

NOVAS EVIDÊNCIAS DE ATIVIDADE TECTÔNICA MODERNA NO SUDESTE
BRASILEIRO: OS DEPÓSITOS FALHADOS DA FORMAÇÃO PARIQUERA-AÇU

Cláudio Riccomini
Instituto de Geociências - USP
Caixa Postal 20.899
01498 - São Paulo, SP - Brasil

Moysés Gonsalez Tessler
Instituto Oceanográfico - USP
Caixa Postal, 9.075
01498 - São Paulo, SP - Brasil

Kenitiro Suguio
Instituto de Geociências - USP
Caixa Postal, 20.899
01498 - São Paul, SP - Brasil

ABSTRACT

The Pariquera-Açu Formation constitutes the substrate for the late Pleistocene Cananéia Formation and other Quaternary coastal deposits and is assumed to be Pliocene-Pleistocene in age according to preliminary palynological data. However, this must be considered as its minimum age, because it was accepted due to the absence of miofloristic assemblages indicative of older ages. On the other hand, Cananéia Formation is recording the homonymous transgressive episode, which occurred during the Sangamon interglacial period (about 120,000 years B.P.).

Preliminary surveys on the Pariquera-Açu Formation in the Ribeira de Iguape river valley (southern State of São Paulo, Brazil) have revealed a set of mesoscopic, predominantly normal post-sedimentary faults affecting the sediments. Systematic measurements of the fault planes, in an outcrop situated 23.9 km south of Biguá, in the road to the town of Iguape, showed that they are related with older structures as joints and meta-

Proceedings of the IGCP Project 201 Mérida (Venezuela) meeting:
p. 29-42.

morphic foliations of different origins which are present in the Precambrian basement rocks. Computer geometric analysis of fault planes and slickenside lineations indicated a subvertical maximum shortening axis (Z), a subhorizontal NNE-SSW intermediate axis (Y), and a subhorizontal WNW-ESE maximum extension axis (X). In a pure shear regime, σ_1 , σ_2 and σ_3 stress axes can be associated respectively with the above mentioned axes.

The Cenozoic tectonic events registered in southeastern Brazil are related to the evolution of the Serra do Mar Continental Rift System. The first one, active during the Tertiary at least until the Eocene, of tractional character, is believed to be the generator of the deformational structures measured in the Pariquera-Açu Formation. On the other side, possible compressive structures (mesoscopic reverse faults) affecting the Cananéia Formation deposits near the homonymous island could be interpreted as a product of a second tectonic event, believed as a right-lateral convergent transcurrence along ENE-WSW to E-W directions, caused by transpression which took place probably from Miocene until possibly Pleistocene times.

The correlation of the observed structures with regional tectonic events represents a first attempt to date these features, but the possibility of younger ages are not to be discarded.

RESUMO

A Formação Pariquera-Açu constitui o substrato para a Formação Cananéia, do Pleistoceno Superior, e outros depósitos costeiros do Quaternário, sendo considerada de idade pliocênica-pleistocênica segundo dados palinológicos preliminares. Entretanto, esta deve ser considerada como idade mínima, porque ela foi admitida em virtude da ausência de assembléias mioflorísticas indicativas de idades mais antigas. Por outro lado, a Formação Cananéia registra o episódio transgressivo homônimo, que ocorreu durante o período interglacial Sangamonia-no (cerca de 120.000 anos A.P. = Antes do Presente).

Os levantamentos preliminares realizados sobre a Formação Pariquera-Açu no vale do Rio Ribeira do Iguape (sul do Estado de São Paulo) revelaram um conjunto de falhas pós-deposicionais predominantemente normais afetando os sedimen-

tos. Medidas sistemáticas dos planos de falha, em um afloramento localizado 23,9 km ao sul de Biguá, na estrada para Iguape, mostrou que eles estão relacionados com estruturas mais antigas como juntas e foliações metamórficas de diferentes origens que estão presentes nas rochas pré-cambrianas do embasamento. Análise geométrica dos planos de falha e lineações de estrias de atrito em computador indicaram um eixo máximo de encurtamento (Z) subvertical, um eixo intermediário (Y), orientado NNE-SSW, e um eixo máximo de alongamento (X), orientado WNW-ESE, ambos subhorizontais. Em um regime de cisalhamento puro, os eixos de tensão σ_1 , σ_2 e σ_3 podem ser associados respectivamente com os acima mencionados.

Os eventos tectônicos cenozóicos registrados no sul deste brasileiro estão relacionados à evolução do Sistema de "Rifts" Continentais da Serra do Mar. O primeiro, que atuou durante o Terciário pelo menos até o Eoceno, de caráter tracional, teria sido o gerador das estruturas deformacionais medidas na Formação Pariquera-Açu. Por outro lado, estruturas possivelmente compressionais (falhas inversas mesoscópicas), afetando os depósitos da Formação Cananéia próximo à ilha homônima, poderiam ser interpretadas como um produto do segundo evento tectônico, que teriam resultado de transcorrências dextrais convergentes de direção ENE-WSW para E-W, causadas por transpressão, que ocorreu provavelmente a partir do Mioceno e ativa até o Pleistoceno.

A correlação das estruturas observadas com os eventos tectônicos regionais representa uma primeira tentativa para se datar essas feições, sem descartar a possibilidade de que elas sejam de idades mais novas.

INTRODUÇÃO

Os aluviões terraceados existentes no baixo vale do Rio Ribeira de Iguape, no sul do Estado de São Paulo, foram reconhecidos pela primeira vez por SILVEIRA (1952), tendo sido posteriormente denominados de Formação Jacupiranga (ALMEIDA, 1964). BIGARELLA e MOUSINHO (1965) designaram esses depósitos de Formação Pariquera-Açu, nome que foi mantido em todos os estudos subsequentes (FRANZINELLI, 1970; PONÇANO, 1981, in ALMEIDA et al., 1981).

Embora muita dissensão tenha sido suscitada entre os primeiros estudiosos da formação, quanto ao número e posi

ção topográfica dos terraços que constituiriam esta unidade litoestratigráfica, a questão parece ter sido solucionada por proposta de PONÇANO (1981, in ALMEIDA, et al., 1981). Este autor limitou-os a dois referindo-os a cotas relativas ao nível de base local (Rio Ribeira de Iguape), diferentemente do que vinha sendo feito anteriormente, quando eram relacionados ao nível do mar.

A Formação Pariquera-Açu é predominantemente composta por sedimentos finos, com alternâncias irregulares de siltitos arenosos e arenitos arcóseos, associados a camadas conglomeráticas pouco espessas (BIGARELLA & MOUSINHO, op. cit.). O mecanismo de deposição foi principalmente do tipo movimento de massa, que teria ocorrido sob condições de paleoclima semi-árido.

A idade neocenozóica já era admitida pelos pesquisadores como BIGARELLA & MOUSINHO (op. cit.) e PONÇANO (1981, in ALMEIDA et al., 1981), com base em correlações geomorfológicas. SUNDARAM & SUGUIO (1985) atribuíram-lhe idade provável pliocênica baseada em estudo de palinóforos.

A formação assenta-se discordantemente sobre rochas cristalinas pré-cambrianas, ocorrendo freqüentemente de póssitos conglomeráticos basais. Na planície costeira ela forma o substrato de sedimentos marinhos da Formação Cananéia (SUGUIO & PETRI, 1973), que representaria o registro da transgressão homônima relacionada ao período interglacial Sangamoniano, há cerca de 120.000 anos A.P. (SUGUIO & MARTIN, 1978).

Os depósitos da Formação Pariquera-Açu têm sua área de ocorrência situada a meio caminho entre as bacias de São Paulo e Curitiba, ambas integrantes do Sistema de "Rifts" Continentais da Serra do Mar (Fig. 1). Entretanto, suas relações com esse sistema ainda não foram estudadas.

Embora diversos autores (SILVEIRA, op. cit.; BIGARELLA & MOUSINHO, op. cit.; PETRI & SUGUIO, 1973; HASUI et al., 1978; PRESSINOTTI & PRESSINOTTI, 1980, entre outros) tenham aventado a hipótese da influência do tectonismo, no entalhamento e preservação dos seus depósitos, nenhuma falha ou outros tipos de evidências diretas haviam sido relatadas.

Falhas mesoscópicas pós-deposicionais, com rejeitos decimétricos e caráter predominantemente normal, foram pela

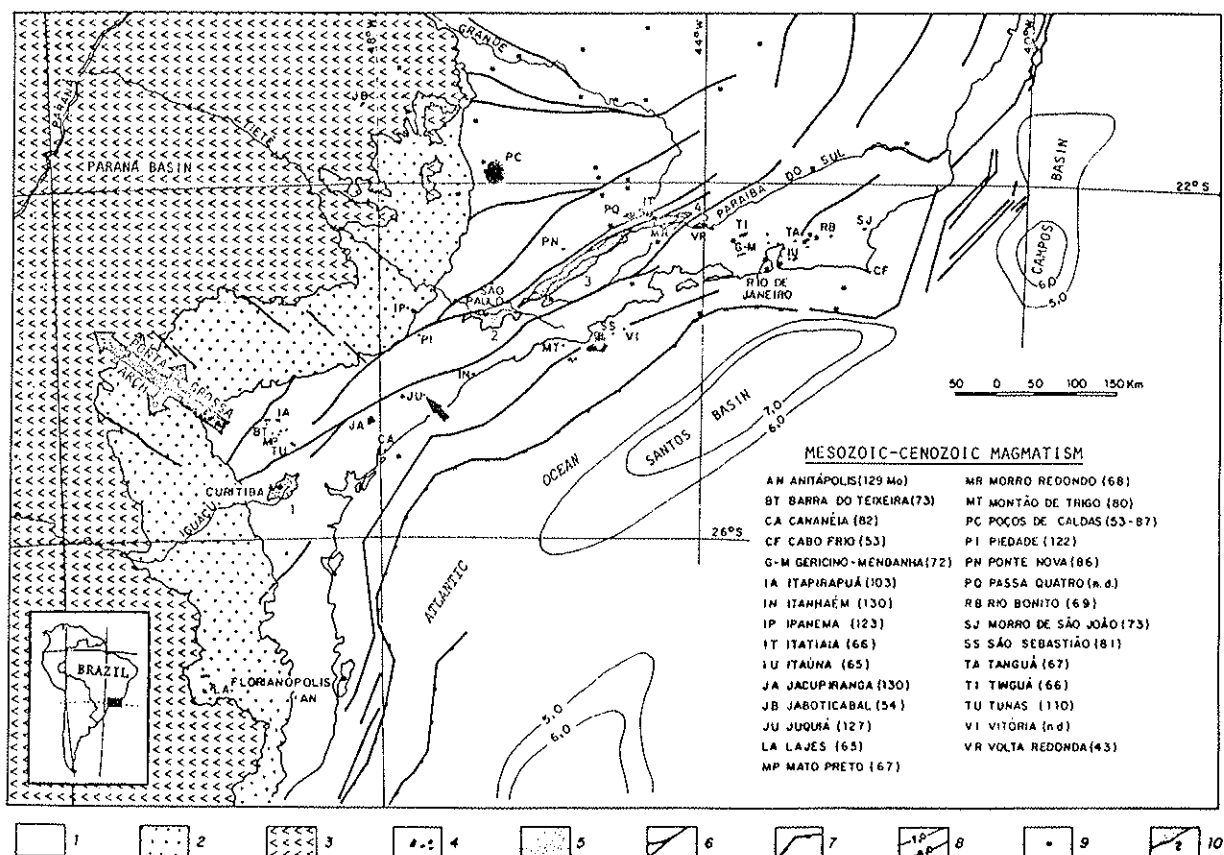


Figura 1 - Contexto geológico regional do sudeste brasileiro.

A seta indica o local estudado na Formação Pariqueira-Açu. 1 - embasamento pré-cambriano; 2 - sedimentos paleozóicos e mesozóicos da Bacia do Paraná; 3 - derrames basálticos mesozóicos da Formação Serra Geral, em parte recobertos por sedimentos; 4 - rochas relacionadas ao magmatismo do Mesozóico-Cenozóico (ver quadro no interior da figura; idades em Ma entre parênteses); 5 - sedimentos terciários; 6 - zonas de cisalhamento no embasamento; 7 - zonas de flexura; 8 - isópacas, em quilômetros, dos sedimentos das bacias costeiras; 9 - epicentros de terremotos; 10 - bacias do sistema de "rifts" (1 - Curitiba; 2 - São Paulo; 3 - Taubaté; 4 - Resende; 5 - Volta Redonda). Modificado de MELO *et al.* (1985).

primeira vez reconhecidas em afloramentos da Formação Parique-ra-Açu na região entre Biguá e Iguape. Elas não são muito comuns nos afloramentos visitados, com exceção de um corte na rodovia Biguá-Iguape, onde sua frequência permitiu uma análise preliminar.

O reconhecimento, pela primeira vez, dessas falhas cortando os sedimentos da Formação Parique-ra-Açu, além de constituir-se no primeiro registro direto de atividade tectônica afetando esta unidade, poderá abrir novas perspectivas para uma melhor compreensão da evolução geológica do sudeste brasileiro, durante o Cenozóico.

DADOS DE CAMPO

O afloramento estudado situa-se do lado direito da SP-222, rumo a Iguape, onde ocorrem camadas métricas de sedimentos argilosos arroxeados com grânulos esparsos de quartzo, além de depósitos arenosos conglomeráticos amarelados com abundante matriz argilosa. Os rejeitos das falhas, bem como as lineações de atrito dos seus planos, revelam movimentação relativa predominantemente normal, pois as estrias dispõem-se segundo a reta de maior declive. Secundariamente há também lineações que acusam rejeitos oblíquos, mas ainda com predomínio da componente normal. A ausência de estrias em alguns planos de falha pode ser atribuída à natureza dos sedimentos. Fraturas sem rejeitos também estão presentes. As relações entre as estruturas observadas estão esquematicamente representadas na Fig. 2.

As informações obtidas foram tratadas de modo a deduzir os eixos médios principais de deformação e esforços que afetaram os sedimentos. Os diagramas foram construídos com base no estereograma de Schmidt-Lambert, usando-se como referência o hemisfério inferior. Os planos de falhas e fraturas medidos exibem uma distribuição preferencial segundo as direções NNW e NE e, secundariamente, ENE. Por outro lado, há uma nítida concentração dos polos das lineações de estrias de atrito segundo a direção EW com mergulhos médios a altos para W (Fig. 3).

ANÁLISE DOS DADOS ESTRUTURAIS

Na análise do padrão de fraturamento foram utiliza

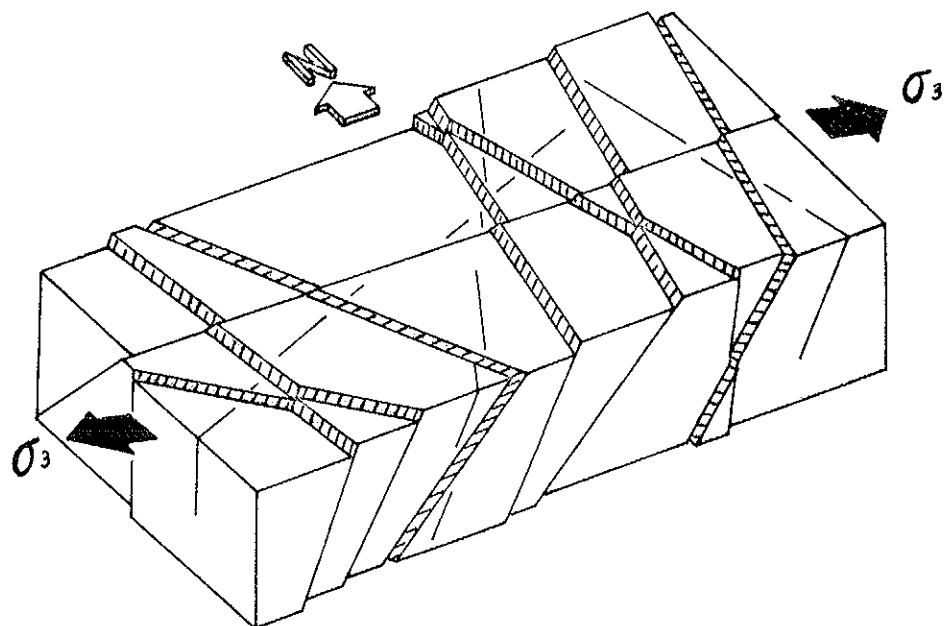


Figura 2 - Bloco-diagrama esquemático mostrando a relação entre as estruturas observadas (Km 23,9 da SP-222).

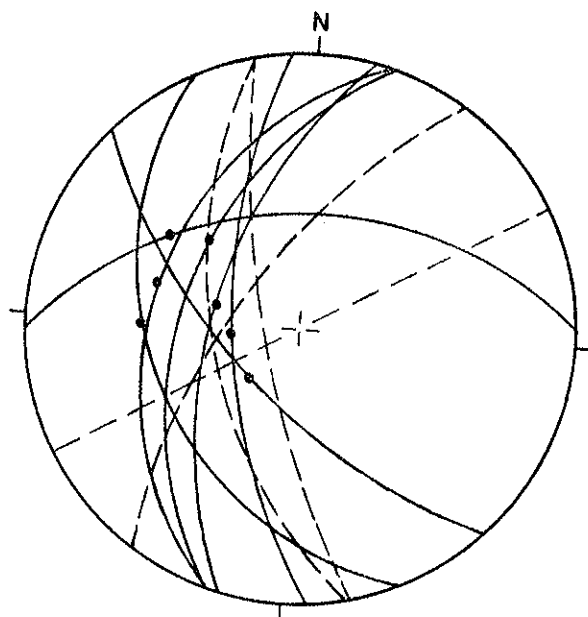


Figura 3 - Planos de falhas (círculos máximos) e estrias de atrito medidas. As falhas sem estrias e fraturas estão representadas pelos círculos máximos tracejados.

dos os dados referentes a falhas em escala de afloramento, afetando unicamente sedimentos, caracterizadas por superfícies discretas, polidas e estriadas, valendo-se de programas desenvolvidos em "Basic" para microcomputador gráfico.

Foram utilizados os métodos de análise desenvolvidos por ARTHAUD (1969), ANGELIER e MECHLER (1977) e ANGELIER (1979), já empregados anteriormente em estudos de estruturas semelhantes da região sudeste (CAMPANHA *et al.*, 1985).

RESULTADOS OBTIDOS

Embora tenha sido pequeno o número de planos de falhas disponíveis para a análise, os polos de planos de movimento obtidos pelo método de ARTHAUD (*op. cit.*) apresentam certa concentração segundo a guirlanda horizontal (Fig. 4), com polo vertical. O polo vertical da guirlanda indica uma das direções principais de deformação. Como a população de falhas analisadas apresenta caráter predominantemente normal esta é a direção de maior encurtamento (Z). Nessa guirlanda horizontal ocorre concentração dos polos de planos de movimento na direção NNW e NNE. A direção intermediária (Y) é indicada pela concentração de polos na guirlanda, ou seja, segundo NNW/SSE a NNE/SSW. Por conseguinte, a direção de maior extensão (X), ortogonal às outras duas, estaria alojada segundo WNW/ESE a WSW/ENE. Em regime de cisalhamento puro, os eixos de maior encurtamento, intermediário e de maior compressão podem ser associados, respectivamente a σ_1 , σ_2 e σ_3 . Naturalmente, a precisão das direções obtidas não é grande, mas estas já mostram uma certa tendência.

Aplicando-se o método de ANGELIER (*op. cit.*) e ANGELIER e MECHLER (*op. cit.*), pode-se obter no diagrama de Schmidt-Lambert as áreas de maior probabilidade de localização dos maiores esforços de tração e compressão (Fig. 5), respectivamente na direção WNW/horizontal e vertical.

POSSÍVEIS RELAÇÕES DAS ESTRUTURAS DA FORMAÇÃO PARIQUERA-AÇU COM A TECTÔNICA REGIONAL

CAMPANHA *et al.* (*op. cit.*) analisaram o padrão de distribuição das estruturas mesozóico-cenozóicas em algumas bacias integrantes do Sistema de "Rifts" da Serra do Mar (área

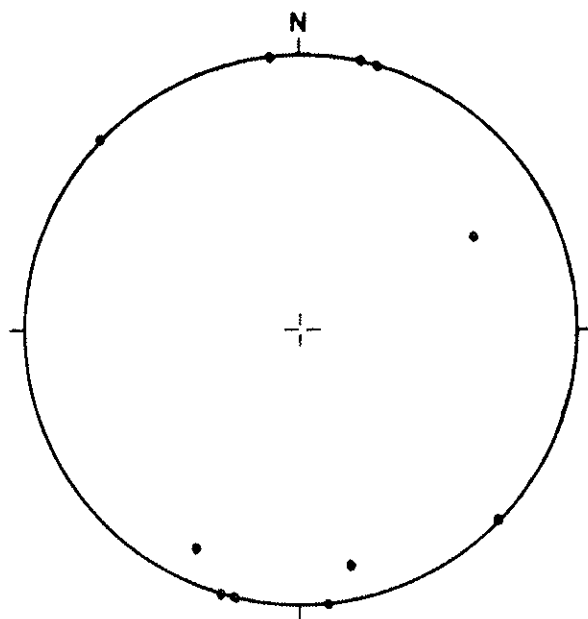


Figura 4 - Pólos de planos de movimento (ARTHAUD, 1969).

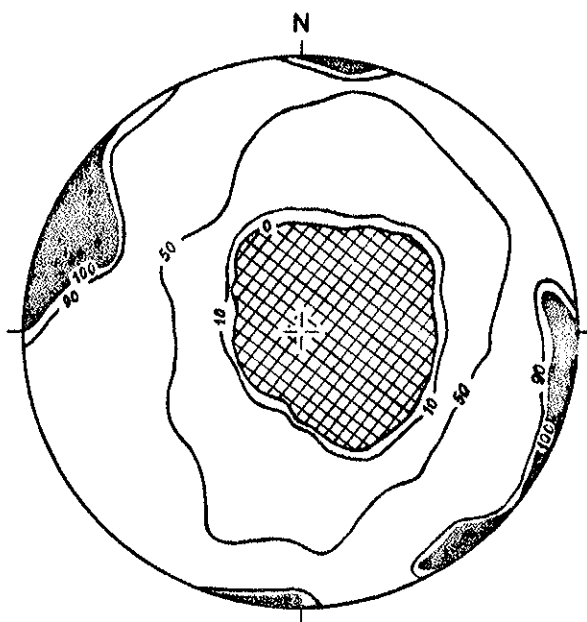


Figura 5 - Resultado da aplicação do método de ANGELIER (1979). As isolinhas de menor porcentagem delimitam as áreas de maior probabilidade de conter o esforço principal compressivo (σ_1), e as de maior porcentagem o esforço principal distensivo (σ_3).

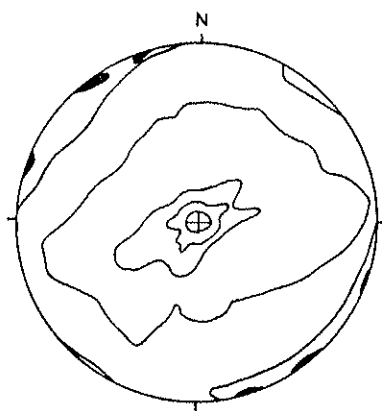
de Itaquaquetuba na Bacia de São Paulo, extremo leste da Bacia de Taubaté, Bacia de Resende e Bacia de Volta Redonda). Os dados obtidos (Fig. 6) mostraram grande identidade entre os padrões de fraturamentos, o que levou os autores a concluir por uma similaridade e postularem um provável sincronismo entre os regimes de esforços atuantes nas diferentes bacias. Estes regimes apresentam caráter tracional, com eixo de estiramento segundo NW-SE, encurtamento vertical e eixo intermediário NE-SW. Suas relações com o preenchimento sedimentar das bacias permite datá-los como ativos até pelo menos o Eoceno.

Um segundo evento tectônico vem sendo caracterizado na área do sistema de "rifts", o qual parece ter envolvido transcorrência dextral convergente, causada por transpressão, segundo ENE-WSW a E-W, de idade provável miocênica a possivelmente pleistocênica, a julgar pelas suas relações com a sedimentação.

Os dados obtidos para a Formação Pariquera-Açu mostram certa identidade com aqueles do primeiro evento tectônico obtidos para as outras bacias. Tal situação, embora recue substancialmente no tempo a época de sedimentação em relação a que hoje é admitida, é perfeitamente plausível. A única inferência de idade, feita em bases mais concretas (palinologia), apontou idade pós-pliocênica a pré-holocênica (SUNDARAM e SUGUIO, 1985) pela diferença da assembléia analisada, tanto em relação à zona mioflorística pliocênica de REGALI *et al.* (1974), como à assembléia holocênica da planície costeira de Santos, caracterizada por ABSY (1975). Entretanto, o elemento polínico de maior valor cronológico analisado corresponde à gramíneas, com registro de ocorrência desde o Paleógeno (Murilo R. de Lima, informação verbal). Desta forma, a idade pós-pliocênica a pré-holocênica deve ser entendida como mínima.

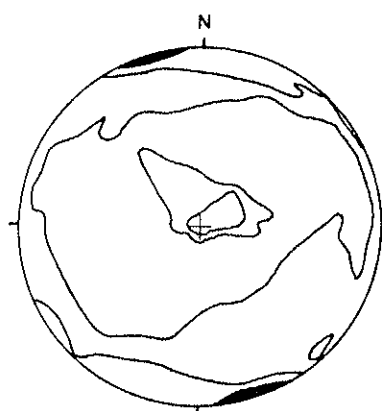
Por outro lado, já foram registrados indícios de atividade tectônica perturbando os sedimentos da Formação Cananéia, nas vizinhanças da ilha homônima, representados por falhas inversas de pequeno rejeito (centimétricos), que poderiam estar relacionados à segunda fase tectônica. Tais estruturas serão brevemente objeto de estudo mais detalhado. Esta associação das estruturas observadas com eventos tectônicos regionais representa a primeira tentativa para datá-las, mas não se pode descartar a possibilidade de serem muito mais jovens.

Bacia de São Paulo
(área de Itaquaquecetuba)



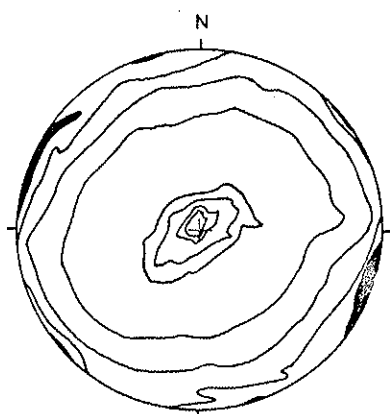
Isolinhas (%) a partir do centro:
0 - 5 - 15 - 50 - 85 - 95

Bacia de Taubaté
(área de Cruzeiro)



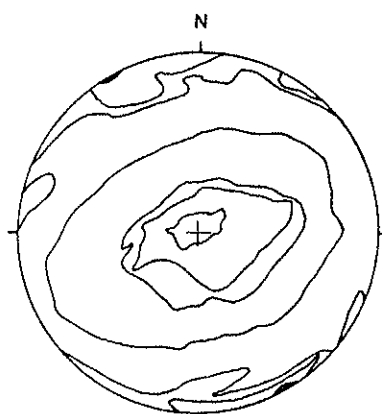
Isolinhas (%) a partir do centro:
0 - 15 - 50 - 80 - 90

Bacia de Resende



Isolinhas (%) a partir do centro:
0 - 3 - 5 - 10 - 15 - 50 - 65 - 75
80

Bacia de Volta Redonda



Isolinhas (%) a partir do centro:
0 - 10 - 15 - 50 - 85 - 90 - 95

Figura 6 - Resultados do método de ANGELIER (1979) para algumas bacias do Sistema de "Rifts" Continentais da Serra do Mar. As isolinhas de menor porcentagem delimitam as áreas de maior probabilidade de conter σ_1 e as de maior porcentagem σ_3 (CAMPANHA et al., 1985).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de padrão de falhamentos presentes em sedimentos da Formação Pariquera-Açu revelou semelhança com os resultados obtidos para bacias integrantes do Sistema de "Rifts" Continentais da Serra do Mar.

Se a hipótese formulada em termos de correlação com os eventos tectônicos regionais for verdadeira, a região poderia representar o elo de ligação entre as bacias situadas mais a nordeste e a de Curitiba, integrando portanto o sistema de "rifts".

Não se descarta, entretanto, a possibilidade de existência de tectônica mais jovem, pós-sangamoniana, o que viria a trazer implicações no estudo do Quaternário Costeiro.

AGRADECIMENTOS

São devidos aos Profs. Drs. Armando Márcio Coimbra, pelo acompanhamento em parte dos trabalhos de campo, e Murilo Rodolfo de Lima pelas discussões e sugestões referentes à Paleontologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSY, M.L. (1975) Polens e esporos do Quaternário de Santos, Brasil. *Hoechnea*, 5:1-26.
- ALMEIDA, F.F.M. (1964) Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Bol. Inst. Geogr. Geol.*, 41:169-263.
- ANGELIER, J. (1979) Determination of the mean principal stresses for a given fault population. *Tectonophysics*, 56:T17-T26.
- ANGELIER, J. & MECHLER, P. (1977) Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en seismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Géol. France*, 7:1309-1318.
- ARTHAUD, F. (1969) Méthode de détermination graphique des directions de raccourcissement, d'allongement et intermédiaire d'une population de failles. *Bull. Soc. Géol. France*, 7: 729-737, thème 11.
- BIGARELLA, J.J. & MOUSINHO, M.R. (1965) Contribuição ao estudo

da Formação Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. Bol. Paran. Geog., 16/17:17-41.

- 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.
- FRANZINELLI, E. (1970) Estudo sedimentológico da Formação Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. São Paulo (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- HASUI, Y.; GIMENEZ, A.F.; MELO, M.S. (1978) Sobre as bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, Anais, Recife, SBG, v. 1, p. 382-391.
- MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M.; COIMBRA, A.M. (1985) Geologia e evolução do sistema de bacias tafrogênicas continentais do sudeste do Brasil. Rev.Bras.Geoc., 15:193-201.
- PETRI, S. & SUGUIO, K. (1973) Stratigraphy of the Iguape-Canaúvia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo State, Brazil; part II - heavy minerals studies, microorganism inventories and stratigraphical interpretations. Bol. Inst. Geoc. USP, 4:71-85.
- PONÇANO, W.L. (1981) As coberturas cenozóicas. In: ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A. (1981) Mapa geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, p. 82-96 (Monografias, 5).
- PRESSINOTTI, P.C. & PRESSINOTTI, M.M.N. (1980) Contribuição à geologia dos arredores de Registro, SP. Rev. Inst. Geol., 1:5-24.
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A.S. (1974) Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil. Bol.Tecn.Petrobrás, 17:177-191.
- SILVEIRA, J.D. (1952) Baixadas litorâneas quentes e úmidas. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras. USP, 152:224 p.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. (1978) Formações quaternárias marinhas

do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, Special publication nº 1, São Paulo, IGCP Project 61/IGUSP/SBG, 55 p.

SUGUIO, K. & PETRI, S. (1973) Stratigraphy of the Iguape-Cana-
néia lagoonal region sedimentary deposits, São Paulo State,
Brazil; part I - field observations and grain-size analysis.
Bol. Inst. Geoc. USP, 4:1-20.

SUNDARAM, D. & SUGUIO, K. (1985) Nota preliminar sobre uma as-
sembléia mioflorística da Formação Pariquera-Açu, Estado de
São Paulo. Coletânea de trabalhos paleontológicos. Brasília,
DNPM. (Série Geologia, 27, Seção Paleontologia e Estrati-
grafia, 2) p. 503-506.