Cie., 578 p.
- PARRISH, J.B; LEVIN, P.M. 1982. Tectonic model for kimberlite emplacement in the Appalachian Plateau of Pennsylvania. *Geology*, 10: 344-347.
- PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. 1983. *Geologia do Brasil: Fanerozoico*. São Paulo, ed. Thomas Queiroz/EDUSP, 631 p.
- PETTIJOHN, F.J. 1957. *Sedimentary Rocks*. New York, Harper & Row, red. 718 p.
- PUPIN, J.P. 1976. Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications. 394 p. (These de doctorat es-sciences - Lab. de Pétrologie-Minéralogie - Université de Nice).
- REID, A.M. & HANOR, J.J. 1970. Pirope in kimberlites. *Am. Mineral.*, 55: 374-1379.
- REIS, E. 1959. *Os grandes diamantes brasileiros*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 65 p. (Boletim 191).
- RICHARDSON, S.H.; GURNEY, J.J.; ERLANK, A.J.; HARRIS, J.W. 1984. Origin of diamond in old enriched matle. *Nature*, 198-202.
- ROST, F.; BEERMANN, E.; AMTHAUER, G. 1975. Chemical investigation of pirope garnets in the Stockdale Kimberlite intrusion, Riley Country, Kansas. *Am. Mineral.*; 60: 675 - 680.

- SALDANHA DA GAMA, R. 1942. *O diamante Governador Valadares*
FFCL-USP. Bol. 30, p.17-23. (Série Mineralogia, nº 5)
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, E.; TOMMASI, R.A.; MEDEIROS, R. F.;
DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica
da bacia do Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, Porto Ale-
gre, SBG, 1974. *Anais...* Porto Alegre, 1974, 1: 41-65.
- SHARP, W.E. 1974. A plate tectonic origin for diamond-bearing
kimberlite, *Earth Planet, Sci. Letts.*, 21: 351-354.
- SILVA, A.T.S.F.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K.; PINHO FILHO,
W.D. 1977. Projeto Santos Iguape. DNPM/CPRM. Relatório Fi-
nal-Geologia. v.1, 640 p.
- SLOSS, L.L. 1963. Sequences in the cratonic interior of North
America. *GSA Bull*, 74: 93-114.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. 1974. Avaliação
preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratôni-
cas brasileiras. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, Porto Alegre.
Anais... Porto Alegre, SBG. v.4, p. 61-53.
- SOBOLEV, N.V. 1977. Deep-seated inclusions in kimberlites and
the problem of the composition of the upper mantle. F. R.
Boyd Edit. 279 pp., Washington.
- SOBOLEV, N.V. 1985. Kimberlites of the Siberian Platform: Their
geological and mineralogical features. In: GLOVER, J. E. &
HARRIS, P.G., ed. *Kimberlite, Occurrence and Origin: A basis
for conceptual models*. Geol. Dpt. Univ. Western Australia
Publ., 8: 275-287.
- STRACKE, N.J.; FERGUSON, J.; BLACK, L.P. 1979. Structural
setting of kimberlites in south Australia, *SIKC*, 1: 71-91.
- SUGUIO, K. 1980. *Rochas Sedimentares* São Paulo, Edgard
Blücher/Ed. Univ. São Paulo, 500 p.
- SUGUIO, K.; COIMBRA, A.M.; GUARDADO, L.R. 1974. Correlação se-
dimentológica de arenitos da bacia do Paraná. *Bol. IG*, 5:
85-116.

- SVISERO, D.P. & HARALYI, N.L.E. 1978. O Diamante Princesa da Estrela do Sul. *Miner. Metal.*, 405: 38-41.
- SVISERO, D.P. 1979a. Inclusões minerais e gênese do diamante do rio Tibaji, Paraná. In: SIMP. REG. GEOL., 2, Rio Claro. *Atas...* Rio Claro, SBG. v.2, p. 169-180.
- SVISERO, D.P. 1979b. Pipropos cromíferos da mina de diamantes de Romaria: Composição química e origem. *Bol. Mineral., Recife*, 6: 14 p.
- SVISERO, D.P. & MEYER, H.O.A. 1981. Ilmenitas kimberlíticas da mina de diamantes de Romaria, MG. *Rev. Bras. Geoc.*, 11 (4): 217-221.
- SVISERO, D.P.; HARALYI, N.L.E.; CRETELLI, C.A. 1986. Geologia dos kimberlitos Vargem 1 e Vargem 2, Coromandel, Minas Gerais. CONGR. BRAS. GEOL., Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, 1986. v.4: p.1671-1685.
- SVISERO, D.P.; DRUMOND, D.; HARALYI, N.L.E.; MORAIS, A. 1987. Mineralogia e geologia do kimberlito Poço Verde, município de Coromandel, MG. In: SIMP. REG. GEOL., 6, Rio Claro. *Atas...* Rio Claro, SBG. v.1, p. 97-111.
- TAYLOR, L.A. 1984. Kimberlitic magmatism in the Eastern United States: Relationships to mid-Atlantic tectonism. *TIKC*, 1: 417-424.
- THY, P.; STECHER, O.; KORSTGARD, J.A. 1987. Mineral chemistry and crystallization sequences in kimberlite and lamproite dikes from the Sisimiut area, central West Greenland. *Lithos*, 20: 391-417.
- TOMPKINS, L.A. 1987. Exploration for kimberlites in the Southwest Goiás, region, Brazil: Mineral chemistry of stream sediment sample. *Jour. Geoch. Expl.*, 27: 1-28.
- TREIN, E. & FUCK, R.A. 1967. O Grupo Castro. *Bol. Par. Geoc.*, 23/25: 257-305.

- TROGER, W.E. 1935. *Spezielle Petrographic der Eruptiugesteine. Ein Nomenklatur Kompendium. Verlag der Deutschen mineralogischen Gessellschaft. Berlim, 360 p.*
- ULBRICH, H.H.G.J. & GOMES, C.B. 1981. Alkaline rocks from continental Brazil. *Earth Scien. Rev.*, 17(1-2): 135-154.
- WHITELOCK, T.K. 1973. The Monastery mine kimberlite pipe. In: *Lesotho Kimberlites*, p. 214-223, P.H. NIXON ed., Lesotho.
- ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; VIEIRA, I. S.; ASTOLFI, M.A.M.; APII, V.T.; ZANOTTO, O.A. 1987. A divisão trioartite do Siluriano da bacia do Paranã. *Rev. Bras.Geoc.*, 17 (3): 242-252.