

EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR E PERSPECTIVAS EXPLORATÓRIAS DA BACIA DE TAUBATÉ, SÃO PAULO, BRASIL

TECTONO-SEDIMENTARY EVOLUTION AND THE EXPLORATORY
OUTLOOK IN THE TAUBATÉ BASIN, SÃO PAULO, BRAZIL

Airton Marques⁽¹⁾

RESUMO – Na região do Planalto Atlântico, entre as serras do Mar e da Mantiqueira, estabeleceram-se no Meso (?)/Cenozóico as bacias de São Paulo, Taubaté e Resende, relacionadas ao campo de tensões que originou a margem continental sul-brasileira. A Bacia de Taubaté, dentre elas a mais desenvolvida sob o ponto de vista tectono-sedimentar, tem área aproximada de 2 500 km² e profundidade máxima do embasamento em torno de 850 m. Trata-se de um *graben* alongado na direção NE-SO, condicionado pela estruturação pré-cambriana impressa no embasamento. É limitado ao norte, no sopé da Mantiqueira, pelo falhamento transcorrente de Buquira e, ao sul, pela falha transcorrente do Alto de Fatura. Os dados sísmicos levantados pela PETROBRÁS em meados de 1988 mostram que o arcabouço da Bacia de Taubaté é definido por duas classes principais de feições estruturais: falhas transcorrentes dextrógiras atingindo toda a seção sedimentar e orientadas no sentido longitudinal da bacia, e falhas normais transversais à bacia, compartimentando-a em seis sub-bacias, denominadas Paratef, Jacaref, Eugênio de Melo, Quiririm, Roseira e Lorena. Os dados sísmicos caracterizaram a presença de duas unidades deposicionais, aqui denominadas "unidade sísmica A" e "unidade sísmica B", desconhecidas até então, posicionadas estratigraficamente abaixo do Grupo Taubaté. Limitando as unidades A e B ocorre um horizonte com alto contraste de impedância sísmica, interpretado como um *sill* de diabásio. A interpretação mostrada neste trabalho é pioneira em termos dos dados sísmicos da Bacia de Taubaté.

(Originais recebidos em 22.10.90.)

ABSTRACT – During Meso(?) / Cenozoic times, the São Paulo, Taubaté, and Resende basins were established in the region of the Atlantic Plateau, between the Mar and Mantiqueira mountain ranges. They were related to the stress field that gave birth to the southern Brazilian continental margin. The Taubaté, which is the most well developed of the three in tectono-sedimentary terms, has an approximate area of 2 500 km² and a maximum depth to the basement of some 850 m. It consists of an elongated NE-SW-trending graben, influenced by the Precambrian structuring imprinted on the basement. At the foot of the Mantiqueira range, to the north, the basin is bordered by the Buquira transcurrent fault while to the south it is bordered by the Fatura High transcurrent fault. Seismic data acquired by PETROBRÁS in mid-1988 indicate that the structural framework of the Taubaté is defined by two main classes of structural features: dextrorotatory transcurrent faults affecting the entire sedimentary section and trending longitudinally in the basin, and normal transverse faults, dividing it into six sub-basins known as: Paratef, Jacaref, Eugênio de Melo, Quiririm, Roseira, and Lorena. Seismic data have characterized the presence of two previously unknown depositional units, herein referred to as seismic units A and B. These are located stratigraphically below the Taubaté Group. Units A and B are bounded by a horizon that displays a high contrast in seismic impedance and that is interpreted as a diabase sill. The interpretation presented in this paper is pioneer as far as seismic data on the Taubaté Basin.

(Expanded abstract available at the end of the paper.)

1 – INTRODUÇÃO

Na Região do Planalto Atlântico, entre as serras do Mar e da Mantiqueira, estabeleceram-se no Meso(?) / Cenozóico as bacias de São Paulo, Taubaté e Resende, relacionadas ao campo de tensões que

originou a margem continental sul-brasileira (fig. 1).

Trata-se de uma série de *grabens* intracontinentais com direção NE-SO, embutidos no complexo cristalino pré-cambriano do leste paulista. A Bacia de Taubaté, a

1 - Setor de Interpretação (SEINT), Núcleo de Exploração da Bacia do Paraná (NEXPAR), Rua Padre Camargo, 285, Alto da Glória, CEP 80060, Curitiba, Paraná, Brasil.

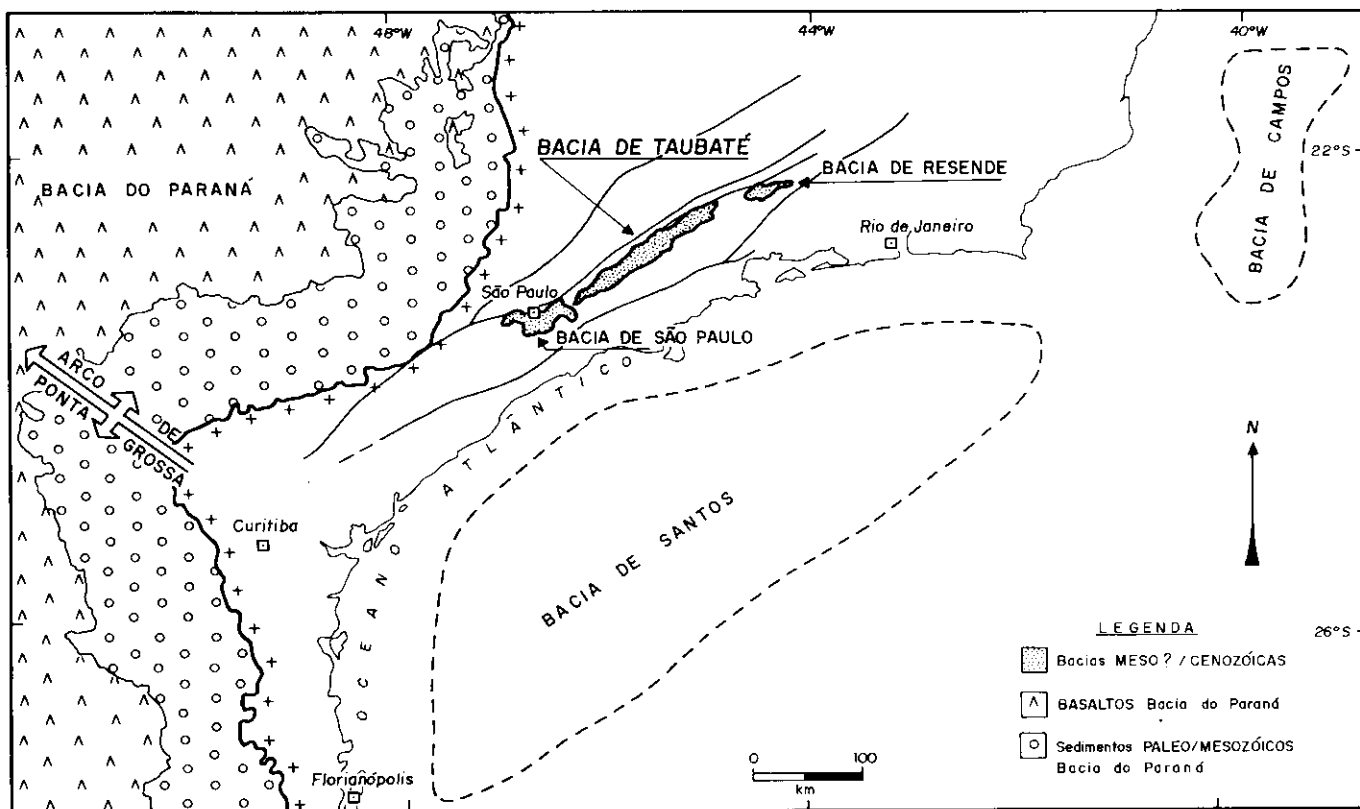


Fig. 1 - Mapa de localização das bacias de Taubaté, Resende e São Paulo.
 Fig. 1 Location map, Taubaté, Resende, and São Paulo basins.

mais desenvolvida sob o ponto de vista tectono-sedimentar, tem área aproximada de 2 500 km² e profundidade máxima do embasamento em torno de 850 m.

Os 178 km de linhas sísmicas levantados pela PETROBRÁS em meados de 1988 mostram que o arcabouço da Bacia de Taubaté é definido por duas classes principais de feições estruturais; falhas transcorrentes dextróginas, atingindo toda a seção sedimentar, e orientadas no sentido longitudinal da bacia, e falhas normais transversais à bacia, controlando os *horts* e *grabens* assimétricos que definem as seis sub-bacias da fossa.

2 - ARCABOUÇO TECTÔNICO

Os dados gravimétricos sugeriam, e a sísmica veio comprovar, que a Bacia de Taubaté está fortemente compartimentada, reconhecendo-se seis depocentros individuais ao longo de seu *strike* denominados, de sudoeste para nordeste, como Parateí, Jacareí, Eugênio de Melo, Quiririm, Roseira e Lorena. As sub-bacias estão separadas por altos estruturais transversais associados a falhamentos normais de direção NO-SE, como pode ser observado no mapa estrutural sísmico do embasamento (fig. 2) e seções sísmicas longitudinais à bacia (fig. 3).

As sub-bacias de Jacareí e Parateí são depocentros pouco expressivos no contexto da bacia, os quais não foram amostrados pela sísmica.

A sub-bacia de Eugênio de Melo (fig. 2) possui uma seção sedimentar com espessura máxima de 400 m, e está separada da sub-bacia de Quiririm pelo alto topográfico de Caçapava, o qual expõe o embasamento no centro da bacia. Esta sub-bacia está fortemente condicionada por falhamentos normais de direção SO-NE. O *graben* é assimétrico, apresentando basculamento para noroeste, proporcionando uma erosão mais acentuada na porção sul da sub-

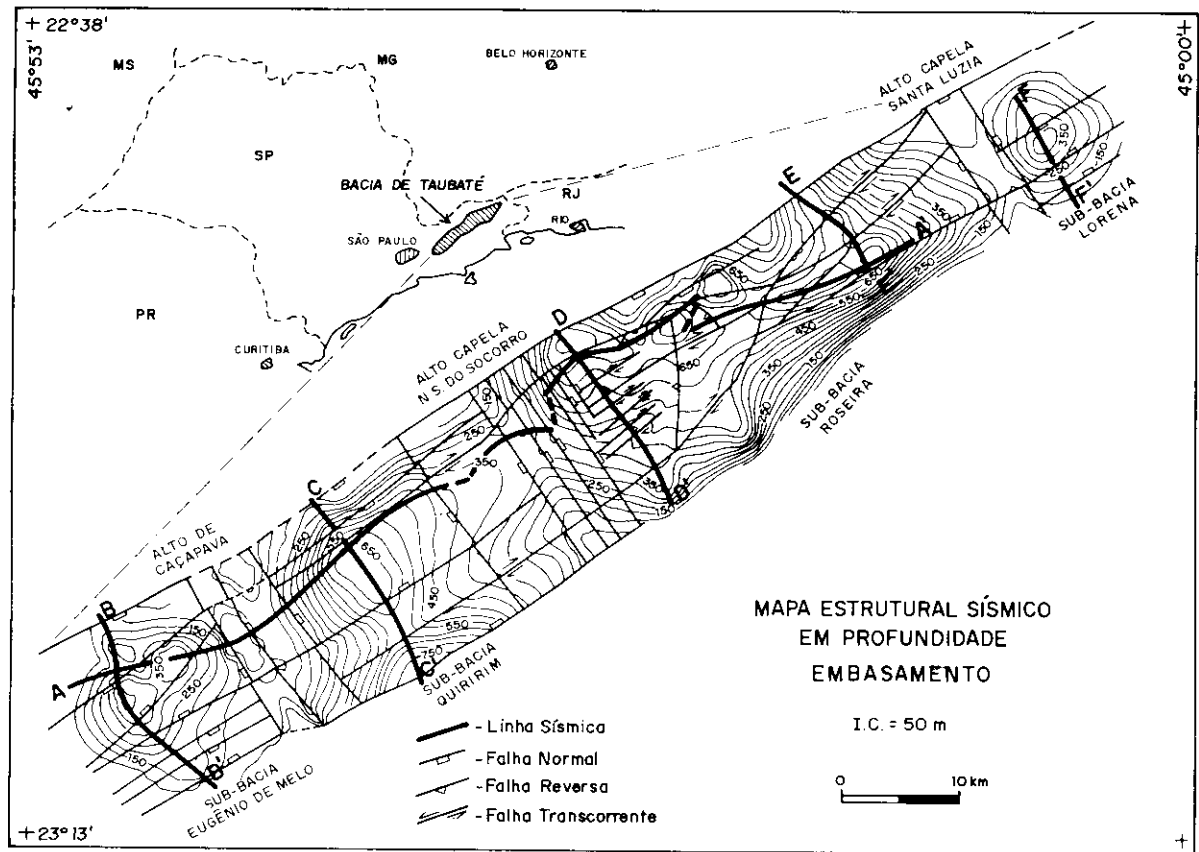


Fig. 2 - Mapa estrutural sísmico em profundidade (embasamento).
 Fig. 2 - Seismic structural map (depth to basement).

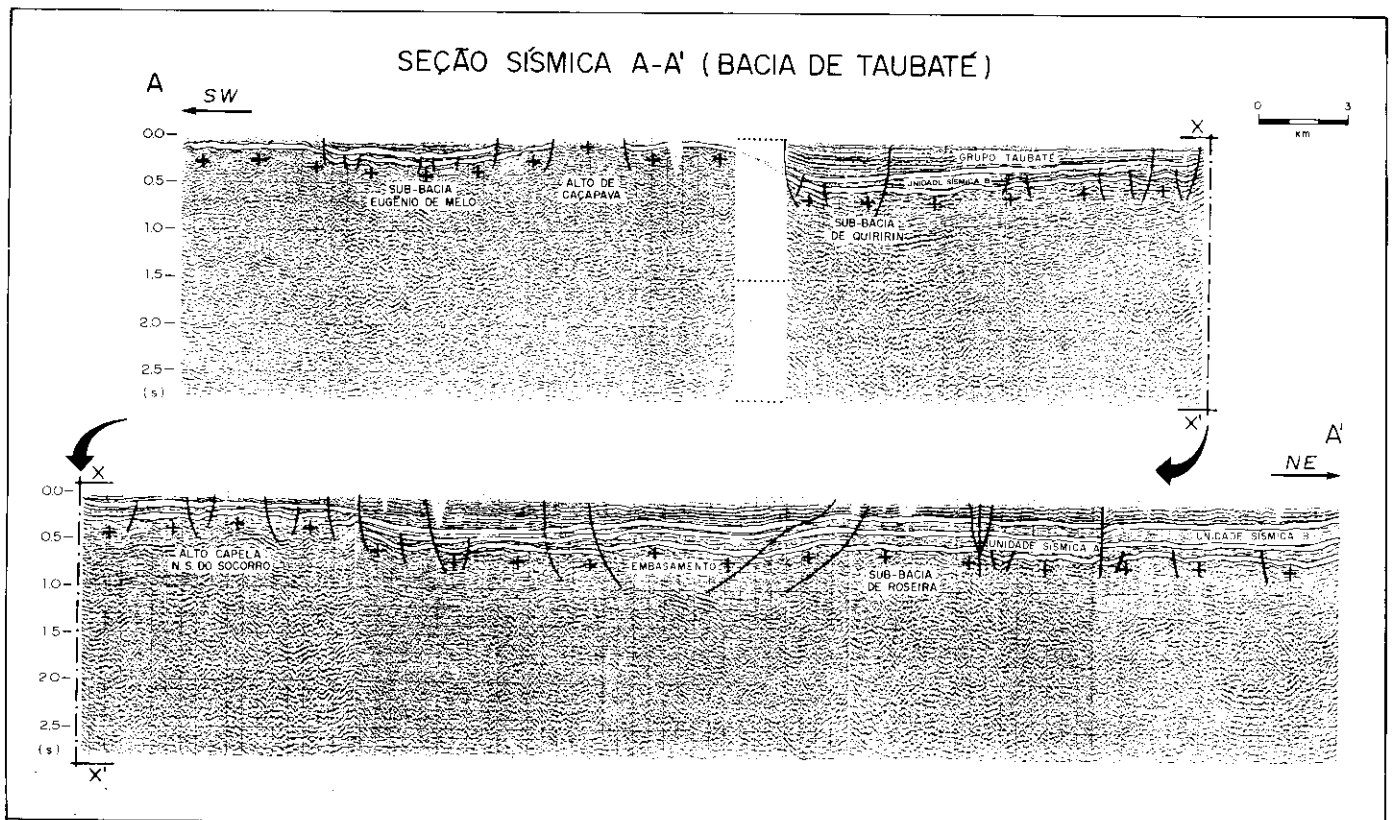


Fig. 3 - Seção sísmica longitudinal à Bacia de Taubaté mostrando de sudoeste para nordeste as sub-bacias de Eugênio de Melo, Quiririm e Roseira (seção A-A' da figura 2).
 Fig. 3 - Longitudinal seismic profile along Taubaté Basin, showing Eugênio de Melo, Quiririm, and Roseira sub-basins, from SW to NE (section A-A' of figure 2).

SEÇÃO SÍSMICA B-B' (SUB-BACIA DE EUGÊNIO DE MELO)

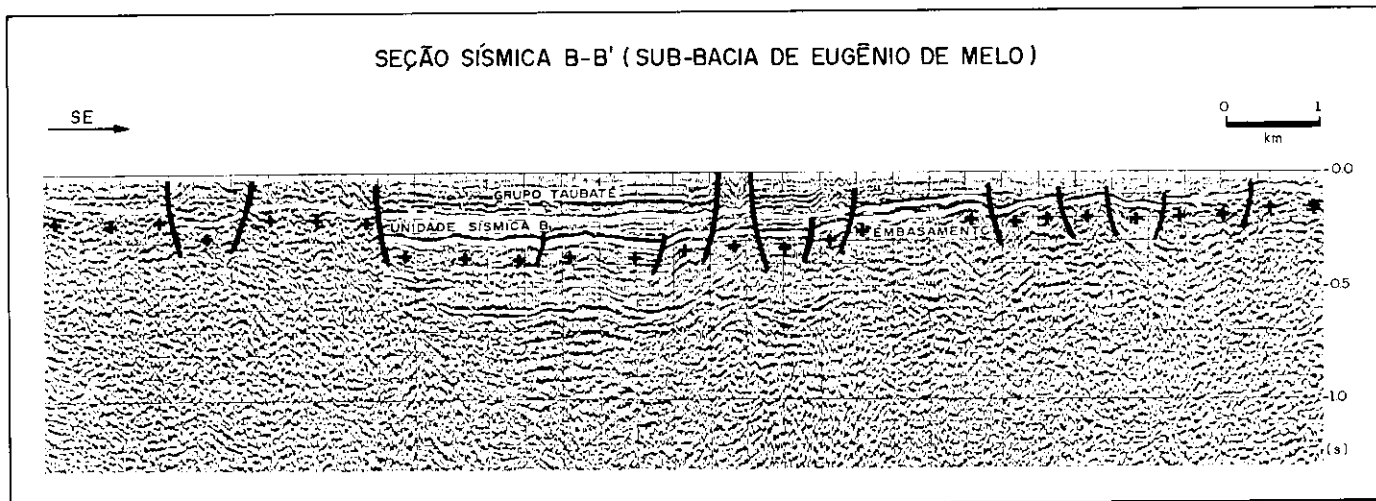


Fig. 4 - Seção sísmica mostrando a assimetria do Graben de Eugênio de Melo, com basculamento para noroeste, proporcionando uma erosão mais acentuada na porção sul da sub-bacia (seção B-B' da figura 2).

Fig. 4 - Seismic profile showing Eugênio de Melo graben tilting NW. Denudation increases in the southern portion of the sub-basin (profile B-B' of figure 2).

bacia. A seção sísmica (fig. 4) ilustra o comportamento tectono-sedimentar da referida sub-bacia.

A sub-bacia de Quiririm (fig. 2), com uma seção sedimentar máxima de 780 m, é separada da sub-bacia de Roseira pela feição estrutural ora batizada de Alto Capela N.S. do Socorro. O *graben* é assi-

métrico, com basculamento para sudeste, ao contrário do que ocorre com as demais sub-bacias. Aparentemente o basculamento foi resposta à subsidência inicial da bacia, tendo sido reativado ao longo do tempo. Junto ao plano de falha que limita a borda sul ocorre o maior depocentro deste *graben*. Falhas transcorrentes e normais ocorrem com frequência, a maioria

atingindo a superfície topográfica atual (fig. 5).

A sub-bacia de Roseira (fig. 2) mostra espessura sedimentar máxima de 850 m, e é separada da sub-bacia de Lorena pelo Alto da Capela de Santa Luzia. Este *graben* assimétrico apresenta basculamento acentuado para noroeste na porção sul, revertendo-se para

SEÇÃO SÍSMICA C-C' (SUB-BACIA DE QUIRIRIM)

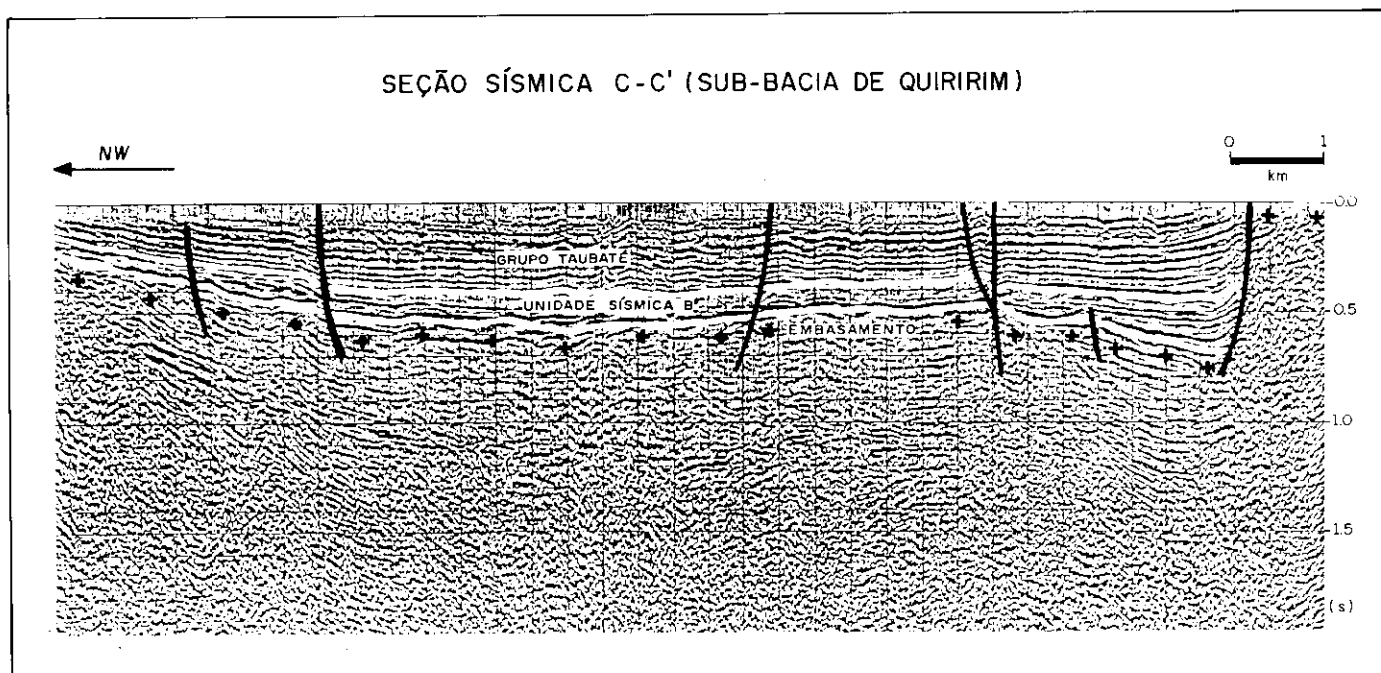


Fig. 5 - Seção sísmica mostrando a assimetria do Graben de Quiririm, com basculamento para sudeste. Observar também que a maioria das falhas atingem a superfície topográfica atual (seção C-C' da figura 2).

Fig. 5 - Seismic profile showing Quiririm graben tilting SE. Note that most faults reach the current topographic surface (profile C-C' of figure 2).



Fig. 6 - Seção sísmica mostrando a assimetria do Graben de Roseira, com basculamento para noroeste. Notar a presença de falhas transcorrentes e normais afetando todo o pacote sedimentar da sub-bacia (seção D-D' da figura 2).

Fig. 6 - Seismic profile showing Roseira graben tilting NW. Note wrench and normal faults affecting the sub-basin sedimentary sequences (profile D-D' of figure 2).

sudeste na porção norte. A região central, juntamente com a borda norte do *graben*, apresenta os maiores depocentros da sub-bacia de Roseira. O mapeamento estrutural sísmico mostra uma grande

incidência de falhas transcorrentes de direção NE-SO, afetando toda a seção sedimentar da sub-bacia (fig. 6). Uma feição interessante, única na Bacia de Taubaté, é a presença de uma unidade basal, assentada

sobre o embasamento e não aflorante denominada "unidade sísmica A". O pacote sedimentar basal está separado das seqüências superiores por um provável *sill* de diabásio (fig. 7).

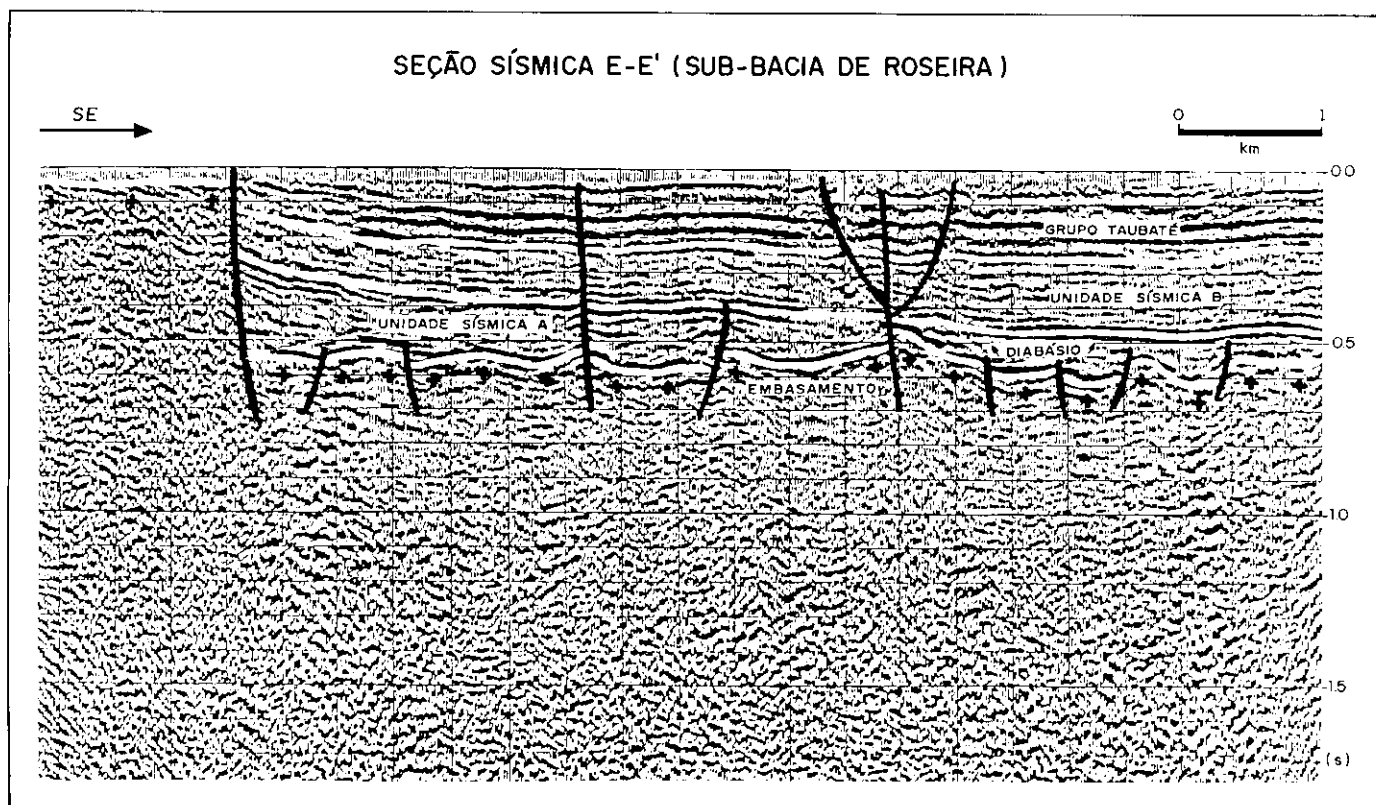


Fig. 7 - Seção sísmica mostrando todas as unidades litostrográficas da Bacia de Taubaté.

Fig. 7 - Seismic profile showing all lithostratigraphic units in Taubaté Basin.

A sub-bacia de Lorena (fig. 2), com espessura sedimentar máxima de 430 m, apresenta-se condicionada por falhamentos normais de direção NE-SO. Este *graben* assimétrico apresenta-se basculado para noroeste, proporcionando uma erosão mais acentuada dos sedimentos da borda sul (fig. 8).

As sub-bacias ora denominadas de Quiririm e Roseira são conhecidas conjuntamente na literatura como sub-bacia de Tremembé, porém a interpretação dos dados sísmicos permite a definição dos dois depocentros; sendo assim, seria recomendável denominar estes dois *grabens* como o que se propõe neste trabalho.

3 – ESTRATIGRAFIA

Os dados sísmicos caracterizam a presença de duas unidades, aqui denominadas “unidade sísmica A” e “unidade sísmica B”, desconhecidas até então, posicionadas estratigraficamente abaixo do Grupo Taubaté (fig. 7). A assinatura sísmica sugere que, na sub-bacia de Roseira, o preenchimento inicial da bacia deu-se por uma seção de clásticos grosseiros (unidade sísmica A). Assentados discordantemente sobre a unidade sísmica A, foram depositados os sedimentos da unidade sísmica B, constituídos em sua porção basal por pelitos rítmicos, gradando ao topo para uma seção arenosa. Limitando as

unidades sísmicas A e B ocorre um horizonte com alto contraste de impedância sísmica, interpretado como um *sill* de diabásio, o qual deve apresentar aproximadamente 25 m de espessura. Este evento ocorre somente no *Graben* de Roseira.

Assentados discordantemente sobre a unidade sísmica B ocorrem os sedimentos do Grupo Taubaté, os quais apresentam grande e variado conteúdo fossilífero, particularmente rico em macrofósseis. Baseados nestes dados, (Couto, Mezzalana, 1971) atribuem ao Oligoceno o início de sedimentação desta unidade, que teria perdurado até o Pleistoceno.

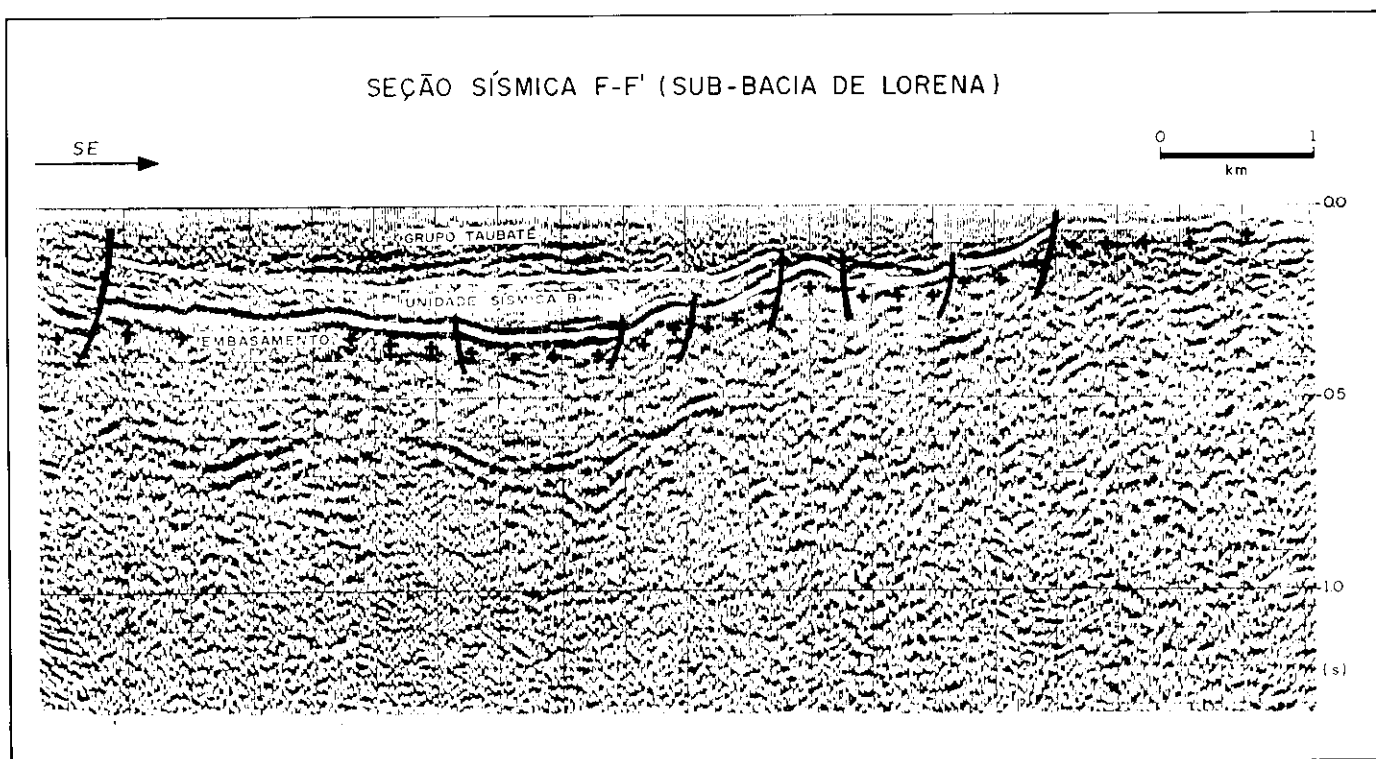


Fig. 8 - Seção sísmica mostrando a assimetria do *Graben* de Lorena, com basculamento para noroeste, proporcionando uma erosão mais acentuada na porção sul da sub-bacia (seção F-F' da figura 2).

Fig. 8 Seismic profile showing Lorena graben tilting NW. Denudation increases toward southern portion of sub-basin (profile F-F' of figure 2).

Assim, para as unidades sísmicas A e B, reconhecidas inicialmente neste trabalho, pode ser atribuída, tentativamente, uma idade cretácica média a superior.

Com base na bibliografia disponível (Hasui *et al.* 1978) e nos dados sísmicos recém-levantados, propõe-se a coluna estratigráfica para a Bacia de Taubaté, conforme tabela I.

4 – EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR

A Bacia de Taubaté é um *graben* alongado na direção NE-SO, condicionado pela estruturação pré-cambriana impressa no embasamento. É delimitado ao norte, no sopé da Mantiqueira, pelo falhamento transcorrente de Buquira e, ao sul, pela falha transcorrente do Alto de Fatura. No Meso-Cenozóio,

estes falhamentos sofreram reativações, com deslocamentos horizontais e verticais, propiciando a formação de zonas de falhas sub-paralelas e transversais à sua direção, que deram origem à bacia. As falhas longitudinais e os altos transversais criaram uma compartimentação na bacia, culminando com a formação das seis sub-bacias mencionadas anteriormente.

Sobre o embasamento, foram depositados os sedimentos da unidade sísmica A. O mapeamento do topo desta unidade revela que as falhas transcorrentes e normais acompanham os alinhamentos estruturais do embasamento (fig. 9). Após a sedimentação da unidade A, ocorre um basculamento do *Graben* de Roseira para nordeste, acentuando o processo erosional na borda sul. O mapa de isópacas da unidade A evidencia uma maior espessura sedimentar junto às principais falhas, mostrando que as mesmas controlaram o início da sedimentação.

Discordantemente sobre a unidade sísmica A, foram depositados os sedimentos da unidade sísmica B. O mapa estrutural sísmico convertido em profundidade (fig. 10) do topo desta unidade mostra que os sistemas de falhas transcorrentes dextrógiros e os normais acompanham os alinhamentos das unidades inferiores. Esta unidade está em *on lap* sobre o Alto de Caçapava, sugerindo que o mesmo sempre foi positivo durante a evolução da bacia.

Assentando discordantemente sobre a unidade sísmica B, foram depositados os sedimentos do Grupo Taubaté. Os falhamentos principais constatados nas unidades inferiores propagam-se para o topo desta unidade.

TABELA I / TABLE I

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DE TAUBATÉ (MODIFICADA DE HASUI *et al.* 1978)
STRATIGRAPHIC COLUMN OF TAUBATÉ BASIN (MODIFIED FROM HASUI *et al.* 1978)

Idade	Evento	Unidade Estratigráfica		Constituição Litológica
Quaternário				Sedimentos aluviais e colúviais inconsolidados.
Plioceno		Grupo Taubaté	Formação Caçapava	Sedimentos parcialmente consolidados, essencialmente fluviais. Depósitos rudáceos marginais.
Oligoceno Mioceno			Formação Tremembé	Sedimentos parcialmente consolidados, essencialmente lacustrinos. Prováveis depósitos rudáceos marginais.
Cretáceo Médio-Superior		Unidades Sísmicas A e B		Não penetradas por poços e não aflorantes
Cretáceo Inferior	Reativação Wealdeniana			Diques e <i>sills</i> de diabásio.
Jurássico Superior				
Cambro Ordoviciano	Ciclo Brasileiro			Faixas de rochas cataclásticas.
				Corpos de rochas granitoides.
Pré-Cambriano Superior		Grupo Açungui	Complexo Pilar	Metassedimentos de <i>fácies</i> xisto verde e anfibólito.
	Complexo Embu		Metassedimentos migmatizados.	
Pré-Cambriano Médio	Ciclo Trans-Amazônico	Grupo Paraíba		Rochas granulíticas (remobilizadas no Ciclo/Brasilião).

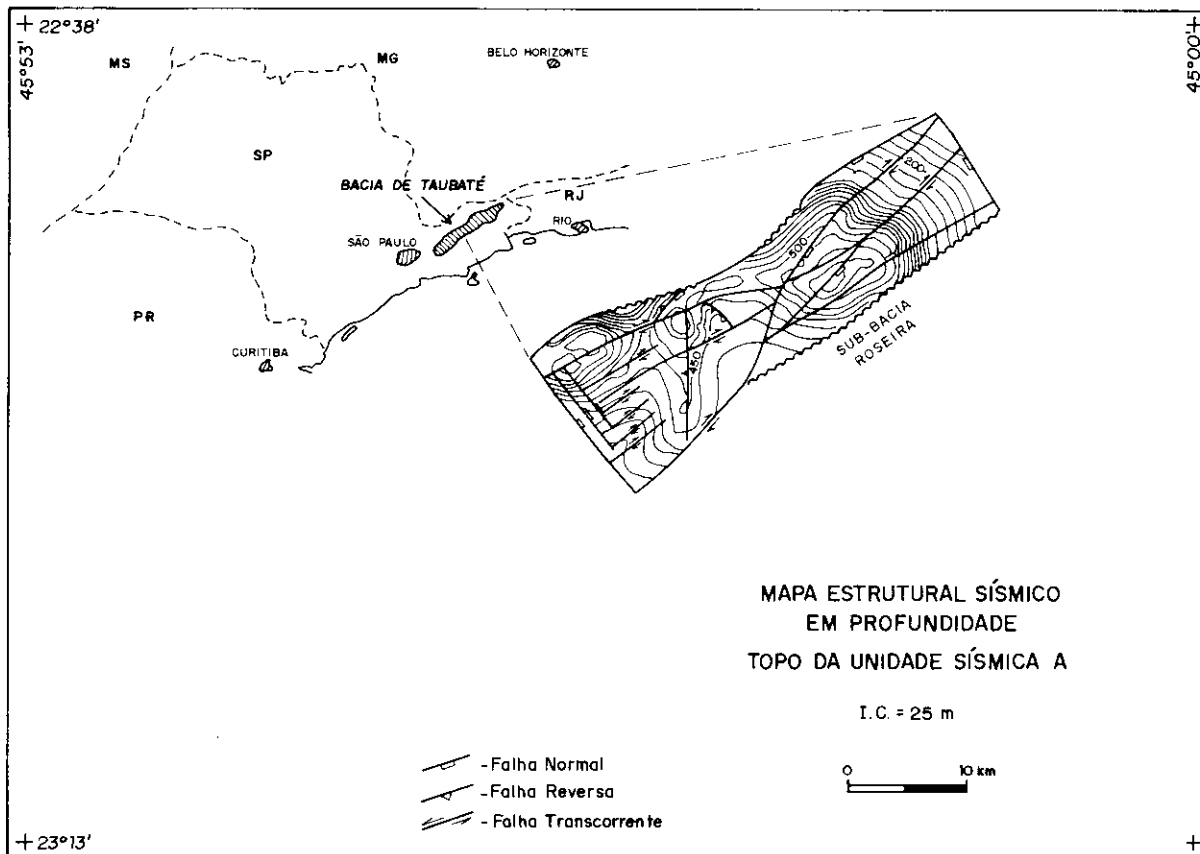


Fig. 9 - Mapa estrutural sísmico em profundidade (topo da unidade sísmica A).
Fig. 9 - Seismic structural map (depth to top of seismic unit A).

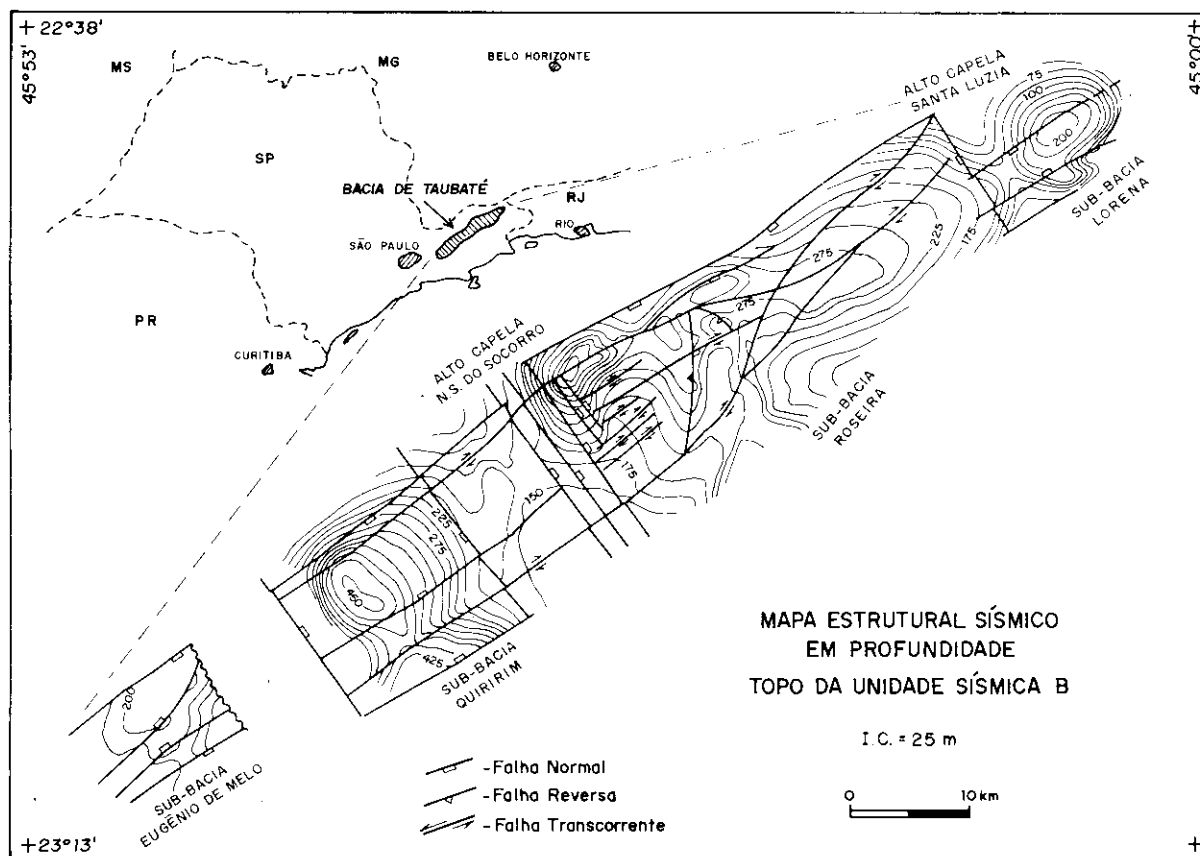


Fig. 10 - Mapa estrutural sísmico em profundidade (topo da unidade sísmica B).
Fig. 10 - Seismic structural map (depth to top of seismic unit B).

5 – POTENCIALIDADE PETROLÍFERA

A análise geoquímica dos sedimentos do Grupo Taubaté, efetuada pela PETROBRÁS, mostra que a Formação Tremembé apresenta níveis de folhelhos com elevado teor de carbono orgânico, variando entre 1,1% e 14,5%, com excelente potencial gerador para hidrocarbonetos líquidos. Nas seções analisadas, entretanto, estes sedimentos apresentam-se imaturos. Dados isotópicos indicam um caráter continental para o ambiente de deposição dos sedimentos da Formação Tremembé.

No contexto global da geologia do petróleo a Bacia de Taubaté, entretanto, não é favorável à ocorrência de acumulações petrolíferas, contribuindo fortemente para isso a pequena espessura do pacote sedimentar total do *graben*, que acarreta sérias implicações no quesito geração, devido à baixa quantidade de calor a que estiveram submetidos os sedimentos que o preenchem.

A caracterização de duas unidades sedimentares antigas, no fundo da bacia, poderia de alguma forma reverter este quadro, caso elas contivessem níveis com elevado teor de matéria orgânica e a maturação fosse acelerada pelo calor emanado da provável intrusão ígnea a elas associadas.

6 – CONCLUSÕES

Os dados gravimétricos sugeriam, e a sísmica veio comprovar, que a Bacia de Taubaté está compartimentada, reconhecendo-se seis depocentros individuais ao longo de seu *strike*.

As seções sísmicas definem muito bem dois compartimentos na sub-bacia de Tremembé. Portanto, seria recomendável a utilização dos nomes sub-bacia de Quiririm e sub-bacia de Roseira, como proposto neste trabalho, em substituição àquela denominação.

Os dados sísmicos caracterizam a presença de duas unidades desconhecidas até então, denominadas unidades sísmicas A e B, posicionadas estratigraficamente abaixo do Grupo Taubaté.

Apesar do alto teor de carbono orgânico constatado nos folhelhos da Formação Tremembé, a temperatura foi inadequada para a transformação do querogênio em hidrocarbonetos, por subsidência.

As unidades sísmicas A e B, não aflorantes e não amostradas por poços, podem apresentar algum potencial gerador de hidrocarbonetos, caso as mesmas contenham níveis com elevados teores de matéria orgânica, com maturação acelerada pelo calor emanado da provável intrusão ígnea a elas associadas.

Algumas falhas mapeadas pela sísmica mostram que as mesmas são ativas até o recente, fato corroborado pela sismicidade observada na região.

Dentre as seis sub-bacias que compõem a Bacia de Taubaté, a de Roseira é a única que poderia, num momento oportuno, ser alvo de investimentos exploratórios adicionais, em função de sua profundidade (850 m), a maior de todo o *graben*, e pela presença das unidades sísmicas A e B, na porção basal de seu pacote.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas do Núcleo de Exploração da Bacia do Paraná pela revisão e análise crítica do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACOCOLI, G., ARANHA, L. G. F. *Evolução estrutural fanerozóica do Brasil meridional*. [Rio de Janeiro]: [PETROBRÁS], 1984. (Relatório interno).
- DAVINO, A., HARALYI, N. E. Levantamento Geofísico no Vale do Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, 1973, Aracaju. *Anais...* Aracaju: SBG, 1973, v. 1.
- DAVINO, A. *et al.* Gravimetria da Região Sudeste do Estado de São Paulo e considerações sobre os limites entre cinturões móveis Paraíba e Ribeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiania. *Anais...* Goiania: SBG, 1986, v. 6.
- HASUI, Y., PONÇANO, W. L. A organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, 1978, v. 1.
- HASUI, Y. *et al.* Sobre as Bacias Tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, 1978, v. 1.

MARQUES, A. *Evolução Tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da Bacia de Taubaté (SP)*. [Rio de Janeiro]: [PETROBRÁS], 1990. (Relatório interno).

MELO, M. S. *et al.* Geologia do sistema de Bacias Tafrogênicas

continentais do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 15, 1985.

NETO, E. V. S., SANTOS, A. S. *Avaliação geoquímica preliminar da Formação Tremembé, Bacia*

de Taubaté (SP). [Rio de Janeiro]: [s. n.], 1986. (Comunicação técnica CENPES/SEGEQ).

VARISCO, A. *Xisto no Vale do Paraíba São Mateus do Sul*. [s. l.]: PETROBRÁS/SIX, 1986.

EXPANDED ABSTRACT

During Meso(?) / Cenozoic times, the São Paulo, Taubaté, and Resende basins were established in the region of the Atlantic Plateau in southern Brazil. Their origin was related to the development of the South Atlantic Ocean. The basin strike is defined by NE-SW-trending old Precambrian weak zones. These shallow basins comprise a series of half-grabens whose subsidence was controlled by master faults. The major faults define the SE or NW borders of the basins in a flip-flop pattern of rifting.

Of the basins, the Taubaté is deepest, reaching 850 m; it covers an area of 2 500 km². Gravity data suggest that the Taubaté is divided into a series of sub-basins. Seismic data acquired by PETROBRÁS in 1988 confirmed the compartimentation of the graben into six sub-basins, separated by structural highs associated to normal, NE-SE-trending faults.

From SW to NE, the sub-basins are known as the Paratef, Jacaref, Eugênio de Melo, Quiririm, Roseira, and Lorena. Each displays

particular characteristics in terms of tectonics and sedimentation. The Paratef and Jacaref sub-basins are very shallow half-grabens with major faults located on their SE borders. The Eugênio de Melo sub-basin is 400 m deep and its basement dips NW at the border fault. The Quiririm sub-basin is 780 m deep and corresponds to a structural inversion zone along the graben; here the basement dips SE, contrary to the other sub-basins. Strike-slip faults are common in the Quiririm sub-basin, some of these reaching the topographic surface. The Roseira sub-basin is the thickest, reaching a depth of 850 m; it is characterized by the presence of a seismostratigraphic sequence not found in the other sub-basins and referred to herein as seismic unit A. This sequence does not crop out and is separated from the upper sequences by a diabase sill. The Lorena sub-basin represents the NE end of the Taubaté Basin. It is 430 m deep and becomes progressively shallower along the basin strike.

Two previously unknown sedimentary

sequences were identified by seismic data interpretation and have been informally named seismic units A and B. They immediately overlie the basement, just below the outcropping Taubaté Group. Seismic unit A displays a seismofacies that suggests the presence of coarse sediments. Seismic unit B overlies seismic unit A discordantly; it is probably composed of fine-grained sediments in its basal portion with coarse sediment at its top. The boundary between units A and B is defined by a horizon of high contrast in seismic impedance, which is interpreted as a diabase sill. The outcropping Taubaté Group occurs discordantly over seismic unit B.

The petroleum potential of the Taubaté Basin is very poor, despite the presence of carbon-rich shales in the Tremembé Formation (up to 14.5% organic matter), good reservoirs, and an abundance of structural highs. However, the inadequate thermal conditions that prevailed during basin development did not allow for the maturation of source rocks.