

Acta geologica Leopoldensia, V. 13, n.º 30
p. 171-186, 1990

ESTUDO DE MINERAIS PESADOS NA REGIÃO DIAMANTÍFERA DO RIO TIBAJI (PR) E AS POSSIBILIDADES DE EXISTÊNCIA DE FONTES PRIMÁRIAS DE DIAMANTES NA REGIÃO

Luiz Antônio Chieregati CPRM-SP
Darcy Pedro Svisero IG-USP

ABSTRACT Diamonds have been exploited in northeastern Paraná and southern São Paulo States since the middle of the last century. The mineral occurs in alluvial, elluvial and colluvial deposits in concentrations ranging from 0.04 up to 0.80 ct/m³ with annual output fluctuating around 1000 ct/year. In addition, gold has been recovered as by-product of concentrates in many localities. The main occurrences and deposits are located in the basins of Tibaji, Laranjinha, Jaguariaíva and Itararé Rivers. Field surveys revealed that the deposits are related to the lower (Furnas Formation) and middle (Itararé Subgroup) portions of the Paleozoic sequences of the sedimentary Paraná Basin. Occurrences on Precambrian basement seem to be rare and sporadic.

In order to investigate the source of local diamonds, mineral concentrates were systematically sampled at more than one hundred different targets of recorded diamond exploitation. As identified by optical microscopy and X-ray diffraction the mineralogical assemblage comprises magnetite, goethite, hematite, limonite, ilmenite, zircon, rutile, tourmaline, chromite, monazite, garnet, hornblende, epidote, staurolite, apatite, xenotime, anatase, gahnite, corundum, kyanite, gold and diamond. Garnet and ilmenite were analysed in the electron micro probe in order to search for the primary source of local diamonds. Garnets are mainly magnesium-poor and chromium-depleted almandine. Magnesium and chromium are absent in ilmenites as well. Therefore, the absence of Cr-pyrope garnet and Mg-ilmenite, the common mineral indicators of kimberlite, reinforces the hypothesis based on field work that the studied diamonds have been recycled from the rudaceous units of the Paraná Basin.

INTRODUÇÃO As ocorrências diamantíferas da bacia hidrográfica do rio Tibaji (PR) e áreas adjacentes, vem sendo exploradas desde meados do século passado. O diamante ocorre em cascalheiras do leito atual dos rios, bem como em aluviões antigos e recentes e colúvios. Do ponto de vista geológico essas ocorrências estão posicionadas sobre as unidades estratigráficas do Devoniano (Formação Furnas) e Permo-Carbonífero (Subgrupo Itararé) da bacia do Paraná, sendo rara a presença de depósitos significativos sobre terrenos mais antigos ou mais novos que os mencionados. Os depósitos são em geral de pequenas dimensões, sendo raros aqueles que suportam trabalho mecanizado de lavra e beneficiamento. O conteúdo de diamante também é pequeno variando entre 0,04 a 0,80 ct/m³. A produção total dos garimpos oscila entre 400 e 1000 ct/ano, além de uma pequena quantidade de ouro, recuperado como subproduto.

Considerando que a origem desse diamante tem sido motivo de controvérsia ao longo dos tempos, foi realizado um estudo sistemático dos minerais pesados que acompanham os diamantes na região com a finalidade de verificar se entre esses pesados ocorrem ou não minerais indicadores de fontes kimberlíticas. Além dos estudos mineralógicos, foram efetuadas as observações geológicas nas áreas produtoras de diamante, tendo alguns garimpos sido estudados com pormenores. A Figura 1, mostra a localização geográfica da área estudada, as drenagens principais e as pontos de coleta de amostras de rochas e concentrados. Os concentrados foram obtidos em garimpos antigos ou em atividade, bem como em rios que drenam áreas diamantíferas, tendo sido coletados no leito ativo de depósitos marginais, com o uso de peneiras e batéia.

O DIAMANTE DO TIBAJI Os depósitos do rio Tibaji são conhecidos 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. Além das ocorrências do rio Tibaji, que se estendem até as proximidades do Salto Mauá, 60 km a norte de Telêmaco Borba, o diamante é também encontrado nas bacias dos rios do Peixe ou Laranjinha (próximo a Ibaíti), das Cinzas (próximo a Tomasina), e Itararé (junto a cidade homônima), esta última incluindo as sub-bacias dos rios Jaguariaíva, Jaguaricatu e Verde (Chierregati 1989).

Trabalhos anteriores: As primeiras referências geológicas a respeito do diamante, são devidas a Derby (1878), o qual mencionou também a presença de ouro na região. Derby (op. cit.) considerou como fonte dispersora do diamante da região os arenitos devonianos da Formação Furnas. Outras referências são devidas a Pacheco (1927) e Bastos (1936), os quais entretanto, comentam mais os aspectos fisiográficos da região e a metodologia da lavra então utilizada. Oppenheim (1936) descreveu 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 Iguaçu, Açungui e Ribeira. Um dos aspectos mais importantes do trabalho desse autor, foi ter associado a dispersão dos diamantes na área aos sedimentos glaciais, conglomeráticos do Permiano Inferior.

Nos últimos anos, as ocorrências de diamantes da região voltaram a ser alvo de interesse com os trabalhos de pesquisa desenvolvidos pelas estatais MINEROPAR e CPRM (CPRM 1984, 1986), bem como por empresas particulares tais como a SOPEMI e as Indústrias Klabin do Paraná S/A. Outras informações sobre o diamante da área, podem ser encontradas em Knecht (1935), Maack (1947), Barelli (1973), Svisero (1979), Carmo (1983) e Chierregati et al. (1984, 1987).

Tipos de depósitos: Os depósitos diamantíferos da região podem ser classificados nos seguintes tipos: cascalheiras do leito ativo, aluviões antigos e modernos e colúvios. O primeiro tipo é representado na área pelo garimpo do Atamon situado 17 km ao norte de Telêmaco Borba. Nesse local, o rio foi desviado do seu leito natural permitindo a lavra do diamante numa enseadeira. O cascalho alavrado é do tipo seixo-suporte com predomínio de fragmentos angulosos de diabásio e arenito intensamente imbricados dificultando a lavra. Seixos arredondados de litologias diversas incluindo granitos e quartzitos originam-se provavelmente do retrabalhamento do diamictito que aflora nas proximidades. Esse é um dos garimpos mais produtivos da região tendo produzido no período 1986-1987 cerca de 2.150 quilates de diamante, 60% dos quais de natureza gemológica. Em outros locais como no Bairro da Conceição (Ponto 50), a exploração é feita por dragagem com o uso de escafandristas.

A exploração em aluviões antigos ou modernos é a forma mais comum de lavra na região. Entre as ocorrências desse tipo podem ser citados os garimpos de Itoupava no rio Verde (Pontos 1 e 2), o de Santa Cruz dos Loper no rio Itararé (Ponto 17), as de Tomazina (Pontos 32 e 33), os do rio Laranjinha (Ponto 37), Barra Grande e Ilha dos Cavalos no rio Tibaji (Pontos 41 e 42).

Os depósitos colúvio-eluvionares são geralmente do tipo matriz-superfície. A matriz é predominantemente argilosa e os seixos bem arredondados. Esse tipo de depósito indica pouco transporte e retrabalhamento "in situ" de litotipos rudáceos pré-existentes. Exemplos desse tipo são encontrados nos garimpos do Marcola (Ponto 47), bem como nos rios Barra Grande (Ponto 42) e Santa Rosa (Ponto 53), próximo a Tibaji (Chierigati 1989).

Contexto geológico dos garimpos A observação da distribuição (Figura 1) das ocorrências diamantíferas ressalta de forma significativa que os depósitos estão distribuídos sobre as unidades devonianas e permio-carboníferas da bacia do Paraná. Esse aspecto é de importância relevante, uma vez que até o presente não se provou de forma categórica que o diamante dessa área seja reciclado a partir dos sedimentos paleozóicos. As ocorrências visitadas distribuem-se sobre duas unidades litoestratigráficas principais, quais sejam a Formação Furnas e o Subgrupo Itararé. No primeiro caso deve ser considerada a possibilidade do diamante estar sendo liberado a partir do retrabalhamento dos níveis conglomeráticos basais da Formação Furnas, os quais podem conter seixos bem arredondados com até 10 cm de alongamento. No caso do subgrupo Itararé a litologia é muito mais variada, incluindo entre outros tipos, conglomerados fluviais e diamictitos de suposta origem glacial. Com relação a essa unidade deve-se ainda destacar, a possibilidade de ela ter tido uma distribuição geográfica mais ampla do que a atualmente exposta e, nesse caso, ela seria a fonte original dos diamantes hoje encontrados em depósitos localizados sobre a Formação Furnas. Depósitos localizados sobre unidades superiores da bacia do Paraná, são raros ou inexistentes e podem ser explicados por mero transporte fluvial do diamante.

MINERAIS PESADOS O estudo dos pesados, representa um aspecto importante nos trabalhos de prospecção em razão das informações que pode fornecer a respeito das fontes dispersoras de minerais em uma certa região (Suguio 1980). 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. As fases minerais presentes nos concentrados foram identificadas por meio de microscopia óptica e difração de raios X. Algumas fases de interesse para a prospecção de kimberlitos tais como granada e ilmenita foram analisadas por meio de microsonda eletrônica com a finalidade de se obter informações sobre o quimismo desses minerais.

A Tabela 1, mostra as assembléias mineralógicas representativas dos concentrados das Bacias Hidrográficas dos rios Tibaji, Laranjinha, Cinzas, Itararé e Verde, os quais são descritos separadamente a seguir.

Salvo indicação em contrário, as observações efetuadas referem-se às frações com granulometria entre $0,250 > \phi > 0,125$ mm.

Magnetita: é o constituinte mais facilmente reconhecível na suite dos minerais pesados, graças a sua forte susceptibilidade magnética a qual permite separá-la através de um ímã 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 (Haggerty 1976), 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.

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 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.

A Tabela 2, apresenta a composição química de ilmenitas dos garimpos do rio Santa Rosa em Tibaji e do garimpo do Atamon em Telêmaco Borba. Observa-se pela referida tabela 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.

Cromita: 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 analisadas. 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 0,4 A. 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.

Granada: a granada é de distribuição menos ampla do que os minerais anteriores, tendo sido observada em apenas 50% dos concentrados analisados. Predominam as granadas de cores rósea e castanho-avermelhada, sendo menos frequentes as de cor castanho-amarelada. Os grãos apresentam-se geralmente com a superfície bastante corroída o que mascara o hábito original dos cristais. Nas frações de granulometria superior a 0,250mm é comum a presença de cristais idiomórficos, bem 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, dispensado as determinações por meio de 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 componentes. Análises químicas representativas de granadas dos rios Itararé, Cinzas, Tibaji, bem como de amostras provenientes do conglomerado Itararé, estão reunidas na Tabela 3. Os dados obtidos mostram que essas granadas são constituídas essencialmente de Al₂O₃ e FeO com teores baixos de MgO, além de impurezas de Ti e Cr. Algumas amostras isoladas revelaram teores destacados de CaO e MnO.

Turmalina: foi observada em todos os concentrados analisados, onde com parece em proporções da ordem de 10 a 15%. Nas frações de granulometria acima de 0,250 mm constitui o acompanhante localmente denominado de "pretinha". Sob lupa mostra cor escura ou castanho esverdeada, 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 clara é de presença subordinada.

A turmalina mostrou um comportamento bastante diferenciado nas amostras submetidas ao separador isodinâmico Frantz. Os cristais pretos ou castanho escuros concentraram-se preferencialmente nas frações separadas a 0,4 A. Tipos mais claros e de hábitos prismáticos concentraram-se preferencialmente nas frações separadas a 0,5 A 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, pleo-

croísmo e alongação negativa dispensaram sua caracterização através de raios X.

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, na cor vermelha intensa. Mais raramente ocorrem cristais prismáticos com estrias longitudinais de cor alaranjada. Nas frações acima de 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 "chumbada". Embora opaco, exibe em alguns casos bordas translúcidas avermelhadas quando examinado sob luz convergente.

Monazita: foi observada em quase todas as amostras de concentrados da região. Comparece normalmente com uma frequência entre 1 a 5% em volume, sendo que nos concentrados do rio Jaguaricatu sua presença é destacável. Ocorre normalmente nas frações separadas a 0,5 A juntamente com turmalina, algum zircão, apatita e outros fosfatos. Apresenta-se como grãos bem arredondados e límpidos de cor amarelo-ouro ou amarelo-limão. Ocorre também com hábito primário achatado. 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.

Xenotíma: é uma fase mineral de pequena expressão, comparecendo nas amostras analisadas em concentração inferior a 1%. Foi observada em cerca de 50% dos concentrados 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 rio Jaguaricatu a xenotíma destaca-se pelos cristais bem formados e pela frequência maior em relação às demais amostras, tendo sido aí observado um caso de crescimento epitáxico com o zircão.

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 roseos. Prismas bipiramidais de cores castanho avermelhado e laranja 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 crosta tomando parte nas paragéneses mais variadas. Nos últimos anos tem sido intensamente investigado sob o ponto de vista das relações entre seu hábito e suas formas cristalográficas, e as respectivas rochas matrizes. Através desse estudo conhecido como tipologia do zircão (Pupin 1976), tem sido classificados diversos tipos de rochas ácidas, intermediárias e alcalinas.

Dentro desse contexto, merece ser destacado o achado de um cristal milimétrico de zircão em um garimpo do rio Tibaji (Ponto 41), na forma de bipirâmide tetragonal, de cor castanha, semelhante aos zircões encontrados normalmente 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.

Anatásio: essa fase foi observada em cerca de 30% 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 con-

fundido com a titanita. Foi observado com maior destaque nos concentrados dos rios Santa Rosa (Ponto 53) e Preto (Ponto 38). Devido ao pequeno tamanho dos cristais, dificilmente é identificado nas amostras não submetidas à separação granulométrica. No âmbito das amostras analisadas, o anatásio foi encontrado preferencialmente nas frações mais finas e de baixa susceptibilidade magnética.

Epidoto: é um mineral comum nos concentrados destacando-se pela 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 essas fases sejam mais raras. Em relação aos piroxênios, com quem podem ser eventualmente confundidos, distinguem-se pelo sinal óptico negativo e índices de refração ligeiramente superiores. Essa fase foi observada com maior frequência e em quantidades maiores nas proximidades da cidade de Tibaji (Pontos 51 a 61).

Goethita: é o mineral mais frequente nas frações de granulometria acima de 0,250 mm, formando agregados de até 1 cm de diâmetro. Em muitos locais chegam a constituir até 90% dos concentrados.

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 exibe aspecto fibro-radiado característico distinguindo-se da limonita que frequentemente comparece nessas frações maiores.

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, Ibaíti e Telêmaco Borba. Nesse trabalho foi recuperado na forma mais fina nos concentrados dos rios Jatibuca, Jaguaricatu, e no garimpo da Ilha dos Cavalos. 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.

Diamante: ocorre em uma faixa balizada aproximadamente pelas bacias dos rios Verde e Tibaji, cujo arcabouço tectônico é o Arco de Ponta Grossa. As características gerais desse diamante estão baseadas no exame de vários lotes comerciais perfazendo um total de 2.500 pedras. A granulometria varia entre 0,04 e 2,0 quilates. Pedras maiores de até 10 quilates são encontradas esporadicamente como por exemplo no Garimpo do Atamon, 17 km a norte de Telêmaco Borba. A morfologia segue o padrão observado em outros locais com o predomínio de cristais rombododecaédricos de faces curvas (Svisero & Haralyi 1985). Quanto a qualidade 60% das pedras podem ser enquadradas na categoria de gemas, sendo as demais comercializadas como indústria e fundo. Em síntese, o diamante do Tibaji é pouco frequente, de distribuição errática, de dimensões pequenas porém de boa qualidade. Nas frações granulométricas estudadas ele foi detectado em uma única amostra proveniente do rio Jatibuca.

Outros minerais: além das fases acima descritas, foram identificadas ainda em proporções menores hercynita, diopsídio-augita, hornblenda, zoisita, apatita, coríndon, cianita, estauroilita, fostatita, hematita e cassiterita.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES Conforme discutido anteriormente e apresentado na Tabela 1, as assembléias mineralógicas identificadas nas áreas dos rios Tibaji, Laranjinha, Cinzas, Itararé e Verde são bastante similares entre si. O conteúdo de pesados variou nos diversos pontos de amostragem sendo pequeno na área da Formação Furnas e relativamente elevado na área dos sedimentos Permo-Carboníferos do Subgrupo Itararé.

Com relação aos minerais traçadores de kimberlitos (Dawson 1980, Mitchell 1986), granadas e ilmenitas, este último mostrou distribuição mais ampla, comparecendo em todas as amostras estudadas. As granadas, por sua vez foram observadas em apenas 50% das amostras.

Análises efetuadas na microsonda eletrônica (Tabelas 2 e 3), revelaram que essas duas fases possuem composição química pouco variável. A Tabela 2, mostra que as granadas são ricas em FeO, com teores baixos de MgO, CaO e MnO. Cálculo dos termos componentes indicaram que essas granadas são constituídas essencialmente por almandina, sendo pobres em pirope e knorringuita, que são as moléculas típicas de granadas kimberlíticas. Esse fato está bem ilustrado no diagrama ternário Fe-Mg-Ca da Figura 2, onde são mostrados os campos composicionais das granadas estudadas e os de granadas de paragêneses kimberlíticas diversas (Svisero et al. 1987). O mesmo ocorre com as ilmenitas, cujos dados químicos mostram valores de MgO muito baixos eliminando a possibilidade de uma derivação kimberlítica. A Figura 3, mostra a relação entre os óxidos MgO e FeO das ilmenitas estudadas, juntamente com ilmenitas de kimberlitos diversos (Svisero & Meyer, 1981), evidenciando-se, também aqui, a diferença entre as duas paragêneses.

A ausência de indicadores de fontes kimberlíticas sugere em princípio que o diamante deve ser reciclado de outras fontes secundárias. Vários autores (Oppenheim 1936, Maack 1947), sugeriram anteriormente que as unidades rudáceas da bacia do Paraná, poderiam ser a fonte dispersora do diamante da região do Tibaji e áreas adjacentes.

Observações efetuadas no decorrer desse trabalho confirmam essas idéias. Assim sendo, foram observados em diversos depósitos, considerados anteriormente como terraços fluviais elevados, uma passagem gradual para diamictitos do Subgrupo Itararé, sugerindo que os referidos depósitos são produtos do retrabalhamento "in situ" dos litotipos rudáceos dessa unidade. Essa idéia é corroborada por outras observações de caráter geral, tais como a pequena expressão dos garimpos, o baixo teor em diamantes, o caráter efêmero das lavras e a ausência de minerais paragenéticos de kimberlitos, conforme demonstrado nesse trabalho. Quadro totalmente distinto se observa no oeste de Minas Gerais onde são conhecidas diversas intrusões kimberlíticas (Svisero et al. 1984). Nessa região os garimpos são incomparavelmente mais ricos, os concentrados contêm granadas e ilmenitas kimberlíticas e a atividade de lavra é contínua durante todo o ano.

Por outro lado, a Figura 4 mostra que as ocorrências diamantíferas da região do Tibaji estão balizadas pelo Arco de Ponta Grossa. Observa-se pela referida figura, que as ocorrências até agora conhecidas acompanham o contorno da bacia do Paraná com o embasamento pré-cambriano, concentrando-se na porção central do Arco, mas sempre no interior da Bacia. Outro aspecto interessante é a ocorrência de diversas intrusões alcalinas distribuídas preferencialmente ao longo do alinhamento central e aparentemente controladas por esse alinhamento.

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 ocorrências 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 aí 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, em especial da bacia do Paraná, essa sinéclise foi palco de um conjunto de fenômenos de reativação de plataforma que aconteceram sobretudo nos estágios finais de sua evolução. Esses episódios caracterizam-se por um magmatismo básico toleítico 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 nessa zona 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 (Chieragati 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 três 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 há 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.

AGRADECIMENTOS Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Processo nº 402204/89-1, o apoio dado a presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGARTE, J.P. - 1972 - A influência dos arqueamentos 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. - 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. - 1986 - Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. Rev. Bras. Geoc., 16 (4): 325-349.
- BARDET M.G. - 1964 - Controle geotectonique de la repartition des venues diamantifères dans le mond. Chron. Mines. Rech. Minière, 328/329: 67-89.

- BARELLI, N. - 1973 - Contribuição ao estudo do diamante do rio Tibaji, Paraná. Tese de doutoramento apresentada ao Departamento de Química da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Araraquara, 124 p.
- BASTOS, A.A. - 1936 - Exploração do rio Tibaji. In: BRASIL. Serviço Geológico e Mineralógico. Relatório Anual Diretoria, Rio de Janeiro 148: 53-62.
- CARMO, L.S. - 1983 - Projeto Tibaji. Relatório de Prospeção preliminar nº 2. São Paulo, CPRM, 25 p.
- CHIEREGATI, L.A. - 1989 - Aspectos mineralógicos, genéticos e econômicos das ocorrências diamantíferas da região nordeste do Paraná e sul de São Paulo. Tese de Mestrado apresentado no Instituto de Geociências da USP, 180 p.
- 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.
- CHIEREGATI, L.A.; SVISERO, D.P.; CARMO, L.S. - 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.
- 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.
- DAWSON, J.B. - 1980 - Kimberlites and their xenoliths. New York, Springer Verlag. 254 p.
- DERBY, O.A. - 1978 - Geologia da região diamantífera do Paraná, Brazil. Archivo Museu Nacional, Rio de Janeiro. 3: 89-98.
- FERREIRA, F.J.F. - 1982 - Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa. Tese de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da USP, 170 p.
- 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.
- HAGGERTY, S.E. - 1976 - Opaque mineral oxides in terrestrial igneous rocks. Mineralogical Society of America, Reviews in mineralogy, Ribbe P.H. Editor, v.3, chapter 8, p. 101-300.
- KIRILOV, A.S. - 1961 - The relation of magmatism with tectonics in the Siberian Plataform, Geol. Geofiz. 11: 40-46 (In Russian).
- KNECHT, T. - 1935 - Os minerais e minérios do Estado de São Paulo. Boletim Secretaria Agricultura, São Paulo. 93 p.
- MAACK, R. - 1947 - Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Arquivo Biologia Tecnologia, Curitiba, 11: 63.
- MITCHELL, R.H. - 1986 - Kimberlites: Mineralogy, Geochemistry and Petrology. Plenum Press, New York, London, 442 p.
- 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, Comissão Geográfica Geológica, 12 p.
- PARFENOFF, A., POMEROL, C.; TOURENO, J. - 1970 - Les Mineraux en Grains: Méthodes d'étude et détermination. Paris, Masson & Cie., 578 p.
- PUPIN, J.P. - 1976 - Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches em petrologie. Base de la methode typologique. Applications. These de doctorates - sciences, Lab. de Pétrologie Minéralogie, Université de Nice, 394 p.
- SUGUIO, K. - 1980 - Rochas sedimentares. Editora Blücher, Universidade de São Paulo, 500 p.

- SVISERO, D.P. - 1979 - 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.; DRUMOND, D.; HARALYI, N.L.E.; MORAES, 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.
- SVISERO, D.P. & HARALYI, N.L.E. - 1985 - Caracterização física do diamante da mina de Romaria, Minas Gerais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 3, Belo Horizonte. Atas... Belo Horizonte, SBG, v.5, p. 140-153.
- 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.; MEYER, H.O.A.; HARALYI, N.L.E.; HASUI, H. - 1984 - A note on the geology of some Brazilian kimberlites. Journal of Geology, v. 92, p. 331-338.

TABELA 1 - ASSEMBLÉIAS MINERALÓGICAS REPRESENTATIVAS DOS CONCENTRADOS DA REGIÃO DIAMANTÍFERA DO TIBAJI

Bacia Hidrogr. ponto	Rio Verde						Rio Itaré					Rio Jaguaraiá					Rio Cinzas					Rio Laranjinha					Rio Tibaji				
	1	2	3	5	7	19	12	13	14	15	21	24	25	27	28	29	30	31	33	34	35	37	39	40	41	42	46	47	53	55	57
Mineral	Y	Y	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	15	-	01	Y	Z	15	03	03	15	-	Y	Y	Y	Y	03	15	15	15	15	15
magnetita	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	X	40	03	03	Y	Z	15	15	40	40	03	X	Y	X	X	15	15	40	60	40	40	15
ilmenita	Z	-	-	-	-	Z	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	-	-	03	-	-	Z	Y	Z	Z	-	03	-	03	03	03	01
cromita	Z	-	Z	-	-	-	Z	Z	Z	Z	-	-	-	-	-	01	-	-	-	01	Z	-	Z	Z	-	01	-	-	-	-	-
espinélio (s.l.)	Z	Z	Z	-	Z	Z	-	-	-	Y	01	85	-	-	Z	-	-	15	03	-	Z	Z	Z	Z	Y	03	03	01	03	15	15
limonita	Y	Z	-	-	Y	Y	-	Z	Z	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	60	Z	-	Z	Y	01	03	03	03	-	-	03
granada	Y	Y	Z	Y	Y	Y	Y	Z	Z	Y	01	05	40	Y	Z	01	15	15	15	15	Y	Y	Y	Y	15	15	15	15	15	15	15
turmalina	-	-	Z	-	Z	-	Z	-	Z	Z	-	-	-	-	-	03	03	-	-	-	Z	Z	Z	-	-	-	-	-	-	03	-
epídoto	Z	-	-	-	-	Z	-	-	-	Z	-	-	-	-	-	-	03	-	-	-	-	-	-	Y	-	-	-	01	-	15	-
piroxênio	Z	-	Z	-	-	-	-	-	Z	Z	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Z	-	-	-	-	-	03	03
anfibólio	Z	Z	-	Z	Z	-	Z	Z	Z	Z	15	01	03	Y	Y	40	03	15	03	03	Z	Z	Y	Z	03	03	03	03	15	03	03
rutilo	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Y	03	01	03	Z	Z	03	03	03	01	01	Z	Y	Z	Z	15	03	01	03	03	03	03
monazita	Z	-	-	Z	-	Z	-	Z	Z	Z	01	-	-	Z	Z	-	-	01	-	-	Z	Z	Z	-	-	01	-	01	-	-	01
xenotima	-	Z	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01	01	-	-	-	Z	-	-	01	-	-	-	-	01	-
apatita	Z	Z	-	Z	-	Z	-	-	-	-	01	-	01	-	-	01	-	01	01	01	Z	Z	Z	Z	01	-	01	01	-	-	-
fosfato (s.l.)	Y	Y	Z	Y	X	Y	Y	X	Y	Y	15	01	15	Y	X	40	15	15	40	03	Y	X	Y	Y	40	40	15	15	15	15	40
zircão	-	-	Z	-	Z	-	Z	Z	Z	-	-	-	01	-	-	01	-	01	-	-	-	Z	Z	-	-	01	-	-	03	01	01
estauroilita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01
clanita	Z	-	-	Z	-	-	-	Z	Z	-	01	-	01	Z	Z	01	-	-	-	01	Z	-	-	-	01	-	-	-	-	01	-
anatásio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
coríndon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Z	-	-	-	-	-	-	-
cassiterita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sulfetos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01	-	01	-	-	Z	-	-	-	01	01	01	-	-	03
ouro	Z	-	-	-	-	Z	-	Z	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
diamante	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

análise qualitativa: X > 50%; Y=5-50%; Z < 5%

semi-quantitativa: 60=50-75%; 40=25-50%; 15=5-25%; 3=1-5%

TABELA 2 - ANÁLISES QUÍMICAS REPRESENTATIVAS DE ILMENITAS DA REGIÃO DIAMANTÍFERA DO TIBAJI

Análise nº Óxidos	100	122	124	125	128	132	133	136	138	139	141	145
TiO ₂	50,85	51,35	50,39	51,83	48,82	50,06	51,03	51,47	52,29	51,52	51,69	51,68
Al ₂ O ₃	0,04	0,40	0,07	0,00	0,27	0,05	0,05	0,02	0,02	0,09	0,03	0,06
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,03	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	47,23	45,77	46,78	46,64	46,66	47,78	47,20	47,88	45,22	47,76	45,40	46,56
MgO	0,55	0,47	0,59	0,53	2,13	0,17	0,17	0,23	0,27	0,95	1,16	0,72
MnO	0,61	0,61	0,44	0,63	0,39	0,64	0,54	0,68	0,68	0,54	1,10	0,62
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
ZnO	0,00	0,16	0,10	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
TOTAL	99,28	98,40	98,37	99,66	98,57	98,77	98,98	100,37	98,48	99,94	99,38	99,63

TABELA 3 - ANÁLISES QUÍMICAS REPRESENTATIVAS DE GRANADAS DA REGIÃO DIAMANTÍFERA DO TIBAJI

Análise nº Óxidos	4	8	13	20	38	45	54	69	76	81	87	90
SiO ₂	36,73	36,67	33,83	35,44	35,62	35,07	36,75	35,74	35,31	35,08	35,53	33,92
TiO ₂	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,12	0,00	0,00	0,13	0,11	0,00	0,02
Al ₂ O ₃	23,71	23,30	22,64	23,12	22,77	22,01	22,64	22,26	22,64	22,93	23,67	22,85
Cr ₂ O ₃	0,00	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,06	0,00
FeO	29,70	28,00	32,35	34,08	30,66	25,55	31,32	29,56	30,72	32,54	30,57	34,68
MgO	8,63	6,58	0,96	5,00	4,74	0,78	5,37	3,03	2,75	4,07	6,81	1,44
CaO	0,88	4,92	0,36	0,90	0,83	0,45	1,21	2,65	5,40	1,06	1,03	0,36
MnO	0,23	0,68	9,92	1,38	4,48	16,47	2,61	6,92	2,39	3,74	2,40	6,34
TOTAL	99,88	100,26	100,08	99,92	99,12	100,45	99,90	100,16	99,36	99,56	100,07	99,61

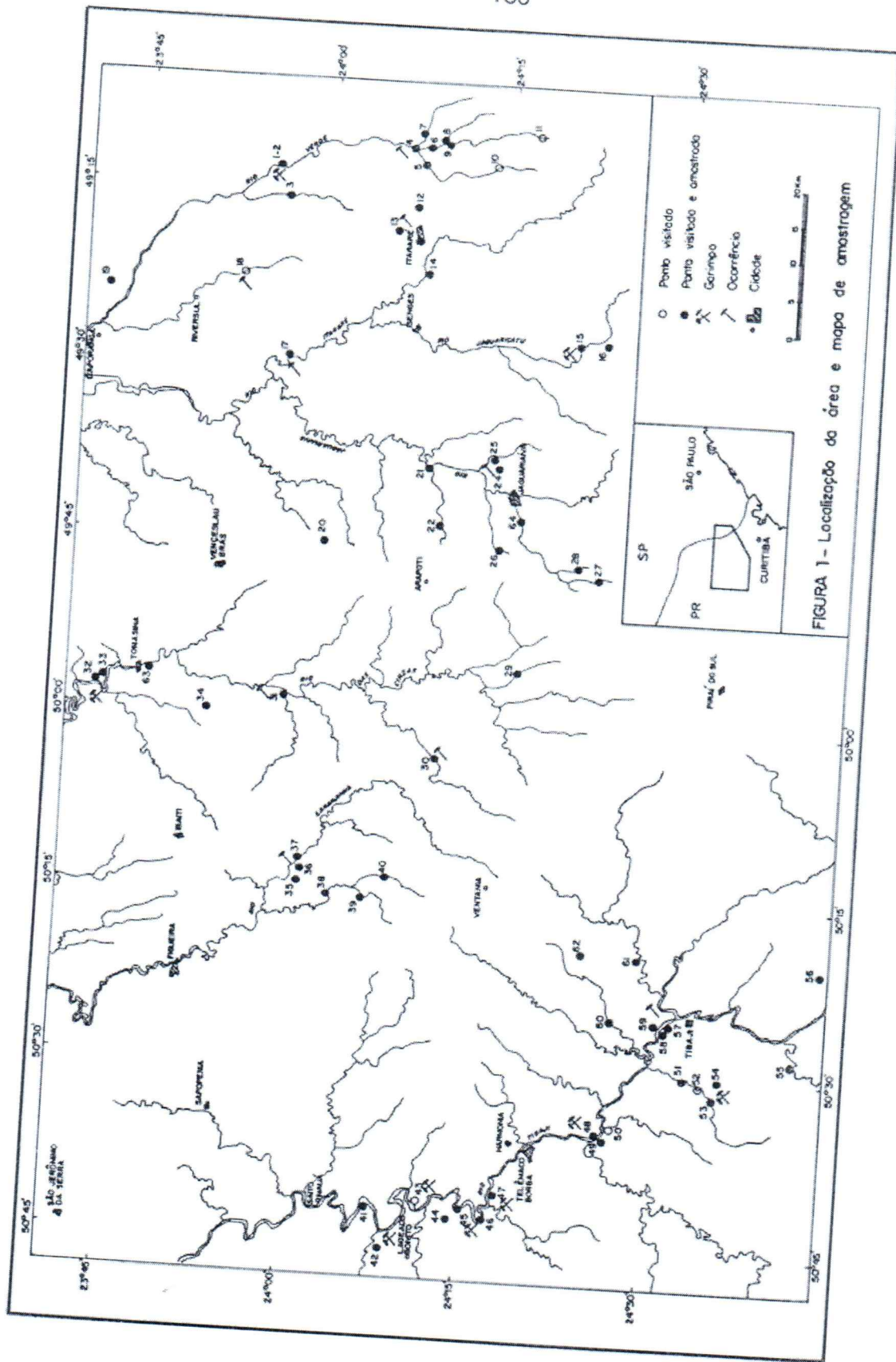


FIGURA 1 - Localização da área e mapa de amostragem

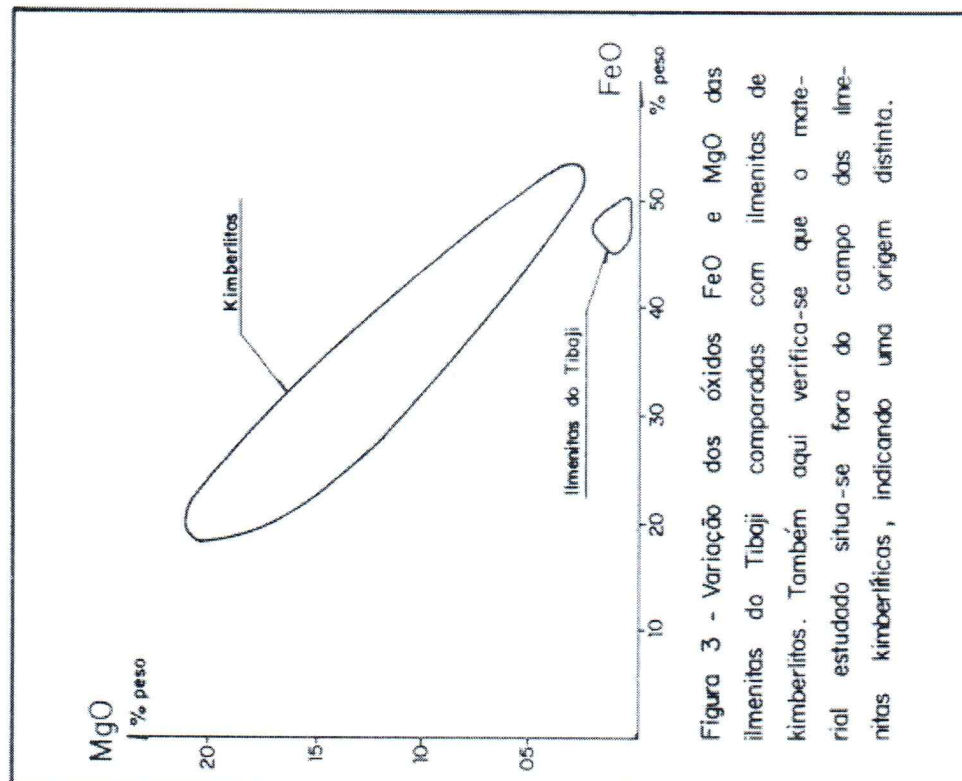
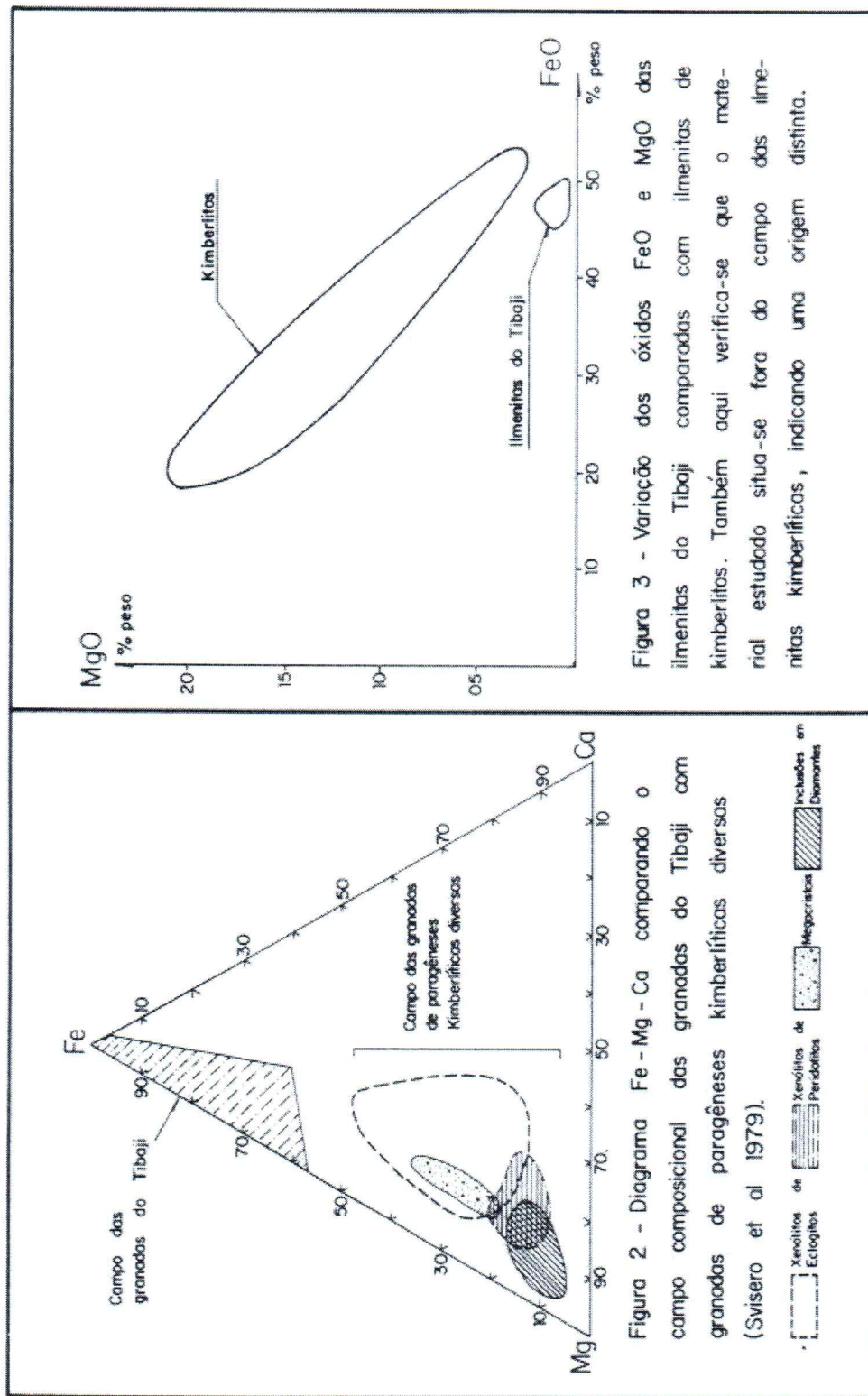




Figura 4 - Mapa de distribuição do diamante sul de São Paulo e nordeste do Paraná evidenciando controle estrutural e estratigráfico das ocorrências.