DUAS NOVAS OCORRÊNCIAS DE CARBONATITOS: MATO PRETO E BARRA DO RIO ITAPIRAPUÃ

FRANCISCO E. LAPIDO LOUREIRO* e JOSÉ RUBENS TAVARES**

ABSTRACT The existence of two new important carbonatite complexes is discussed. They are located at the limit between the states of São Paulo and Paraná in the valley of the Ribeira River, one to the north of its confluence with the Itapirapuã River, and the other close to the village of Mato Preto. The massif of the former consists of a silica-carbonatite plug, subcircular to ellipsoidal in shape, with a WNW-ESE trending major axis about 2 km long. The Mato Preto alkaline-carbonatite complex is, in general, intensely weathered. It is formed of alkaline rocks (phonolites, porphyry-phonolites and nepheline-syenites) and feldspathic-carbonatite breccias cut by veins, dykes and lenses of magnetite-calcite-carbonatite (magnetite sovite), strongly radioactive, locally enriched in iron oxides and distinct small magnetite bodies. The existence of an intense process of silification is observed, giving rise to the formation of siliceous rocks, sometimes highly enriched in fluorite. The main geological, petrographical and geochemical characteristics of the two complexes are presented, and an attempt is made to elucidate their genesis from these data within the geological-structural context.

INTRODUÇÃO O presente trabalho baseia-se na comunicação oral apresentada, pelos autores, numa das sessões técnicas do XXX Congresso Brasileiro de Geologia, realizado no Recife, em 1978. Entendeu-se que havia interesse em divulgar a existência e as principais características de duas importantes ocorrências de carbonatitos junto ao povoado de Mato Preto (PR) e da Barra do Rio Itapirapuã (SP) por não ter sido encontrada, na literatura geológica, qualquer referência a elas, mesmo nos trabalhos que incidiram sobre a geologia dessas áreas. Deve acentuar-se, contudo, que as pesquisas efetuadas visaram essencialmente à avaliação desses dois complexos como fontes de minerais radiativos.

Em 1976, uma equipe de campo da Nuclebrás confirmou a existência de fortes e numerosas anomalias radiométricas nas proximidades da povoação de Mato Preto, onde já era conhecida a presença de rochas alcalinas. Durante os trabalhos de reconhecimento radiogeológico dessa área, descobriu-se a presença de carbonatitos e verificou-se que a alta radiatividade estava principalmente associada a esse tipo litológico. Realizou-se então o mapeamento em escala de 1:1 000 de duas áreas selecionadas, num total de 1,8 km², para melhor definição de suas características geológicas e interpretação/integração dos resultados dos trabalhos de avaliação. A fotointerpretação regional e a análise dos dados dos levantamentos aeromagnetométrico e aerogamaespectrométrico da área deixaram prever a existência de outro complexo carbonatítico, na margem esquerda do Rio Itapirapuã, junto a sua confluência com o Rio Ribeira. Em janeiro de 1977, um primeiro reconhecimento e o estudo das amostras então coletadas confirmaram a presença de importante *plug* carbonatítico naquele local. Posteriormente, como resultado do mapeamento na escala de 1:25 000 de uma área de 160 km² na região do Rio Itapirapuã, foi detectada a presença de vários pequenos corpos de rochas alcalinas, além do maciço de Itapirapuã, já bem conhecido (Gomes, 1970), e de numerosas anomalias radiométricas. (Os trabalhos de mapeamento geológico em Mato Preto e Itapirapuã foram realizados por um dos autores (Tavares, J. R.) e pelos geólogos J. Nagalli, Militão Braga e R. Marquesani.)

A área do complexo alcalino-carbonatítico de Mato Preto está situada no município de Cerro Azul (PR), tendo como coordenadas do centro 49°12' de longitude oeste e 24°45' de latitude sul (Fig. 1). Dista de Curitiba cerca de 110 km.

O complexo carbonatítico da Barra do Rio Itapirapuã situa-se ao norte do Rio Itapirapuã, nas proximidades de sua confluência com o Rio Ribeira. Tem como coordenadas do centro 49°13'00" de longitude oeste e 24°41'30" de latitude sul (Figs. 1 e 2). Pertence ao município de Ribeira (SP) e dista, em linha reta, cerca de 90 km da cidade do mesmo nome.

A região faz parte do Vale do Ribeira. O acentuado relevo, aliado ao clima intensamente chuvoso e à falta de estradas, faz dessa área uma das mais inóspitas e pobres do país.

GEOLOGIA REGIONAL E ASPECTOS MORFO-TECTÔNICOS

As rochas alcalinas e/ou carbonatíticas da região do vale do Rio Ribeira constituem um conjunto que designaremos por "Subprovíncia Alcalino-Carbonatítica dos rios Ribeira e Itapirapuã". É formada por corpos de dimensões e composições variadas, intrusivos nos metassedimentos pré-cambrianos do Grupo Açungui e no granito Três Córregos, este, por sua vez, também intrusivo nas rochas do citado grupo (Bigarella *et al.*, 1967). Mas, enquanto o complexo alcalino-carbonatítico de Mato Preto se situa no contato entre as rochas do Grupo Açungui e o granito Três Córregos, o da barra do Rio Itapirapuã é essencialmente intrusivo no referido granito (Fig. 1).

São frequentes os diques básicos de direção NW—SE relacionados com os derrames basálticos toleíticos da Bacia do Paraná, de idade jurássica-cretácica.

Toda a região se mostra de relevo denso, com vales profundamente entalhados. Destaca-se neste aspecto o Rio Ribeira, o mais importante, na generalidade fortemente encaixado e com corredeiras. Há nítido predomínio do intemperismo químico provocando alteração intensa das rochas.

O complexo alcalino-carbonatítico de Mato Preto não tem expressão morfológica específica enquanto o maciço carbonatítico da Barra do Rio Itapirapuã se destaca bem por suas características fisiográficas. Trata-se na realidade de

* Nuclebrás-Empresas Nucleares Brasileiras S.A., Av. Presidente Wilson, 231, 5º andar, CEP 20030, Rio de Janeiro, RJ

** Nuclebrás-Empresas Nucleares Brasileiras S.A., Rua Gonçalves Dias, 55, Batel, CEP 80000, Curitiba, PR

uma estrutura tronco-cônica limitada por enormes paredões, nomeadamente ao sul. A cota máxima é de 781 m, havendo um desnível, em relação ao vale do Rio Ribeira, de 580 m. Falhas secundárias subcirculares e de direção NE originam escarpados de grandes dimensões e sulcos profundos. O topo deste *plug* silico-carbonatítico apresenta-se aplainado, prolongando-se por um estreito "istmo" em direção ao maciço alcalino de Itapirapuã. Declives que chegam a atingir a vertical; uma estrutura subcircular; atitude intrusiva da massa carbonática condicionada por possíveis falhas; existência de certas formas típicas de rochas calcárias, tais como cavernas e dolinas; e o fato de coincidir com uma área de forte anomalia radiométrica e magnética levou-nos, desde o início, a considerar essa estrutura como carbonatítica, o que desde logo se confirmou no primeiro reconhecimento de campo.

Sabe-se que os complexos alcalinos do sudeste brasileiro podem ser agrupados em duas províncias tectono-metalopetrográficas: a do litoral dos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, e a da zona mineira-goiana-paranaense que circunda a Bacia do Paraná. A primeira está relacionada à Faixa de Dobramentos Paraíba do Sul e a segunda às faixas de dobramentos Brasília, Uruaçu e Sudeste. Nesta província, os complexos apresentam notável variedade litológica, que vai dos termos ultrabásicos aos hiperalcalinos, sendo freqüente a existência de grandes massas carbonáticas, como é o caso das duas ocorrências, agora referidas e onde se localizam importantes jazidas de nióbio, fosfato, titânio, terras raras, vermiculita e titano-magnetitas. Seu relacionamento com a Bacia do Paraná, tal como reconhece Grossi Sad (1972), parece não ser fortuita. A associação de uma tectônica profunda, tensional e solidária com movimentos do escudo brasileiro às falhas de distensão relacionadas com a Bacia do Paraná deve ter sido o veículo que proporcionou a forte atividade magmática alcalina e sua distribuição regular ao longo das bordas da sinéclise. As geoclases abertas no escudo cristalino relacionadas com falhas e/ou interseção de falhas po-

derão ser condutos potenciais dos magmas alcalino-carbonatíticos (Algar, 1972).

Os trabalhos já executados pela Nuclebrás permitem formular, como hipótese muito provável, a associação do complexo alcalino-carbonatítico de Mato Preto à importante falha que já está reconhecida de um ponto situado a cerca de 14 km a oeste da cidade de Cerro Azul, às proximidades daquele complexo, numa extensão não inferior a 15 km.

O complexo carbonatítico na Barra do Rio Itapirapuã situa-se num alinhamento NW definido pelo eixo de alongamento do maciço alcalino de Itapirapuã e parece ser condicionado a nordeste e ao sul por falhas cuja existência foi admitida a partir da análise dos estereopares.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, PETROGRÁFICAS E GEOQUÍMICAS

Mato Preto e Barra do Rio Itapirapuã são dois complexos alcalino-carbonatíticos que fazem parte do conjunto de intrusões ultramáfico-alcalino-carbonatíticas que circundam a Bacia do Paraná. Esse importante cinturão parece definir, nos limites NE do Estado do Paraná e SW do Estado de São Paulo, dois conjuntos petrográficos: a) um, formado por estruturas alcalino-carbonatíticas (Mato Preto, Barra do Rio Itapirapuã); e b) outro, constituído por intrusões alcalinas (Tunas, Sete Quedas, Barra do Teixeira, Banhadão, Itapirapuã, e vários outros pequenos corpos nas áreas de Cerro Azul e de Itapirapuã, que se apresentam quer sob a forma de *necks*, quer de estruturas filonianas). Correspondem-lhes também, sob o ponto de vista radiométrico, dois tipos distintos, pois as anomalias mais intensas se localizam, de preferência, nos complexos com carbonatitos (Fig. 3).

Esses dois conjuntos petrográficos devem corresponder a dois agrupamentos distintos situados na flexura do Arco de Ponta Grossa: a) o de Tunas-Itapirapuã, formado apenas por rochas alcalinas, praticamente sem carbonatitos, com idades de 100 a 110 m.a. (Cordani e Hasui, 1968); e b) o de Mato Preto, que inclui os complexos alcalinos dessa área com idades entre 67 e 73 m.a. e, no caso de Mato Preto (e talvez também no de Barra do Rio Itapirapuã, cuja idade se desconhece), com grande volume de carbonatitos.

Mato Preto Os trabalhos levados a efeito na região de Mato Preto revelaram a existência, nessa área, de várias fases de magmatismo alcalino, que se alternaram na formação do complexo.

A primeira caracterizou-se por um resfriamento lento em profundidade com a formação de ijolitos e nefelina sienitos.

A segunda, de caráter explosivo, deu origem a tufos e brechas vulcânicas com matriz silico-carbonática e clastos de rochas alcalinas, granitos e fenitos (rochas de composição sienítica ou apenas feldspática, provavelmente resultantes da feldspatização e dessilicificação das rochas graníticas originais).

A terceira fase formou os carbonatitos calcíticos (eventualmente incluindo apatita sövitos) com pirocloro e minerais com terras raras e magnetita sövitos que afloram ao sul da área. Esse tipo litológico é fortemente radiativo e rico de ferro, terras raras, tório e fósforo.

A última, de caráter extrusivo, formou fonólitos e fonólitos pórfiros.

Há que acrescentar fenômenos tardimagmáticos (hidrotermiais?) responsáveis por processos de silicificação e de enriquecimento em fluorita. Pode verificar-se ainda a deposição de sílica (calcedônia) e, por intemperismo, a formação de limonita e goethita em minerais de argila.

Foi observada a presença de diques de rochas básicas, cujo posicionamento cronológico não ficou bem estabelecido:

Figura 1 — Localização das principais ocorrências de rochas alcalinas e básicas do médio vale do Rio Ribeira do Iguape (São Paulo—Paraná)

Figura 2 — Subprovincia alcalina do Rio Ribeira—Rio Itaipapu (adaptado de D'Elboux et al., 1982).

Figura 3 — Faixa aeromagnética-cintilométrica Banhadão(a), Itaipapu(b) e Barra do Rio Itaipapu(c), segundo Ferreira e Algarte (1979).

A Nuclebrás, após reconhecimento preliminar, selecionou duas áreas (Mato Preto 1 e 2) no complexo alcalino de Mato Preto para detalhamento. Essas duas áreas foram mapeadas na escala de 1:1 000 (Fig. 4).

Em Mato Preto 1, verifica-se a presença de duas variedades de carbonatitos: a primeira, formando uma brecha feldspático-carbonatítica, pobre de óxidos de ferro, pouco radioativa; e, uma segunda, representada por carbonatito marrom, com minerais de ferro, mais radioativa, ao qual estão associados, nas amostras analisadas, altos teores de Fe_2O_3 (até 15%) e, mais irregularmente, terras raras (até 12,8%), ThO_2 (até 3,8%) e P_2O_5 (até 6%). Além do ferro e do tório, parece contudo não haver grande diferença na composição desses dois tipos de carbonatitos, nos quais os teores de U_3O_8 raramente ultrapassam os 50 ppm.

A variação dos teores de P_2O_5 acompanham, de modo geral, os do ferro, chegando a atingir valores próximos de 6%.

Os resultados de Nb_2O_5 mostraram que esse elemento está disseminado tanto nas rochas alcalinas como nos carbonatitos, com valores médios de 0,15% e máximos de 0,4%. O mesmo pode ser dito em relação aos teores de TiO_2 , que apresentam valores médios de 0,5%.

Foram analisadas amostras de magnetita sövito, fonólito e magnetita. Nas primeiras, foram encontrados valores de até 12,84% de TR (terras raras), com 0,9% de La e valor médio de 7,5% em oito amostras; de 5% a 18% de Fe_2O_3 ; e até 2% de TiO_2 . Em amostras de magnetita obteve-se um teor de 2% de lantânio. Uma de fonólito revelou os mais baixos teores de La (100 ppm) e Y (30 ppm).

Em Mato Preto 2, a maior massa carbonatítica revelada pela quantidade de afloramentos, pela morfologia (existência de uma dolina), pelo material extraído de uma galeria abandonada e ainda pelos testemunhos das sondagens efetuadas por uma empresa de mineração parece situar-se na

parte NW do complexo. Os furos de sonda mostraram que é abundante uma rocha vacuolar, silicosa (resultante da silicificação dos carbonatitos?) e que se mostra sempre enriquecida em fluorita, por vezes com altos teores. Níveis argilosos provenientes talvez de falhas são frequentes.

Os carbonatitos observados são, na generalidade, bem mais ricos em fluorita e pirita e mais pobres de óxidos de ferro que os de Mato Preto 1. Os teores médios de U_3O_8 , embora baixos (50 ppm em rochas alcalinas, 43 ppm em carbonatitos, 45 ppm em alteritos fluoríticos e/ou argilosos), são cerca de 3,5 vezes superiores aos de Mato Preto 1 (12,5 ppm em carbonatitos e 11,7 em rochas alcalinas). Os teores médios de ThO_2 são apenas ligeiramente superiores em Mato Preto 2. A razão $\text{U}_3\text{O}_8/\text{ThO}_2$ é duas vezes maior nos carbonatitos de Mato Preto 2 que de Mato Preto 1. Para as rochas alcalinas é 3,35 vezes maior (0,041 em Mato Preto 1 e 0,138 em Mato Preto 2).

Barra do Rio Itapirapuã O complexo carbonatítico da Barra do Rio Itapirapuã ainda não deu lugar a estudo detalhado. Não deve ser confundido com o maciço alcalino de Itapirapuã, embora se situe em suas proximidades e possa ser associado a mesma atividade ígnea que culminou na formação das rochas carbonatíticas.

Constitui um *plug* de forma elipsoidal a subcircular, com o eixo maior orientado para NW e com uma área aproximada de 2 km². É limitado ao sul por uma grande escarpa de falha.

Todo o maciço é circundado por espessos depósitos de vertente que escondem seus contatos com as rochas encaixantes (granito Três Córregos). Os escassos afloramentos e alguns blocos soltos observados deixam prever que haja uma importante auréola de fenitização, ela própria afetada talvez por uma atividade alcalina tardia. Na margem direita do Rio Ribeira ainda existem reduzidos corpos de carbonatitos constituindo pequenas chaminés de brechas sílico-carbonatíticas radiativas.

Na Barra do Rio Itapirapuã podem considerar-se, pelo menos, duas variedades de carbonatitos: uma, com estruturas fluidais e interdigitações silicosas e, outra, de rochas brechóides e feldspato-carbonatíticas. O carbonatito calcítico (sövito) penetra na rocha brechóide original sob a forma de filonetes e pequenas lentes, aproveitando linhas de maior fragilidade resultantes, talvez, de uma microtectônica de reajustamento tensional.

Em alguns pontos foram observados vestígios de uma atividade tardímagmática e/ou hidrotermal, responsáveis pela silicificação intensa e enriquecimento em fluorita, barita e sulfetos.

No extremo leste do maciço, junto ao Rio Ribeira aflora uma brecha feldspático-carbonática com matriz carbonática marrom-arroxeadada, rica de óxidos de ferro, fluorita e galea. No local são também visíveis xenólitos de granito, fenitizados e muito alterados. Todo esse conjunto é fortemente radiativo.

O maciço da Barra do Rio Itapirapuã corresponde a forte anomalia aerocintilométrica que se prolonga para a margem direita (este) do Rio Ribeira. Trata-se de uma área não inferior a 3 km², toda ela radiometricamente anômala.

CONCLUSÕES Mato Preto e Barra do Rio Itapirapuã são dois complexos alcalino-carbonatíticos, sendo que, no primeiro, se verifica uma maior diversificação de rochas alcalinas que no segundo, que parece ser essencialmente carbonatítico.

Figura 4 — Esboço e perfil geológico do complexo alcalino de Mato Preto

Em Mato Preto foram identificados ijolitos, sienitos, fonólitos pórfiros, carbonatitos e brechas feldspático-carbonatíticas. Material de natureza sienítica ou xenólitos graníticos fenitizados poderão ser considerados como metassomatitos provenientes das rochas regionais.

No complexo de Mato Preto parece não se verificar uma disposição zonada das rochas alcalinas e dos carbonatitos. Os fluidos carbonatíticos devem ter penetrado nas rochas alcalinas e regionais formando uma "chaminé" de brecha feldspático-carbonatítica, uma densa rede de diques e filonetes (*stockwork*) e individualizando-se em massas maiores sob a forma de lenticulas ou corpos irregulares. Constata-se um processo de carbonatização intensa das rochas preexistentes dando origem a sílico-carbonatitos e brechas feldspático-carbonatíticas. É na parte central noroeste do complexo que existe o maior volume de carbonatitos, com enriquecimento local em fluorita e sulfetos.

Pode-se, pois, afirmar que a atividade geradora da fase carbonatítica, no complexo alcalino-carbonatítico de Mato Preto, promoveu a concentração de vários elementos, nomeadamente tório, terras raras, ferro e fósforo, e de minerais, como a fluorita, e de forma bem mais tênue urânio, nióbio e titânio.

Os teores mais elevados de terras raras (12%) estão no magnetita-sóvito radiativo. Já nos solos residuais, seu teor não ultrapassa os 9%. Alguns poucos resultados de análises mostraram haver também enriquecimento de terras raras, com teores de até 9,9% no corpo de minério de fluorita de Mato Preto 2. As amostras estudadas revelaram que a fluorita pode atingir 65% na composição da rocha silicosa. É nesta área que se situa, com efeito, a zona mais enriquecida em fluorita e é também aqui que se apresentam os valores médios mais altos em P, Nb e Ti. Os teores de urânio são sempre baixos, raramente atingindo 100 ppm, situando-se, em média, em torno de 30 a 40 ppm e, com base nas análises disponíveis, verifica-se que são mais elevados em Mato Preto 2.

Refira-se a presença em Mato Preto de rochas ricas em magnetita, calcita e apatita. Tal fato sugere que pode ser encarada a hipótese da existência de rochas do tipo camaforito, tal como definidas por Borodin *et al.* (1973). É um assunto em aberto que deveria merecer pesquisa detalhada específica.

Os complexos carbonatíticos de Mato Preto e Barra do Rio Itapirapuã devem merecer estudos detalhados visando a

correta avaliação de seu potencial econômico, que parece ser promissor. Em Mato Preto já são conhecidas extensas mineralizações de fluorita, disseminadas em rocha silicosa vacuolar, filonianas e de origem supergênica nos alteritos superficiais. São também conhecidas concentrações e/ou áreas enriquecidas em magnetita, apatita, pirita, bornita, terras raras, nióbio, tório, zircônio e urânio. No maciço Barra do Rio Itapirapuã detectaram-se mineralizações de magnetita, barita, apatita, galena e fortes anomalias geoquímicas de terras raras, nióbio, tório e urânio.

Mato Preto e Barra do Rio Itapirapuã coincidem nas intensas anomalias aerogamaespectrométricas de até 3 750 e 5 000 cps (contagem total) respectivamente (valores obtidos com gamaespectrômetros Explorarium modelo DIGRS—3 001 a uma altura de voo de 150 m.)

Segundo Ferreira e Algarte (1979) as tendências magnéticas da faixa Banhadão—Itapirapuã mostram um domínio das estruturas na direção E—W (Fig. 3). A distribuição das anomalias gamaespectrométricas também confirma a mesma direção. Aqueles autores, com base na interpretação magnética (qualitativa e quantitativa) e nos dados geológicos, admitem a possibilidade de se delimitar uma "provável subcâmara magmática de aproximadamente 400 km², alongada segundo E—W, representando as raízes do distrito alcalino de Cerro Azul. Seu caráter superficial é corroborado por inúmeros e pequenos corpos fonolíticos registrados no domínio do polígono Banhadão—Itapirapuã—Mato Preto—Cerro Azul" (Ferreira e Algarte, 1979). É ainda opinião deles que a faixa E—W estabelece um controle estrutural orientativo que poderá permitir a localização de novos corpos alcalinos, em superfície ou subsuperfície, subordinados a fenômenos ocorridos a níveis mais profundos da crosta e de escala continental, "ao passo que o direcionamento preferencial de alguns maciços segundo NW vincula-se a processos desenvolvidos em níveis supracrustais, relacionáveis a zonas de flexuras regionais ou de alívio de tensão (fissuramentos)" (Ferreira e Algarte, 1979).

Deve-se acentuar que o maciço da Barra do Rio Itapirapuã é exemplo de uma grande massa de rochas carbonatíticas não associada diretamente (pelo menos em superfície) a rochas alcalinas primárias nem a rochas básicas e/ou ultrabásicas. Tal fato, que é bem conhecido na África, parece constituir verdadeira exceção no Brasil.

BIBLIOGRAFIA

- ALGARTE, J.P. — 1972 — A influência dos arqueamentos cratônicos no condicionamento das alcalinas dos Estados de São Paulo e Paraná. *Anais XXVI Congr. Bras. Geol.*, Belém, 1972, SBG 1:65-69.
- BIGARELLA, J.J. *et al.* — 1967 — Geologia do Pré-Devoniano da porção oriental do Estado do Paraná e intrusivas subsequentes. *Bol. Paran. de Geoc.* n.ºs 23 e 25.
- BORODIN, L.S. *et al.* — 1973 — Metais raros camaforitos (em russo) Edições Ciência, 176 pp; Moscou.
- CORDANI, U.G. e HASUI, Y. — 1968 — Idades K-Ar de rochas alcalinas do primeiro planalto do Estado do Paraná. *Anais XXII Congr. Bras. Geol.*, Ouro Preto, 1968, SBG, 149-153.
- D'ELBOUX, C.V. *et al.* — 1982 — Proposição de modelo mineralizador básico-alcalino para pesquisa mineral na região meridional do escudo precambriano brasileiro. *Anais XXXII Congr. Bras. Geol.*, Salvador, 1982, SBG 3:1061-1072.

- FERREIRA, F.J.F. e ALGARTE, J.P. — 1979 — O comportamento aeromagnetométrico-aerocintilométrico das principais rochas alcalinas dos Estados de São Paulo e Paraná. *Atas do 2º Simp. Reg. de Geol.*, Rio Claro 1979, SBG, 2:195-208.
- GOMES, C.B. — 1970 — Petrologia do maciço alcalino de Itapirapuã, SP. *Bol. IGA* n.º 1: 77-197. São Paulo.

MANUSCRITO

Recebido em 04 de março de 1983

Revisão aceita em 14 de março de 1983