

EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS SOBRE A GEOLOGIA DA BACIA DE SÃO PAULO NA DÉCADA DE OITENTA

Mario Sergio de Melo ¹

Armando Márcio Coimbra ²

Claudio Riccomini ²

INTRODUÇÃO

Em maio de 1980, como promoção conjunta da Sociedade Brasileira de Geologia e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, foi realizada a mesa redonda "Aspectos geológicos e geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo", sumarizando os conhecimentos acumulados sobre essa unidade por quase 170 anos.

Por ocasião do Workshop "Geologia da Bacia de São Paulo", organizado pela Sociedade Brasileira de Geologia e Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, a presente comunicação foi elaborada com o fito de abordar os principais resultados emergentes dos estudos realizados na década de oitenta, notadamente aqueles voltados aos aspectos da tectônica e sedimentação da bacia no Terciário. Procurou-se também enumerar alguns pontos ainda bastante polêmicos, bem como apontar futuras linhas de investigação sobre a evolução geológica da área.

CONTEXTO GEOLÓGICO-TECTÔNICO REGIONAL

A Bacia de São Paulo, integrante do Sistema de Rifts Continentais da Serra do Mar (ALMEIDA 1976), está desenvolvida sobre terrenos cristalinos de idade Brasileira (Pan-Africana) e mais antiga. Tais terrenos são referíveis ao Cinturão de Dobramentos Ribeira (HASUI et al. 1975).

Densa trama de falhamentos transcorrentes dextrais, com atividade até o final do Ciclo Brasileiro, no Cambro-Ordoviciano (HASUI & SADOWSKI 1976, SADOWSKI & MOTIDOME 1987), corta o substrato da bacia.

¹Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.

²Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

No início do Terciário (Paleógeno), falhamentos normais foram atuantes ao longo das descontinuidades mais antigas, propiciando a acumulação sintectônica de sedimentos nas bacias do sistema de riffs (MELO et al. 1985b, RICCOMINI et al. 1987). Este regime é caracterizado por encurtamento vertical e extensão segundo NW-SE (CAMPANHA et al. 1985).

Já com características pós-sedimentares, esforços compressivos passam a atuar na região, sendo-lhes tentativamente atribuída idade pós-oligocênica (MELO et al. 1986, RICCOMINI 1987). Eles aproveitaram também as estruturas geradas em eventos anteriores mas, os eixos de esforços deduzidos a partir da análise de populações de falhas e respectivas lineações de estrias de atrito dessa fase, embora apontem coaxialidade com os da fase distensiva anterior (com permutação entre os eixos de encurtamento e extensão), parecem compatibilizar-se com um modelo transpressional originado por um binário compressivo dextral grosseiramente orientado segundo EW (RICCOMINI 1987). Este sistema propiciaria compressão segundo NW-SE, e a ele estariam associadas as falhas sintéticas EW e ENE, bem como as antitéticas orientadas preferencialmente segundo NNW. A distribuição atual dos sedimentos na bacia está claramente controlada por essas famílias de falhas (figura). Da mesma forma, hidrotermalismo (silicificação) de sedimentos parece estar condicionado às estruturas ENE a EW (RICCOMINI et al. 1988, COUTINHO 1989 nesse evento).

Suspeita-se que o evento transpressional tenha persistido até o Pleistoceno Superior, eventualmente o Holoceno, tendo em vista que deformações tais como falhas inversas, de empurrão e dobramentos afetam colúvios e stone-lines, supostamente dessa idade, nas bacias de Taubaté e Resende (RICCOMINI et al. 1989a).

Sabe-se, e este fato parece mais seguro, que sobre esta fase compressiva, nova fase distensiva manifestou-se na região, truncando feições da fase compressiva, inclusive (RICCOMINI et al. 1989b). À esta última fase, provavelmente um relaxamento da anterior e a ela também coaxial, quase que seguramente estariam relacionadas as suspeitas mais consistentes de atividade neotectônica e sismicidade atual, como sugerido pela similaridade entre os tensores dessa fase e os dos

sismos induzidos por reservatórios do sudeste do Brasil (RICCOMINI et al. 1989a).

ESTRATIGRAFIA

A Bacia de São Paulo está localizada no Planalto Paulistano, feição geomorfológica mais jovem que a Superfície do Japi, esta de idade paleogênica (ALMEIDA 1976). A bacia é um hemi-graben com basculamento para NNW preenchido com até 290 m de espessura de sedimentos (ALMEIDA 1955).

Reconhecem-se na área duas unidades litoestratigráficas, as formações São Paulo (PISSIS 1842) e Itaquaquecetuba (COIMBRA et al. 1983).

Nesta última década, tem-se discutido a faciologia da Formação São Paulo, e a relação desta unidade com a Formação Itaquaquecetuba, definição que substitui os anteriormente denominados "aluviões antigos dos rios Pinheiros e Tietê" (SUGUIO & TAKAHASHI 1970).

A Formação São Paulo, segundo a concepção ora vigente, é constituída por leques aluviais lamosos, associados a borda tectonicamente ativa de bacia, gradando para drenagem "braided", depósitos de sistema fluvial meandrante, além de fácies lacustre efêmera e localizada (MELO et al. 1986, RICCOMINI 1989). Os depósitos caracterizam-se pela relativa abundância de finos, presença de argilas do grupo das esmectitas, e de feldspatos angulosos e frescos. Destaca-se ainda a ausência de sedimentos orgânicos (exceto as argilas lacustres), e também de concreções (calcretes, silcretes, etc.).

A Formação São Paulo até há pouco era tida como afossilífera, muito embora referência a troncos silicificados de dicotiledôneas provenientes do Pátio do Colégio tenha sido feita por MORAES REGO & SOUZA SANTOS (1938). SILVA & BASANO FILHO (1972) mencionam a existência de "camada de carvão" em vários poços perfurados na área da bacia, entre as quais uma a quase 150 metros de profundidade na Avenida Paulista, nos arredores do Parque Trianon.

Os sedimentos dessa formação foram considerados como pliocênicos desde suas primeiras descrições. Esta idade foi corroborada pela interpretação de análises paleomagnéticas (Plioceno Superior, SUGUIO et al. 1986). Entretanto, estudos palinológicos na Formação São Paulo têm apontado para uma idade mais antiga, pelo menos em parte sincrônica

da deposição nas bacias de Taubaté, Resende e Volta Redonda (Eoceno Médio - Oligoceno Inferior, IPT 1986; Oligoceno Inferior, LIMA & MELO 1989 no presente evento).

A Formação Itaquaquetuba é formada por leques aluviais com conglomerados a blocos e matacões em matriz arenosa sem lama, associados a planície aluvial "braided" com barras longitudinais de cascalhos e areias grossas, e barras com cristas transversais, provavelmente linguoides, com arenitos de dunas subaquosas (COIMBRA et al. 1983, RICCOMINI 1989). Os depósitos apresentam abundantes minerais instáveis no conteúdo pesado (granada) e leve (feldspatos). Existem poucos níveis orgânicos, e na maioria das vezes discretos. Há interpretações de que possam esses níveis orgânicos tratar-se de megaclastos, intra ou extraclásticos (RICCOMINI 1989). Por outro lado, são abundantes os troncos de madeira fossilizados, tidos como de gêneros de clima tropical úmido (SUGUIO 1971, SUGUIO & MUSSA 1978).

A formação foi inicialmente considerada pleistocênica (SUGUIO 1971), com base nas relações de contato com a Formação São Paulo e o embasamento, e em datações C14 que indicaram idade além do limite do método (BIGARELLA 1971, SUGUIO 1971). Estudos palinológicos, entretanto, têm indicado idade mais antiga, embora tenham sido efetuados nos níveis orgânicos acima referidos (MELO et al. 1985a, MELO et al. 1986, RICCOMINI et al. 1987, LIMA & MELO 1989, neste evento).

As relações entre os depósitos atribuídos às formações São Paulo e Itaquaquetuba não são muito nítidas, o que tem determinado linhas de interpretação alternativas, ora considerando-se a Formação Itaquaquetuba como mais nova (COIMBRA et al. 1983, RICCOMINI 1989), ora considerando as duas unidades como interligadas dentro de um mesmo sistema deposicional relativamente complexo, passando lateralmente de leques aluviais para planície e lago, e verticalmente observando-se reorganização do sistema fluvial, com passagem gradativa para condições meandrantas (MELO et al. 1986).

Outra hipótese que deve ser considerada é a de que a Formação Itaquaquetuba seja mais antiga que a Formação São Paulo, o que encontraria suporte em interpretações que admitem areias grossas basais - no caso incluídas na unidade Itaquaquetuba - cobertas por argilas na Bacia de São Paulo.

Esta questão é agravada pela ausência de relações diretas de contato entre as duas unidades (ou litofácies). Ambas jazem diretamente sobre o embasamento Brasileiro. O topo da Formação Itaquaquacetuba está nivelado por uma superfície erosiva situada a cerca de 710 m de altitude, aproximadamente na possível interface entre a Formação Itaquaquacetuba com a Formação São Paulo, controlada pela Soleira de Baureri (ALMEIDA et al. 1984).

Recentemente, vem sendo verificada a ocorrência de falhas transcorrentes sintectônicas à deposição da Formação Itaquaquacetuba, o que a relacionaria com atividade tectônica mais recente, pós-oligocênica, conseqüentemente mais jovem que a Formação São Paulo (RICCOMINI 1989). Neste mesmo contexto, a origem da Formação Itaquaquacetuba estaria relacionada ao soerguimento de blocos controlados por falhas orientadas segundo NNW e ENE, respectivamente antitéticas e sintéticas da fase compressiva, promovendo a remoção da cobertura São Paulo e deposição Itaquaquacetuba em bacias romboidais sobre o embasamento cristalino, com fornecimento dos megaclastos a partir das áreas elevadas (RICCOMINI 1989). A expressão em área das explorações de areia de Itaquaquacetuba, reflexo do avanço das extrações, corroboraria tal modelo.

Ainda segundo RICCOMINI (1989) esse soerguimento seria responsável pela separação atualmente observada entre as bacias de São Paulo e Taubaté (Soleira de Arujá). Esta hipótese seria corroborada pela variação na distribuição de fácies e padrão de paleocorrentes da Formação Itaquaquacetuba, indicando paleodrenagem compatível com a atual (COIMBRA et al. 1983), o que não descartaria a possibilidade de atividade mais antiga da soleira, conforme admitido por MELO et al. (1986).

Levando-se em conta as características dos depósitos das formações São Paulo e Itaquaquacetuba, pode-se formular as seguintes hipóteses de evolução paleoclimática para a Bacia de São Paulo, cada qual com os seus desdobramentos em termos das relações entre as fácies sedimentares e conseqüentemente a litoestratigrafia.

HIPÓTESE A, CONSIDERANDO A FORMAÇÃO ITAQUAQUECETUBA MAIS ANTIGA DO QUE A FORMAÇÃO SÃO PAULO

A Bacia de São Paulo teria tido inicialmente clima úmido com vegetação exuberante, e não apenas em matas ciliares, e a tectônica sinsedimentar atuante, gerando grande carga de sedimentos, com intenso fluxo de detritos lavados e carreados para uma planície aluvial saturada em clásticos, o que determinaria a instalação de sistema fluvial com canais entrelaçados (braided).

Considerando esta hipótese, a Formação Itaquaquetuba seria correspondente às areias grossas basais da Bacia de São Paulo, localizadas sempre abaixo da cota de 715 m (VARGAS 1980, COZZOLINO 1980). Estas estão expostas apenas nos portos de areia da região de Cumbica.

Com a mudança paleoclimática, os leques aluviais lamosos, que corresponderiam às "argilas" cinzas e verdes muito duras e pré-adensadas (chamadas localmente de taguá), com carreamento do espesso rególito, causariam, na planície aluvial, o desenvolvimento de sistema meandrante com espessos inunditos. Para o topo, com a diminuição dos processos de corridas-de-lama, instalar-se-ia o sistema fluvial meandrante, no momento de maior calmaria tectônica da bacia.

No caso da presente hipótese, a denominação Formação São Paulo abrangeria os depósitos de leques aluviais e os de sistema fluvial meandrante, ficando as areias basais incluídas na Formação Itaquaquetuba.

HIPÓTESE B, CONSIDERANDO A FORMAÇÃO ITAQUAQUECETUBA COM A MESMA IDADE DA FORMAÇÃO SÃO PAULO

Para a aceitação desta hipótese, partindo-se do princípio de incompatibilidade entre os ambientes de sedimentação dos depósitos envolvidos, seria necessária a exclusão do sistema fluvial meandrante da Formação São Paulo ou, mais corretamente, reservar o termo São Paulo para estes sedimentos (RICCOMINI 1989), que seriam então mais jovens, havendo contemporaneidade apenas entre os depósitos de corrida de lama e a Formação Itaquaquetuba (braided).

HIPÓTESE C, CONSIDERANDO A FORMAÇÃO ITAQUAQUECETUBA MAIS JOVEM DO QUE A FORMAÇÃO SÃO PAULO

Em termos de evolução paleoclimática é a hipótese mais provável, onde ter-se-ia pré-Formação São Paulo clima úmido com geração de espesso rególito alimentador na época São Paulo, semi-árida, das espessas e frequentes corridas de lama.

Na área fonte, com perda gradual de lama e sem nova geração desta, restaria apenas a desagregação mecânica, e na época da Formação Itaquaquetuba, mesmo sob condições climáticas úmidas, a carga arenosa a ser carregada levaria ao desenvolvimento de sistema fluvial entrelaçado.

Agora, a Formação São Paulo compreenderia três litofácies: "areias basais", "lamitos", e depósitos fluviais meandrantos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento dos estudos de tectônica e sedimentação na presente década pode-se constatar que as considerações simplistas até então admitidas quanto às questões paleoclimáticas e tectônicas não podem mais serem consideradas.

O avanço nos estudos das fácies e sistemas deposicionais dos sedimentos, bem como da tectônica e estratigrafia da Bacia de São Paulo, mostra no momento, um quadro ainda pouco esclarecedor sobretudo quanto à definição dos paleoclimas reinantes na época deposicional. Qualquer que seja a hipótese de relação entre as formações São Paulo e Itaquaquetuba torna-se evidente a necessidade de uma melhor caracterização do que seria realmente a Formação São Paulo em termos litoestratigráficos.

Em 1980 discutiu-se o conhecimento acumulado em quase 170 anos de investigação. Hoje, passados nove anos, estamos mais confusos do que antes. Mas confusos num degrau mais avançado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. (1955) As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. Bol. Soc. Bras. Geol., 4:23-40.
- ALMEIDA, F.F.M. (1976) The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. An. Acad. bras. Ciênc., 48(suplemento):15-26.
- ALMEIDA, F.F.M.; RICCOMINI, C.; DEHIRA, L.K.; CAMPANHA, G.A.C. (1984) Tectônica da Formação Itaquaquetuba na Grande São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, SBG, v.4, p. 1794-1808.
- BIGARELLA, J.J. (1971) Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14. Paleoclimas, 1:1-22.
- CAMPANHA, G.A.C.; RICCOMINI, C.; MELO, M.S.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. DEHIRA, L.K. (1985) Análise do padrão de fraturamento Mesozóico-Cenozóico de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, São Paulo. Atas. São Paulo, SBG, v.1, p. 337-350.
- COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C.; MELO, M.S. (1983) A Formação Itaquaquetuba: evidências de tectonismo no quaternário paulista. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo. Atas. São Paulo, SBG, p. 265-285.
- COUTINHO, J.M.V. (1989) Alguns aspectos sedimentológicos e tectônicos na área da Bacia de São Paulo. In: WORKSHOP - GEOLOGIA DA BACIA DE SÃO PAULO, São Paulo (neste volume).
- COZZOLINO, V.M. (1980) Considerações sobre o conceito de camadas do ponto de vista geotécnico, na Bacia de São Paulo. In: MESA REDONDA ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, São Paulo. Publicação Especial. São Paulo, ABGE/SBG, p. 47-52.
- HASUI, Y. & SADOWSKI, G.R. (1976) Evolução geológica do Pré-Cambriano da região sudeste do Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 6:182-200.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. (1975) The Ribeira Folded Belt. Rev. Bras. Geoc., 5:257-266.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. (1986) Tectônica e sedimentação cenozóica na área da soleira entre as bacias de São Paulo e Taubaté. (Relatório IPT 23724, 2v.).

- LIMA, M.R. & MELO, M.S. (1989) Palinologia de sedimentos da Bacia de São Paulo. In: WORKSHOP - GEOLOGIA DA BACIA DE SÃO PAULO, São Paulo (neste volume).
- MELO, M.S.; VINCENS, A.; TUCHOLKA, P. (1985a) Contribuição à cronologia da Formação Itaquaquetuba - SP. An. Acad. bras. Ciênc., 57: 175-181.
- MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M.; COIMBRA, A.M. (1985b) Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. Rev. Bras. Geoc., 15:193-201.
- MELO, M.S.; CAETANO, S.L.V.; COIMBRA, A.M. (1986) Tectônica e sedimentação na área das bacias de São Paulo e Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia. Anais. Goiânia, SBG, v.1, p. 321-336.
- MORAES REGO, L.F. & SOUZA SANTOS, T.D. (1938) Contribuição para o estudo dos granitos da Serra da Cantareira. Bol. Inst. Pesq. Tecn. Est. S. Paulo., 18: 162p.
- PISSIS, A. (1842) Mémoire sur la position géologique des terrains de la partie australe du Brésil, et sur les soulèvements qui, à diverses époques, ont changé le relief de cet contrés. C.R.Acad. Sci. Paris, v. 10, p. 353-413.
- RICCOMINI, C. (1987) Transpressão tectônica cenozóica: um importante elemento no estudo da evolução estrutural do Cinturão de Dobramentos Ribeira. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, Rio Claro. Resumos. Rio Claro, SBG, p. 15-16.
- RICCOMINI, C. (1989) O rift continental do sudeste do Brasil. Tese de Doutorado a ser apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.
- RICCOMINI, C.; APPI, C.J.; FREITAS, E.L.; ARAI, M. (1987) Tectônica e sedimentação no Sistema de Rifts Continentais da Serra do Mar (Bacias de Volta Redonda, Resende, Taubaté e São Paulo). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA RJ-ES, 1, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, SBG, p. 253-298.
- RICCOMINI, C.; GOUTINHO, 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. Ciênc., 60:105-106.

- RICCOMINI, C.; PELOGGIA, A.U.G.; SALONI, J.C.L.; KOHNKE, M.W.; FIGUEIRA, R.M. (1989a) Neotectonic activity in the Serra do Mar Rift System (southeastern Brazil). J. S. Am. Earth Sci., 2:191-197.
- RICCOMINI, C.; NEUMANN, R.; MATOS, S.L.F. (1989b) Convergent strike-slip faulting in a passive continental margin, southeastern Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 28, Washington, USA (aceito para apresentação).
- SADOWSKI, G.R. & MOTIDOME, M.J. (1987) Brazilian megafaults. Rev. Geol. Chile, 31:61-75.
- SILVA, L.M. & BASANO FILHO, H. (1972) Levantamento hidrogeológico da porção central da Bacia de São Paulo. Água Subterrânea, 1:21-40.
- SUGUIO, K. (1971) Estudo dos troncos de árvores "linhitificados" dos aluviões antigos do Rio Pinheiros (SP): significados geocronológico e possivelmente paleoclimático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo. Anais. São Paulo, SBG, v.1, p. 53-59.
- SUGUIO, K. & TAKAHASHI, L.I. (1971) Estudo dos aluviões antigos dos rios Pinheiros e Tietê, São Paulo, SP. An. Acad. bras. Ciênc., 42:555-570.
- SUGUIO, K. & MUSSA, D. (1978) Madeiras fósseis dos aluviões antigos dos rios Pinheiros e Tietê, São Paulo. Bol. IG, 9:25-45.
- SUGUIO, K.; BIDEGAIN, J.C.; MÖRNER, N.-A. (1986) Dados preliminares sobre as idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 16:171-175.
- VARGAS, M. (1980) Geotecnia do Terciário de São Paulo - Histórico. In: MESA REDONDA - ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, São Paulo. Publicação Especial. São Paulo, ABGE/SBG, p. 37-45.

ESBOÇO DOS SEDIMENTOS TERCIÁRIOS E FALHAS DE REATIVAÇÃO NA ÁREA DA GRANDE SÃO PAULO

(mod. de Melo *et al.* 1986)

