CIMENTAÇÃO HIDROTERMAL EM DEPÓSITOS SEDIMENTARES PALEOGÊNICOS DO RIFT CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL: MINERALOGIA E RELAÇÕES TECTÔNICAS

LUCY GOMES SANT'ANNA¹ & CLAUDIO RICCOMINI^{1,2}

ABSTRACT *HYDROTHERMAL CEMENTATION IN PALEOGENE SEDIMENTARY DEPOSITS OF THE CONTINENTAL RIFT OF SOUTHEASTERN BRAZIL: MINERALOGY AND TECTONIC RELATIONSHIPS* Paleogene sedimentary deposits of the Continental Rift of Southeastern Brazil (CRSB) locally show hydrothermal cementation. SEM/EDS and XRD analyses revealed the presence of quartz and opal-CT cements respectively in the Itaboraí and Macacu formations (Itaboraí Basin) and mainly kaolinite and opal-CT in the Resende Formation (São Paulo and Taubaté basins). The cementation was penecontemporaneous to the sedimentation, during the main phase of development of the CRSB in the Eocene, and controlled by brittle tectonic structures and sediments with high porosity and permeability. At that epoch, the regional geological setting encompassed the favourable conditions for circulation and cementation by hydrothermal solutions in porous media of the rift basins, such as: 1) stress-field with NNW-SSE direction of extension, opening NE-trending faults in the basement and in the sedimentary cover; 2) high regional thermal flow; and 3) magmatism with the extrusion of ankaramitic lavas. In this context, the hydrothermal solutions, which percolated the sediments, could derived from connate, meteoric and/or magmatic waters.

Keywords: hydrothermal cementation, Paleogene, Cenozoic, Southeastern Brazil, opal-CT

RESUMO Cimentação hidrotermal ocorre localmente nos depósitos sedimentares paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB). Empregando-se análises via MEV/EDS e DRX verificou-se que as formações Itaboraí e Macacu, na Bacia de Itaboraí, são cimentadas por quartzo e opala-CT respectivamente, e a Formação Resende, nas bacias de São Paulo e Taubaté, é cimentada principalmente por caulinita e opala-CT. As estruturas tectônicas rúpteis preexistentes ou em nucleação nos sedimentos e os tipos litológicos com maior porosidade e permeabilidade atuaram como condicionantes geológicos da cimentação. A cimentação destas unidades ocorreu penecontemporaneamente à sedimentação, durante a principal fase de desenvolvimento do RCSB no Eoceno. Nessa época, o quadro geológico regional reunia as condições favoráveis para a circulação de soluções hidrotermais em meios porosos e cimentação em bacias do tipo *rift*, incluindo: 1) esforços extensionais de direção NNW-SSE que abriram falhas de direção nordeste no embasamento e na cobertura sedimentar; 2) aumento do fluxo térmico regional; e 3) magmatismo com extrusão de lavas ankaramíticas. Nesse contexto, águas conatas, meteóricas e/ou magmáticas podem ter participado das soluções hidrotermais percolantes nos sedimentos.

Palavras-chaves: cimentação hidrotermal, Paleógeno, Cenozóico, Sudeste do Brasil, opala-CT

INTRODUÇÃO O Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) é uma feição tectônica de idade cenozóica desenvolvida entre as cidades de Curitiba (PR) e Barra de São João (RJ). Morfológicamente constitui uma faixa deprimida e alongada de direção geral ENE, com extensão aproximada de 900 km, abrangendo mais de uma dezena de bacias sedimentares (Fig. 1).

Vários autores relataram a presença de feições indicativas de processos hidrotermais tanto no embasamento quanto no preenchimento sedimentar do *rift*. Em áreas do embasamento nas vizinhanças de maciços alcalinos mesozóico-cenozóicos existem referências a zonas de cisalhamento rúptil silicificadas (IPT 1983) e ocorrências de barita (Menezes & Klein 1973), calcedônia e fluorita (Valença *et al.* 1974). No preenchimento sedimentar das bacias do RCSB, os principais registros de atividade hidrotermal já descritos incluem feições primárias e secundárias. As feições primárias são representadas pelos travertinos paleocênicos da Bacia de Itaboraí (Leinz 1938, Rodrigues-Francisco & Cunha 1978) e as secundárias correspondem à cimentação de conglomerados e lamitos da Formação Resende nas bacias de São Paulo (Riccomini *et al.* 1988, Coutinho & Oliveira 1998) e Taubaté (Riccomini 1989) e à silicificação de calcários próximos ao contato com lava eocênica ankaramítica na Bacia de Itaboraí (Klein & Valença 1984).

Tendo em vista a abundância de maciços alcalinos mesozóico-cenozóicos na região e a presença de derrames cenozóicos de filiação alcalina no *rift*, a origem das feições secundárias presentes nos depósitos sedimentares e daquelas encontradas no embasamento tem sido comumente vinculada aos estágios finais deste magmatismo.

No presente trabalho são abordados os aspectos geológicos, mineralógicos e texturais da cimentação hidrotermal que afetou os depósitos sedimentares do RCSB, em especial da Formação Resende. Adicionalmente, são discutidos os condicionantes geológicos, a possível origem das soluções e a cronologia desse evento hidrotermal que

afetou as unidades sedimentares paleogênicas, bem como suas relações com os estágios evolutivos do *rift*.

CONTEXTO GEOLÓGICO E TECTÔNICO REGIONAL O embasamento do RCSB é constituído por gnaisses, migmatitos e rochas metamórficas de baixo a médio grau, de idade arqueana a neoproterozóica, referíveis ao Cinturão de Dobramentos Ribeira (Ilasui *et al.* 1975), e suítes de rochas granitóides intrusivas, de idade neoproterozóica (Janasi & Ulbrich 1991). Este conjunto é regionalmente recortado por numerosas zonas de cisalhamento, orientadas segundo ENE a E-W (Sadowski & Motidome 1987), ativas até o Cambro-Ordoviciano. Rochas alcalinas mesozóico-cenozóicas, pertencentes à Província Serra do Mar (Almeida 1983), constituem cerca de trinta intrusões isoladas (Morbideilli *et al.* 1995), destacando-se, pelas suas dimensões, os maciços de Itatiaia (idade média K-Ar de 73 Ma, Lauer 1988) e Passa Quatro (idade K-Ar de 67 Ma, Sonoki & Garda 1988), compostos essencialmente por nefelina sienitos (Fig. 1).

A formação da depressão original do RCSB foi condicionada por um campo de esforços trativos de direção NNW-SSE imposto pelo basculamento termomecânico da Bacia de Santos, como decorrência da abertura do Oceano Atlântico (Riccomini 1989). Este evento extensional promoveu a reativação normal de zonas de cisalhamento preexistentes de direção ENE a NE e teve início provavelmente no Paleoceno. Os calcários (travertinos) paleocênicos da Formação Itaboraí, depositados na bacia homônima, são tidos como o registro sedimentar mais antigo e coetâneo à fase inicial de geração do *rift*.

No Eoceno ocorreu a principal fase de desenvolvimento do RCSB, com a formação de um *hemi-graben* de direção geral ENE, contínuo no segmento central do *rift* (bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda), ainda sob o campo de esforços extensionais de direção NNW-SSE. O preenchimento sedimentar sintectônico é representado por sistemas de leques aluviais associados a planícies aluviais de

¹ Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago 562, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil. E-mails: lsantann@hotmail.com, riccomin@usp.br

² Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Figura 1 - Quadro geológico e tectônico regional do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) (Melo et al. 1985a, Riccomini et al. 1996). 1) embasamento pré-cambriano; 2) sedimentos paleozóicos e mesozóicos da Bacia do Paraná; 3) Formação Serra Geral; 4) rochas relacionadas ao magmatismo Mesozóico-Cenozóico (TA- Tanguá, IT- Itatiaia, PQ- Passa Quatro); 5) bacias do rift contendo os sedimentos terciários do RCSB (1- Bacia de Itaboraí, 2- Graben de Barra de São João, 3- Bacia de Macacu, 4- Bacia de Volta Redonda, 5- Bacia de Resende, 6- Bacia de Taubaté, 7- Bacia de São Paulo, 8- Graben de Sete Barras, 9- Formação Paríquera-Açu, 10- Formação Alexandra e Graben de Guaraqueçaba, 11- Bacia de Curitiba, 12- Graben de Cananéia); 6) zonas de cisalhamento pré-cambrianas, em parte reativadas durante o Mesozóico e Cenozóico.

rios entrelaçados, que recebem designações diversas: Formação Resende nas bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda (Riccomini 1989); Formação Guabirotuba na Bacia de Curitiba (Bigarella & Salamuni 1962, Coimbra et al. 1996); e formações Sete Barras (Melo 1990) e Macacu (Ferrari & Silva 1997) nas bacias homônimas. A denominação Formação Macacu é aqui estendida aos depósitos fanglomeráticos paleocênico-eocênico que recobrem os calcários paleocênico da Bacia de Itaboraí.

A Formação Resende, cuja idade eocênica-oligocênica foi estabelecida por estudos palinológicos (Lima & Amador 1985, Lima et al. 1994, Yamamoto 1995), integra o Grupo Taubaté (Riccomini 1989), juntamente com os sistemas lacustre da Formação Tremembé e fluvial meandrante da Formação São Paulo, ambos de idade oligocênica (Lima et al. 1985a,b; Yamamoto 1995).

Derrames de lavas ankaramíticas ocorrem intercalados na Formação Resende na Bacia de Volta Redonda e em contato com depósitos das formações Itaboraí e Macacu na Bacia de Itaboraí. Datações pelo método K-Ar de duas amostras do derrame da Bacia de Volta Redonda forneceram idades de $43,8 \pm 6,2$ e $41,7 \pm 5,7$ Ma (Riccomini et al. 1983). Riccomini & Rodrigues-Francisco (1992) obtiveram idade K-Ar de $52,6 \pm 2,4$ Ma para o derrame de Itaboraí. Embora discrepantes, se considerados os erros analíticos e as imprecisões do método, tais idades não excluem a possibilidade de vínculo das duas ocorrências a um mesmo evento magmático eocênico, como proposto por Klein & Valença (1984).

No Neógeno, o segmento central do RCSB sofreu mudança no campo de esforços, passando a atuar regime transcorrente sinistral, mantendo-se a extensão NW-SE, mas com a vigência de compressão NE-SW local, que acarretou o soerguimento de altos estruturais (e.g. Soleiras de Arujá, Queluz e Floriano-Barra Mansa), com a consequente separação das bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda (Riccomini 1989).

TRABALHOS PRÉVIOS O registro hidrotermal no embasamento

Os registros hidrotermais presentes no embasamento do RCSB ocorrem, em geral, nas proximidades dos

maciços alcalinos mesozóico-cenozóicos. No extremo leste do Estado de São Paulo e oeste do Estado do Rio de Janeiro, nas vizinhanças dos maciços de Passa Quatro e Itatiaia, ocorrem faixas de rochas silicificadas ao longo de falhas normais escalonadas na borda norte das bacias de Taubaté e Resende (IPT 1983, Melo et al. 1985b, Riccomini et al. 1985). Nessas faixas são encontrados diques de rochas alcalinas silicificadas e brechas tectônicas com fragmentos de rochas do embasamento em matriz silicosa, ocorrendo ainda processos de caulinitização e posterior limonitização (IPT 1983). As zonas silicificadas apresentam espessuras decimétricas a métricas e comumente sustentam cristas lineares salientes na topografia. São mais possantes quanto mais próximas dos maciços de rochas alcalinas, o que levou IPT (1983) a admitir que essa silicificação e caulinitização seriam provenientes da percolação de soluções hidrotermais ligadas aos estágios finais do magmatismo alcalino. A presença de fragmentos de rochas silicificadas em sedimentos rudáceos dos leques aluviais da Formação Resende junto à borda norte das bacias de Taubaté, Resende e Volta Redonda indicou o caráter pretérito do hidrotermalismo em relação à sedimentação.

Na porção noroeste do Maciço de Itatiaia, Penalva (1967) descreveu processos de cloritização e piritização afetando brechas vulcânicas que contêm ainda ortoclásio com bordas corroídas, calcita em abundância e subordinadamente muscovita, fluorita, quartzo microcristalino, apatita e hematita, sendo todos estes minerais atribuídos aos fenômenos deutéricos finais do magmatismo.

No Estado do Rio de Janeiro são conhecidas diversas ocorrências minerais, incluindo barita (Menezes & Klein 1973), calcedônia e fluorita (Valença et al. 1974), localizadas nas proximidades de corpos alcalinos, cujas origens têm sido atribuídas aos eventos hidrotermais relacionados ao magmatismo alcalino neocretáceo a eoterciário. Mais recentemente, Coelho (1987) apontou origem meteórica para as soluções hidrotermais formadoras das mineralizações filonêas de fluorita encaixadas em estruturas de direção NE-ESE nos gnaisses pré-cambrianos e nos sienitos cretáceos do Complexo Alcalino de Tanguá (idade média K-Ar de 68 Ma, Sonoki & Garda 1988), situado a cerca de 27 km ao norte da Bacia de Itaboraí (Fig. 1). Coelho (1987) reco-

neceu alterações do tipo silicificação, sericitização e piritização nas rochas encaixantes dos veios de fluorita, as quais foram causadas pelas soluções mineralizantes. Junto à fluorita ocorrem ainda barita como inclusão sólida e caulinita em pequenos bolsões. A origem meteórica das soluções foi reconhecida pelos baixos valores de temperatura de homogeneização (em geral menor do que 155°C para a solução inicial) e salinidade (menor do que 2,5% em peso equivalente de NaCl) obtidos para inclusões fluidas das fluoritas. A gênese estaria ligada à alteração das rochas encaixantes (gnáisses pré-cambrianos e nefelin-sienitos mesozóicos) por soluções superficiais meteóricas infiltradas através de planos de falhas e fraturas, que, quando aquecidas em profundidade pelo calor dos corpos alcalinos, provocaram a lixiviação da sílica, do flúor e do cálcio, e precipitaram a fluorita e a calcedônia ao final do seu movimento ascendente (Coelho 1987). Santos (1994) obteve idade K-Ar de 50,7±1,2 Ma para adularia de veio mineralizado da jazida de fluorita de Tanguá, considerando esta como a idade de abertura da fratura e da mineralização. A autora questionou o modelo de Coelho (1987), uma vez que a idade da mineralização seria cerca de 17 milhões de anos mais nova do que os sienitos encaixantes.

Hidrotermalismo nos depósitos paleogênicos do RCSB

BACIA DE ITABORAÍ A Bacia de Itaboraí é um pequeno *hemigraben*, com cerca de 1500 m de comprimento e 500 m de largura, encravado em terrenos granito-gnássicos proterozóicos contendo delgadas lentes de mármore. Esta bacia, situada no segmento oriental do RCSB, foi gerada pela reativação normal da Falha de São José, de direção ENE, que limita sua borda sul. O preenchimento sedimentar da Bacia de Itaboraí é representado principalmente por depósitos de travertino (Leinz 1938, Rodrigues Francisco & Cunha 1978), designados de Formação Itaboraí (Oliveira 1956) e datados do Paleoceno pelo seu conteúdo em vertebrados fósseis (v.g. Bergqvist & Ribeiro 1998). Calcários fitados (denominação de Leinz 1938) são a litofácies mais típica desta unidade, sendo compostos pela alternância de bandas de cores branca e marrom, ambas formadas por calcita prismática com crescimento em agregados de cristais orientados. Adicionalmente, ocorrem calcários argilosos contendo grãos detríticos de quartzo e feldspato (2-30%), intercalados nos calcários fitados. Localmente são encontrados calcários oolíticos a pisolíticos e tufas. Estudos isotópicos (C, O) nestes calcários corroboraram a interpretação de uma origem a partir de soluções hidrotermais ascendentes ao longo do plano da Falha de São José e enriquecidas em bicarbonato de cálcio pela lixiviação dos mármores proterozóicos do embasamento (Sant'Anna *et al.* 2000).

Os travertinos da Formação Itaboraí encontram-se interdigitados e recobertos por depósitos de leques aluviais (Tibana *et al.* 1984, Sant'Anna 1999) da Formação Macacu, os quais encerram a sedimentação paleogênica na Bacia de Itaboraí. Estudo palinológico de uma camada linfítica presente na borda norte da Bacia de Itaboraí e situada na parte média da sequência sedimentar forneceu idade próxima ao limite Paleoceno-Eoceno para o nível analisado (Lima & Cunha 1986).

Klein & Valença (1984) descreveram um derrame de lava ankaramítica, com estrutura almofadada preservada, na borda norte da bacia. O derrame foi alimentado por um dique tabular de direção N45E, com cerca de 10 m de espessura e 150 m de extensão, que corta rochas do embasamento, conglomerado (Formação Macacu) e calcário fitado (Formação Itaboraí). Os autores atribuíram a este magmatismo a silicificação no contato com os calcários, principalmente os fitados, a mudança de cor do conglomerado (de cinza para preto) e a carbonização de fragmentos vegetais em contato com a lava.

Trindade (1956) descreveu níveis de calcário argiloso contendo fósseis de gastrópodes silicificados na parte noroeste da bacia e Rodrigues-Francisco (1975) referiu-se a intensa silicificação de calcário fitado por calcedônia e quartzo microcristalino na borda sul, junto à Falha de São José.

BACIAS DE SÃO PAULO E TAUBATÉ Nas bacias de São Paulo e Taubaté, os registros atribuídos à atividade hidrotermal estão restritos aos depósitos da Formação Resende. Esta unidade compreende um sistema de leques aluviais associados a planícies aluviais de rios entrelaçados (no sentido de Rust 1978), contendo orto e paraconglomerados nas áreas proximais e lamitos nas porções medianas e distais dos le-

ques aluviais, além de arenitos fluviais (Riccomini 1989). Os conglomerados são polimíticos, com seixos a blocos líticos angulosos a subarredondados de rochas gnáissicas, graníticas e alcalinas, além de fragmentos de rochas provenientes das faixas silicificadas presentes no embasamento. Nos paraconglomerados a matriz é lamítica de coloração esverdeada devido à sua abundância em esmectita (Sant'Anna 1999). Estes sedimentos são de ocorrência generalizada, predominando ao longo da borda norte das bacias, onde foram depositados por processo de fluxo gravitacional subaéreo. Constituem pacotes de espessuras decamétricas, com gradação normal ou inversa e acunhamento em direção ao eixo deposicional das bacias.

As porções medianas e distais dos leques aluviais são representadas por lamitos e lamitos arenosos maciços, por vezes conglomeráticos. A matriz dos lamitos é essencialmente esmectítica e contém proporções variáveis de grãos de quartzo, feldspato, mica e minerais máficos disseminados. Nos canais entrelaçados ocorrem arenitos grossos a finos, localmente conglomeráticos, mal selecionados, com estratificações cruzadas acanaladas de médio porte, constituindo corpos lenticulares de espessuras métricas a decimétricas, com grande persistência lateral. Esses arenitos são em geral subarcoreanos e compostos por grãos angulosos a subarredondados com contatos pontuais e envoltos pela matriz esmectítica de infiltração (Sant'Anna 1999).

Referências sobre a influência do hidrotermalismo nas rochas sedimentares da Formação Resende existem principalmente na Bacia de São Paulo, onde foram descritos: 1) argilomineral do grupo da caulinita, provavelmente dickita, presente como placas centimétricas intersticiais e preenchendo cavidades de paraconglomerados recuperados em testemunhos de sondagens na porção central da bacia; nesta rocha ocorre ainda limonita, também como cimento, e cristais milimétricos de barita preenchendo fraturas (Riccomini *et al.* 1988, Riccomini 1989); 2) arenitos conglomeráticos endurecidos contendo matriz com indícios de recristalização, amostrados por sondagem na parte leste da bacia (Takiya 1997); 3) argilomineral do grupo da caulinita cimentando brechas sedimentares nas proximidades do contato por falha com rochas gnáissico-migmatíticas (Coutinho & Oliveira 1998).

Na Bacia de Taubaté foi descrita uma ocorrência de lamitos conglomeráticos (3-10% de grânulos), lamitos arenosos e arenitos conglomeráticos extremamente litificados, os quais sustentam duas cristas alongadas na direção N-S na porção sul da bacia (Riccomini 1989).

Em todos os casos relacionados, a cimentação dos depósitos da Formação Resende foi geneticamente atribuída à circulação de soluções aquosas quentes em planos de falhas, cuja origem estaria de alguma forma vinculada aos estágios finais do magmatismo alcalino mesozóico-cenozóico no sudeste brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Análises petrográficas foram efetuadas em microscópio óptico do Laboratório de Petrografia Sedimentar do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (GSA/IG-USP) e voltaram-se para a caracterização mineralógica dos clastos e das relações entre arcabouço e matriz nos lamitos arenosos e arenitos.

Devido à granulagem fina dos minerais que cimentam as rochas sedimentares paleogênicas do RCSB, sua caracterização só pode ser efetuada por microscopia eletrônica de varredura com microanálise pontual por energia dispersiva acoplada (MEV/EDS). Tais estudos foram conduzidos para observação dos aspectos morfológicos, texturais e obtenção de dados químicos qualitativos do cimento. Para tanto, foram utilizados os aparelhos da marca JEOL, modelo JSM-T330A, instalado no Núcleo de Pesquisas em Geoquímica e Geofísica da Litosfera (NUPEGEL) da USP, e o microscópio eletrônico de varredura LEO440i do GSA/IG-USP. A preparação das amostras incluiu as etapas de secagem em estufa, com temperatura controlada (~30°C), adesão de um fragmento de amostra indeformada sobre um suporte e metalização por carbono ou ouro.

Tendo em vista o avançado grau de litificação de algumas rochas sedimentares analisadas, optou-se por realizar o estudo mineralógico via difração de raios X em amostras totais ou, quando possível, em amostras monomineralicas obtidas por separação manual. Para estas análises utilizou-se o Difrátômetro Siemens D5000 instalado no Laboratório de Difração de Raios X do Departamento de Mineralogia e Geotectônica do IG-USP, operando com radiação CuK α , 40kV, 40mA.

Análises por espectrometria de absorção de infravermelho foram efetuadas no Laboratório de Análises Térmicas – Ivo Giolito do Instituto de Química da USP, utilizando-se um espectrógrafo BOMEN, modelo MB-102, e destinaram-se à caracterização de argilominerais do grupo da caulinita.

RESULTADOS Formações Itaboraí e Macacu na Bacia de Itaboraí As feições de cimentação dos calcários da Bacia de Itaboraí, embora não sejam abundantes, são encontradas na borda norte da bacia, nas proximidades do derrame de lava ankaramítica (local IT-01, Fig. 2A), e em sua borda sul, nas vizinhanças da Falha de São José (Rodrigues-Francisco 1975). Na porção sul da bacia, Rodrigues Francisco (1975) descreveu calcários contendo localmente drusas de

quartzo e lâminas delgadas com quartzo microcristalino. Na borda norte da bacia ocorrem vênulas lenticulares centimétricas de cor cinza escura, compostas por quartzo subedraais a anedrais de granulação fina, ao redor de 3 μm . Estas vênulas, por sua vez, contêm microvênulas sigmoides compostas por quartzo subedral a anedral de granulação grossa (> 30 μm), com feições de corrosão nas bordas das microvênulas (Figs. 2B, C). Tais microvênulas foram provavelmente formadas pela precipitação de quartzo concomitantemente à nucleação de fraturas nos calcários. A relação textural entre os cristais de quartzo de granulação grossa e aqueles mais finos indica que estes foram gerados posteriormente pelo avanço da cimentação rumo às porções encaixantes das microvênulas.

Figura 2 – A) Mapa geológico da Bacia de Itaboraí (modificado de Rodrigues-Francisco & Cunha 1978). 1) embasamento pré-cambriano; 2) Formação Itaboraí; 3) Formação Macacu; 4) dique de ankaramito; 5) provável extensão das lavas alcalinas (ankaramito); 6) falhas cenozoicas principais com indicação do rejeito direcional horizontal; 7) locais mencionados no texto; B) imagem de elétrons secundários (SE) de microvênulas sigmoides com preenchimento original de quartzo de granulação grossa (a) e geração posterior de quartzo de granulação fina (b) (local IT-01); C) detalhe da imagem anterior mostrando a forma anedral do quartzo de granulação fina e as feições de corrosão no quartzo de granulação grossa (vide seta); D) difratograma de raios X (DRX) de amostra total de nível silicoso, com identificação das principais reflexões do quartzo (q – quartzo, valores em angstrom); E) imagem SE de clasto esparsamente recoberto por lepisferas de opala-CT, cujas dimensões são vistas no detalhe (local IT-02).

Figura 3 – Mapa geológico da Bacia de São Paulo e porção oeste da Bacia de Taubaté (Riccomini 1989): 1) embasamento pré-cambriano; 2) Formação Resende; 3) Formação Tremembé; 4) Formação São Paulo; 5) Formação Pindamonhangaba; 6) sedimentos quaternários; 7) falhas definidas (traço contínuo) e inferidas (tracejado); 8) contatos litológicos; 9) cidades (SP- São Paulo, JA- Jacareí, CP- Caçapava); 10) locais mencionados no texto.

A identificação do quartzo foi baseada em difratogramas de raios X obtidos para amostras totais monominerálicas de bandas silicosas e de amostras de calcário após dissolução do carbonato com HCl (Fig. 2D).

A cimentação das rochas da Formação Macacu é ainda mais restrita, tendo sido observada apenas em um afloramento na borda norte da bacia (local IT-02, Fig. 2A), também situado próximo à ocorrência de ankaramito. Neste local, lepisferas de opala-CT (cristobalita/tridimita) ocorrem esparsamente sobre a superfície de grãos detríticos, cimentando fracamente os lamitos (Fig. 2E). A opala ocorre como agregados esféricos, microbotrioidais, formados por cristais placóides delgados, com cerca de 5 µm de diâmetro (Fig. 2E, detalhe). A caracterização da opala como sendo da espécie CT é devida a sua morfologia, como observada ao MEV.

Formação Resende nas bacias de São Paulo e Taubaté

BACIA SÃO PAULO Na Bacia de São Paulo, as ocorrências de rochas da Formação Resende cimentadas estão localizadas nas porções central e oeste da bacia, onde dispõem-se sobre zonas de cisalhamento proterozóicas reativadas no Cenozóico (Fig. 3).

Nestas áreas, a cimentação é predominante nos depósitos da associação de fácies de leques aluviais distais associados a planícies aluviais de rios entrelaçados, sendo estas rochas cimentadas predominantemente por opala-CT. Este tipo de cimentação está bem evidenciado em afloramento na porção oeste da bacia (Bairro do Rio Pequeno, local SP-01, Fig. 3), onde diques clásticos de arenitos quartzosos finos a médios, interpretados como produtos de atividade sísmica sinsedimentar (Riccomini 1989), ocorrem injetados em pacotes lamíticos arenosos da porção distal de leque aluvial (Fig. 4A). Lepisferas de opala-CT, com granulação de 1 a 2 µm, formam películas espessas que recobrem total ou parcialmente os grãos detríticos e preenchem a porosidade primária destes arenitos (Fig. 4B). Estas rochas apresentam baixo grau de compactação, com clastos em contatos pontuais. Nos lamitos arenosos adjacentes a presença da opala-CT é mais restrita, ocorrendo como preenchimento em poucas cavidades da matriz argilosa.

Ainda na parte oeste da bacia, em exposição previamente descrita por Coutinho & Oliveira (1998) (Avenida Escola Politécnica, local SP-02, Fig. 3), a opala-CT também constitui o cimento de rochas

conglomeráticas (brechas) de leques aluviais proximais delimitadas por zona de falha com o embasamento gnáissico-migmatítico.

Arenitos conglomeráticos subarcoseanos fluviais da Formação Resende, amostrados em sondagem a cerca de 12 m de profundidade na região central da Bacia de São Paulo (Avenida Prof. Luis Inácio de Anhaia Mello, local SP-03, Fig. 3) estão intensamente cimentados por lepisferas de opala-CT com cerca de 2 µm de diâmetro, coalescidas em películas com 10 a 15 µm de espessura.

A cimentação por opala-CT é precedida pela cimentação por caulinita em duas ocorrências na porção central da Bacia de São Paulo (locais SP-04 e SP-05, Fig. 3), ambas amostradas por testemunhos de sondagens. No local SP-04, correspondente à ocorrência descrita por Riccomini *et al.* (1988) na região do Parque Dom Pedro II, área central da Cidade de São Paulo, várias sondagens atravessaram paraconglomerados da associação de fácies proximal do sistema de leques aluviais da Formação Resende. Com base nos dados de sondagens, Riccomini (1989) individualizou uma camada de paraconglomerado litificado com até 6 m de espessura e 150 m de extensão mínima, com o topo da camada situado entre 8 e 12 m de profundidade, assentada sobre milonito-gnaisses e subjacente a lamitos e conglomerados não endurecidos. Inferiu ainda a presença de falha de componente normal seccionando o paraconglomerado e as rochas do embasamento. No local SP-05, uma sondagem realizada na margem esquerda do Rio Ipiranga, Bairro do Ipiranga, parte sudeste da Cidade de São Paulo, atravessou camada de lamito arenoso conglomerático da associação de fácies de leques aluviais distais da Formação Resende, com pelo menos 3 m de espessura, localizada a 9 m de profundidade.

Em ambos os depósitos (locais SP-04 e SP-05), caulinita e opala-CT constituem o cimento que preenche a porosidade primária das rochas. Nos paraconglomerados, as cavidades que contêm o cimento apresentam formas irregulares e dimensões variadas, desde submilimétricas a centimétricas. Macroscopicamente, a caulinita e a opala formam um material argiloso de cor branca e alta dureza, em geral com estrutura maciça e por vezes com fina laminação plano-paralela horizontal, reconhecida macroscopicamente e melhor observada em cavidades centimétricas. A laminação é originada por leitos de opala-CT com cerca de 25 µm de espessura, que constituem películas de recobrimento com espessura total de aproximadamente 0,2 mm no paraconglomerado (Fig. 4C). Nos poros do lamito arenoso

Figura 4 – Cimentação da Formação Resende na Bacia de São Paulo. A) dique clástico de arenito (a) injetado em lamito arenoso (b, c) (local SP-01); B) imagem SE de película de opala-CT recobrindo grãos detríticos e preenchendo a porosidade primária do arenito; C) imagem SE de cavidade de paraconglomerado contendo película de caulinite e opala-CT, com cerca de 0,2 mm de espessura, recobrindo os clastos (local SP-04); D) imagem SE de lamito arenoso conglomerático com cavidade preenchida por opala-CT (local SP-05); E) espectro de infravermelho, com as bandas que identificam a espécie caulinite; F) DRX de amostra total desorientada, sem tratamento prévio, com identificação das principais reflexões da caulinite (valores em angstrom); G) imagem SE de opala-CT (vide setas) recobrindo placas pseudo-hexagonais de caulinite (k).

conglomerático, as películas de opala-CT apresentam espessura aproximada de 2 μ m (Fig. 4D).

A caulinite, cuja espécie foi caracterizada por análises de espectrometria de absorção de infravermelho e difração de raios X (Figs. 4E, F), ocorre como placas pseudo-hexagonais a hexagonais com granulação de 1 a 2 μ m, recobertas por opala-CT (Fig. 4G). Nestas rochas, a opala é formada por lâminas delgadas com 1 a 2 μ m de comprimento que coalescem no sentido de fechar os poros (Fig. 4G).

A cimentação por caulinite e opala-CT é sucedida por barita e óxi-

do de ferro no paraconglomerado (local SP-04). A barita, identificada por difração de raios X, apresenta-se como cristais prismáticos milimétricos, incolores, preenchendo fraturas irregulares que seccionam o conglomerado litificado. Ela forma rosetas com os cristais prismáticos dispostos paralelamente às fraturas. Crostas de óxido de ferro impregnam porções da rocha, recobrindo total ou parcialmente as cavidades preenchidas com caulinite e opala e as fraturas contendo barita.

Figura 5 – Cimentação da Formação Resende na Bacia de Taubaté. A) película de opala-CT (vide setas) recobrindo totalmente os clastos e preenchendo a porosidade primária de arenito conglomerático (local TB-04); B) restos vegetais fósseis, provavelmente caules ou raízes (local TB-04), substituídos por opala-A; C) DRX de amostra total, sem tratamento prévio, com identificação da principal reflexão que identifica a opala-A (valores em angstrom); D) imagem SE de opala-A; E) rochas cimentadas por caulinita em vênulas com padrão anastomosado (vide setas) (local TB-04); F) imagem BSE de rosetas de barita recobrindo grãos detríticos (local TB-02); G) imagem SE de cristais tabulares de barita e lepisferas de opala-CT crescidos sobre clastos (local TB-01).

Figura 6 - Quadro litoestratigráfico, eventos tectônicos e hidrotermais do Neocretáceo e Paleógeno no embasamento (Emb.), Bacia de Itaboraí (B.I.) e segmento central (S.C.) do Rift Continental do Sudeste do Brasil (modificado de Riccomini et al. 1996).

BACIA DE TAUBATÉ Feições de cimentação semelhantes às aquelas descritas na Bacia de São Paulo são também encontradas nas fácies arenosas e conglomeráticas de leques aluviais distais associados a rios entrelaçados da Formação Resende na porção oeste da Bacia de Taubaté (Fig. 3). Estas ocorrências estão relacionadas com falhas rúpteis que seccionam o embasamento e a cobertura sedimentar cenozóica. Nesta área, camadas de arenitos e conglomerados subarcoseanos fluviais, bem como os lamitos arenosos distais de leques aluviais, são localmente cimentados por lepisferas de opala-CT, as quais podem ocorrer esparsamente ou coalescer e originar uma película que recobre totalmente os clastos e preenche a porosidade primária (Fig. 5A). Existem ainda restos vegetais fósseis, provavelmente caules ou raízes, substituídos inteiramente por opala-A (Figs. 5B, C, D).

A exemplo da Bacia de São Paulo, a cimentação por opala-CT é também precedida pela cimentação por caulinita. Esta cimentação prévia é encontrada a sudeste da Cidade de Caçapava (local TB-04, Fig. 3), onde depósitos de lamitos conglomeráticos maciços (5-10% de grânulos e seixos), lamitos arenosos e arenitos conglomeráticos subarcoseanos apresentam incipiente pseudo-estratificação delimitada por vênulas sub-horizontais preenchidas por caulinita (Fig. 5E). A pseudo-estratificação observada diferencia-se da estrutura original dos sedimentos, por serem os lamitos maciços e os arenitos conterem estratificação cruzada. As vênulas apresentam padrão anastomosado em perfil, correspondendo a fraturas com superfícies irregulares e baixo ângulo de mergulho, geradas por esforços compressivos subhorizontais localizados, ocorridos anteriormente à cimentação por opala. A cimentação por opala-CT nesta área provocou a litificação das rochas, ao longo de falhas, que atualmente se destacam no relevo como cristas alongadas de direção geral N-S. Estas cristas foram posteriormente deslocadas por falhas de direção WNW a E-W, com componentes direcionais sinistrais (Riccomini 1989).

A cimentação por barita está presente no extremo oeste da Bacia de Taubaté (locais TB-01, TB-02, TB-03, Fig. 3), onde este mineral ocorre como rosetas de cristais prismáticos (Fig. 5F) ou como cristais tabulares isolados (Fig. 5G). A barita ocorre juntamente com a opala, e ambas cristalizaram-se sobre a superfície dos grãos detríticos. A relação textural entre esses minerais indica a cristalização prévia da opala, uma vez que esta não recobre os cristais de barita.

DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES Na Bacia de Itaboraí, a geração de lâminas, drusas e vênulas quartzosas nos calcários foi controlada por fraturas preexistentes ou em nucleação nestas rochas, tendo

sido este o meio preferencial de percolação de soluções silicosas. A alta pureza dos calcários fitados implica em uma fonte externa a estas rochas para a sílica. Klein & Valença (1984) descreveram a silicificação de porções do derrame de ankaramito nas proximidades do contato com calcários fitados na borda norte da bacia. No embasamento, Coelho (1987) sugeriu origem meteórica para as soluções hidrotermais formadoras das jazidas de fluorita da região de Tanguá (RJ), em detrimento de vinculá-las a uma fase hidrotermal magmática. No contexto da Bacia de Itaboraí, ainda que o evento magmático gerador do derrame de lava ankaramítica não seja o responsável pela origem das soluções silicosas, ele registra um período de aumento do fluxo térmico, abertura de estruturas e condições favoráveis para percolação de soluções na bacia. Nesse contexto geológico, a circulação de águas conatas, meteóricas e/ou magmáticas pode ter ocorrido e contribuído para a cimentação. O caráter esparsa desta cimentação sugere, no entanto, a pequena disponibilidade destas soluções. A presença de opala-CT cimentando fracamente os lamitos da Formação Macacu na borda norte da bacia demonstra que as soluções tiveram circulação mais restrita nestas rochas. A cimentação dos calcários por quartzo sugere soluções silicosas diluídas, contendo baixas concentrações de impurezas, as quais promoveram a substituição da calcita pelo quartzo (v.g. Thiry 1997). Ainda que a cimentação dos depósitos da Formação Itaboraí tenha ocorrido em mais de uma fase, conforme evidenciado pela existência de vênulas e microvênulas, a principal etapa de desenvolvimento deste processo é aqui considerada coetânea da Formação Macacu e cronologicamente relacionada aos eventos hidrotermais ocorridos no embasamento (veios mineralizados na região de Tanguá) e magmático (derrame de ankaramito) na bacia, ao redor de 50 Ma (Fig. 6).

Na Bacia de São Paulo e porção oeste da Bacia de Taubaté, os arenitos e conglomerados e, mais restritamente, os lamitos da Formação Resende encontram-se localmente cimentados por caulinita, opala-CT e barita. As relações microtexturais observadas permitem hierarquizar cronologicamente esta cimentação, sendo a caulinita a fase mais antiga, seguida pela opala-CT e posteriormente pela barita. Os arenitos conglomeráticos endurecidos descritos por Takiya (1997) (local SP-06, Fig. 3) são também entendidos como rochas cimentadas da Formação Resende.

Os dados geológicos e mineralógicos obtidos demonstram a ação conjunta de condicionantes estruturais e litológicos na cimentação. Na Bacia de São Paulo, as evidências do controle estrutural incluem: 1) o alinhamento regional das ocorrências de rochas cimentadas sobre zonas de cisalhamento do embasamento reativadas no Cenozóico; 2) o

reconhecimento de falhas sinsedimentares nos depósitos da Formação Resende nas porções oeste (local SP-02) e central (local SP-04) da bacia; e 3) a cimentação de arenitos em diques clásticos originados por atividade sísmica sinsedimentar (local SP-01). Na Bacia de Taubaté, o controle estrutural sobre a cimentação é registrado: 1) pela localização dos depósitos cimentados também sobre falhas do embasamento reativadas; 2) pelo desenvolvimento de vênulas com padrão anastomosado (local TB-04); e 3) pela presença de cimentação ao longo de falhas de direção geral N-S (local TB-04). Na Formação Resende, o controle litológico da cimentação, em ambas as bacias, foi exercido pela maior porosidade e permeabilidade das fácies arenosas e conglomeráticas, em relação às fácies essencialmente lamfáticas.

A exemplo da Bacia de Itaboraí, os dados disponíveis para as bacias de São Paulo e Taubaté não permitem ainda apontar a importância relativa de águas conatas, meteóricas ou magmáticas na origem das soluções formadoras dos cimentos. Entretanto, os controles estruturais e litológicos e a natureza da cimentação não excluem a possibilidade da contribuição de águas de diferentes origens nas soluções que circularam nesses meios porosos.

A cimentação por caulinita de rochas da Formação Resende nas bacias de São Paulo e Taubaté é considerada como um evento penecontemporâneo à deposição dos sedimentos, no Eoceno (Fig. 6). Esta interpretação é baseada na presença de vênulas anastomosadas preenchidas por caulinita na região de Caçapava (local TB-04), formadas em sedimentos ainda inconsolidados. Este cimento, de caráter localizado, não causou a oclusão da porosidade primária e permitiu que a opala-CT recobrisse completamente os grãos detríticos, evidenciando que os sedimentos apresentavam ainda arcabouço frouxo à época desse evento de cimentação. Tal fato, aliado à ocorrência de opala-CT em diques clásticos (local SP-01) e em depósitos conglomeráticos (locais SP-02 e SP-04) na Bacia de São Paulo, relacionados ao tectonismo sinsedimentar, indica que esta cimentação foi também penecontemporânea à sedimentação, sob a vigência do regime tectônico trativo de direção NNW-SSE. Adicionalmente, as cristas alinhadas na região de Caçapava, sustentadas por rochas cimentadas por opala-CT e deslocadas por falhas correspondentes à transcorrência sinistral neogênica (Riccomini 1989), mostram que o evento de cimentação por opala nas bacias de São Paulo e Taubaté precedeu a instalação deste regime.

A cimentação por barita dos depósitos da Formação Resende, ocorrida após a cimentação por opala-CT, é provisoriamente relacionada a fase de transcorrência sinistral neogênica.

A cimentação abordada neste trabalho é considerada hidrotermal pelo seu estreito vínculo com estruturas tectônicas rúpteis ativas durante a sedimentação, ainda que as águas formadoras das soluções percolantes possam não ter atingido o campo de temperatura típico do hidrotermalismo (v.g. Pirajno 1992). Entretanto, ressalta-se que a exis-

tência de lavas ankaramíticas nas bacias de Itaboraí e Volta Redonda, assinalando um período de aumento do fluxo térmico no Eoceno, ao redor de 50 Ma, bem como o intenso tectonismo dessa época e o caráter penecontemporâneo da cimentação, mostram um quadro geológico regional favorável para a circulação de soluções hidrotermais. Adicionalmente, a presença de sílica microcristalina, caulinita e barita em veios hidrotermais de idade pré-rift e sin-rift, alojados em falhas e fraturas no embasamento, e destes minerais como cimento nos depósitos sedimentares paleogênicos do RCSB, sugerem a possibilidade de eventos hidrotermais recorrentes.

CONCLUSÕES

A cimentação hidrotermal dos depósitos sedimentares paleogênicos do RCSB compreende: 1) lâminas, drusas e vênulas quartzosas nos calcários da Formação Itaboraí; 2) opala-CT disseminada esparsamente nos lamitos da Formação Macacu; 3) caulinita e opala-CT preenchendo a porosidade primária e recobrindo grãos detríticos em arenitos, conglomerados e lamitos arenosos da Formação Resende; 4) barita preenchendo fraturas em paraconglomerados e recobrindo clastos em rochas arenosas e conglomeráticas da Formação Resende. Na Formação Resende, exce- tuando-se a barita, a cristalização destes cimentos foi penecontemporânea à sedimentação eocênica. Em todas as unidades estudadas, a cimentação ocorreu sob a atuação de controles estruturais, exercidos por falhas e fraturas preexistentes ou em nucleação nos sedimentos, e litológicos, devido a diferenças no grau de porosidade e permeabilidade entre camadas.

Durante a principal fase de desenvolvimento do RCSB, no Eoceno, o quadro geológico regional apresentava condições favoráveis para circulação de soluções hidrotermais e cimentação, incluindo um regime tectônico extensional de direção NNW-SSE que propiciou a abertura de falhas de direção ENE a NE, aumento do fluxo térmico regional e magmatismo (derrames de ankaramito nas bacias de Itaboraí e Volta Redonda). Nesse contexto, águas conatas, meteóricas e/ou magmáticas podem ter participado das soluções hidrotermais percolantes nos sedimentos. A cimentação dos depósitos da Formação Resende por barita é provisoriamente relacionada à fase de transcorrência sinistral neogênica.

Agradecimentos Os autores agradecem o apoio da FAPESP a projetos de auxílio à pesquisa (95/3381-5, 93/00633-8, 95/05635-4 e 97/12091-6) e projetos de infra-estrutura (95/5635-4 e 97/10669-0). Agradecimentos são ainda devidos aos Profs. Benedito Humberto Rodrigues-Francisco, Victor de Carvalho Klein e José Moacyr Vianna Coutinho, aos geólogos Hugo Cássio Rocha, Claudio A. Guaraná, Luiz Guilherme Poggio Teixeira e Márcia Mika Saito, pelas contribuições e sugestões apresentadas, e aos relatores anônimos da RBG pela revisão crítica do texto.

Referências

- Almeida F.F.M. 1983. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma sul-americana. *Rev. Bras. Geociências*, 13:139-158.
- Bergqvist L.P. & Ribeiro A.M. 1998. A paleomastofauna das bacias eoterciárias brasileiras e sua importância da datação das bacias de Itaboraí e Taubaté. Buenos Aires, Asociación Paleontológica Argentina, 19-34p. (Publicación Especial 5)
- Bigarella J.J. & Salamuni R. 1962. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. *Bol. Univ. Fed. Paraná, Geologia*, 7:1-164.
- Coelho C.E.S. 1987. *Contribuição ao estudo da gênese das mineralizações de fluorita do Distrito de Tanguá, Município de Itaboraí - RJ*. Departamento de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Dissertação de Mestrado, 194p.
- Coimbra A.M., Riccomini C., Sant'Anna L.G., Valarelli J.V. 1996. Bacia de Curitiba: estratigrafia e correlações regionais. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, Salvador, *Anais*, 1:135-137.
- Coutinho J.M.V. & Oliveira A.M.S. 1998. Brechas detríticas na Bacia de São Paulo, junto a zonas intensamente tectonizadas. *An. Acad. bras. Ci.*, 70:692-693.
- Ferrari A. & Silva M.A.M. 1997. Bacia do Macacú (RJ): proposta de uma nova bacia do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: SBG, Simp. Geol. Sudeste, 5, Itatiaia, *Atas*, p.32-34.
- Hasui Y., Carneiro, C.D.R., Coimbra, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geociências*, 5:257-266.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT. 1983. *Estudos geológico-tectônicos na Bacia de Resende (RJ) e sedimentos terciários da área de Volta Redonda (RJ) e Bacia de Taubaté (área de Cruzeiro, SP)*. (Relatório 17.737)
- Janasi V.A. & Ulbrich H.H.G.J. 1991. Late Proterozoic granitoid magmatism in the State of São Paulo, southeastern Brazil. *Precambrian Research*, 51:351-374.
- Klein V.C. & Valença J.G. 1984. Estruturas almofadadas em derrame ankaramítico na Bacia de São José de Itaboraí, Rio de Janeiro. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, *Anais*, 9:4335-4345.
- Laur C.R.M. 1988. *Paleomagnetismo e correlações com idades radiométricas: alguns exemplos*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Seminário, 29p.
- Leinz V. 1938. Os calcários de São José, Niterói, Estado do Rio. *Mineração e Metalurgia*, 3:153-155.
- Lima M.R. & Amador E.S. 1985. Análise palinológica de sedimentos da Formação Resende, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: *Coletânea de trabalhos paleontológicos*, Brasília, DNPM, p.371-378. (Série Geologia, 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2)
- Lima M.R. & Cunha F.L.S. 1986. Análise palinológica de um nível linfítico da Bacia de São José de Itaboraí, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *An. Acad. bras. Ci.*, 58:579-588.

- Lima M.R., Salard-Cheboldaef M., Suguio K. 1985a. Étude palynologique de la Formation Tremembé, Tertiaire du Bassin de Taubaté (État de São Paulo, Brésil), d'après les échantillons du sondage n° 42 du CNP. In: *Coletânea de trabalhos paleontológicos*, Brasília, DNPM, p.379-393. (Série Geologia, 27, Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2)
- Lima M.R., Suguio K., Vespucci J.B.O. 1985b. Estudo palinológico de uma camada de linho da Formação Caçapava. Bacia de Taubaté, Terciário do Estado de São Paulo, Brasil. *An. Acad. bras. Ci.*, 57:183-197.
- Lima M.R., Riccomini C., Souza P.A. 1994. Palinologia de folhelhos do Gráben de Casa de Pedra, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, 27:485-504.
- Melo M.S. 1990. *A Formação Parigüera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de mestrado, 211p.
- Melo M.S., Riccomini C., Hasui Y., Almeida F.F.M., Coimbra A.M. 1985a. Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Geociências*, 15:193-201.
- Melo M.S., Riccomini C., Almeida F.F.M., Hasui Y. 1985b. Sedimentação e tectônica da Bacia de Resende - RJ. *An. Acad. bras. Ci.*, 57:467-479.
- Menezes S.O. & Klein V.C. 1973. Ocorrências de barita em áreas adjacentes a maciços de rochas alcalinas no Estado do Rio de Janeiro. *Mineração e Metalurgia*, 345:12-16.
- Morbidelli L., Gomes C.B., Beccaluva L., Brotzu P., Conte A.M., Ruberti E., Traversa G. 1995. Mineralogical, petrological and geochemical aspects of alkaline and alkali-carbonate associations from Brazil. *Earth Science Reviews*, 39:135-168.
- Oliveira A.I. 1956. Brazil. In: W. F. Jenks (ed.) *Handbook of South American Geology*. Baltimore, Geological Society of America, Memoir 65, 1-63.
- Penalva F. 1967. Geologia e tectônica da região do Itatiaia (sudeste do Brasil). *Bol. FFLCII, Geologia*, 22, 196p.
- Pirajno F. 1992. *Hydrothermal mineral deposits: principles and fundamental concepts for the exploration geologist*. Berlin, Springer-Verlag, 709p.
- Riccomini C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 256p.
- Riccomini C. & Rodrigues-Francisco B.H. 1992. Idade potássio-argônio do derrame de ankaramito da Bacia de Itaboraí, Rio de Janeiro, Brasil: implicações tectônicas. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 37, São Paulo, *Boletim de Resumos Expandidos*, 2:469-470.
- Riccomini C., Melo M.S., Almeida F.F.M., Mioto J.A., Hasui Y. 1983. Sobre a ocorrência de um derrame de ankaramito na Bacia de Volta Redonda (RJ) e sua importância na datação das bacias tafrogênicas continentais do sudeste do brasileiro. In: SBG, Simp. Reg. Geol., 4, São Paulo, *Resumos*, p.23-24.
- Riccomini C., Melo M.S., Almeida F.F.M., Hasui Y. 1985. Geologia da Bacia de Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil. *An. Acad. bras. Ci.*, 57:518-519.
- Riccomini C., Coutinho J.M.V., Guaraná C.A., Coimbra A.M., Hachiro J., Atencio D., Iyomasa W.S. 1988. Evidências de hidrotermalismo em sedimentos da Bacia de São Paulo: considerações genéticas. *An. Acad. bras. Ci.*, 60:105-106.
- Riccomini C., Coimbra A.M., Sant'Anna L.G., Brandt Neto M., Valarelli J.V. 1996. Argilominerais do paleolito Tremembé e sistemas deposicionais relacionados (Paleógeno, Rift Continental do Sudeste do Brasil). *Rev. Bras. Geociências*, 26:167-180.
- Rodrigues-Francisco B.H. 1975. *Geologia e estratigrafia da bacia calcária de São José, Município de Itaboraí, RJ*. Inst. de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 89p.
- Rodrigues-Francisco B.H. & Cunha F.L.S. 1978. Geologia e estratigrafia da Bacia de São José, Município de Itaboraí, RJ. *An. Acad. bras. Ci.*, 50:381-416.
- Rust B.R. 1978. Depositional models for braided alluvium. In: A.D. Miall (ed.) *Fluvial sedimentology*. Calgary, Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 5, p. 605-625.
- Sadowski G.R. & Motidome M.J. 1987. Brazilian megafaults. *Rev. Geol. Chile*, 31:61-75.
- Sant'Anna L.G. 1999. *Geologia, mineralogia e gênese das esmectitas dos depósitos paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 293p.
- Sant'Anna L.G., Riccomini C., Carvalho M.D., Sial A.N., Rodrigues-Francisco B.H. 2000. Paleocene/Eocene travertines in the Itaboraí basin (Rio de Janeiro state, southeastern Brazil). In: International Geological Congress, 30, Rio de Janeiro, Brasil, *Abstracts volume (CD-ROM)*.
- Santos R.P. 1994. *Datation K/Ar e Rb/Sr d'argiles de minéralisations et de diagenese le long de la côte Est de l'Amérique du Sud. Implications géodynamiques*. Université Joseph Fourier, Grenoble I, Thèse Dr., 266p.
- Sonoki I.K. & Garda G.M. 1988. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil meridional e Paraguai oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento. *Bol. IGUSP, Série Científica*, 19:63-85.
- Takiya H. 1997. *Estudo da sedimentação neogênico-quaternária no Município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 152p.
- Tibana V.C., Castro J.C., Barrocas, S.L.S. 1984. Bacia de Itaboraí. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, *Anais*, 12:5309-5316.
- Thiry M. 1997. Continental silicifications: a review. In: H. Paquet & N. Clauer (eds.) *Soils and sediments*. Berlin, Springer-Verlag, 191-221.
- Trindade N.M. 1956. Contribuição ao estudo da Malacofauna de São José de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro. *Notas Preliminares e Estudos*, 96, 22p.
- Valença J.G., Reis A.P., Filho L.M., Ribeiro M.W., Santos Lima P.R.A., Gomes A.C.B. 1974. Ocorrências de fluorita no Município de Itaboraí - RJ. *Mineração e Metalurgia*, 352:8-10.
- Yamamoto I.T. 1995. *Palinologia das bacias tafrogênicas do sudeste (bacias de Taubaté, São Paulo e Resende): análise bioestratigráfica integrada e interpretação paleoambiental*. Inst. de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Dissertação de Mestrado, 217p.

Manuscrito A-1208

Recebido em 29 de janeiro de 2001

Revisão dos autores em 08 de maio de 2001

Revisão aceita em 15 de maio de 2001