

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
LABORATÓRIO DE GEOLOGIA MARINHA  
GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA**

**LUCAS MARCONDES DE SOUZA**

**MAPEAMENTO SÍSMICO 3D DAS ROCHAS  
VULCÂNICAS TERCIÁRIAS DA REGIÃO DO ALTO  
DE CABO FRIO - BACIA DE CAMPOS - RJ**

**NITERÓI  
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
LABORATÓRIO DE GEOLOGIA MARINHA  
GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA**

**LUCAS MARCONDES DE SOUZA**

**MAPEAMENTO SÍSMICO 3D DAS ROCHAS  
VULCÂNICAS TERCIÁRIAS DA REGIÃO DO ALTO  
DE CABO FRIO - BACIA DE CAMPOS - RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Geofísica.

**ORIENTADOR**

**Prof. Dr. Marcus Aguiar Gorini**

**NITERÓI, RJ - Julho de 2010**

S729 Souza, Lucas Marcondes de  
Mapeamento sísmico 3D das rochas vulcânicas terciárias da região do Alto de Cabo Frio – Bacia de Campos - RJ / Lucas Marcondes de Souza. – Niterói : [s.n.], 2010.  
48 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geofísica) – Universidade Federal Fluminense, 2010.

1.Perfil sísmico. 2.Alto de Cabo Frio. 3.Magmatismo. I.Título.

CDD 622.1592

**LUCAS MARCONDES DE SOUZA**

**MAPEAMENTO SÍSMICO 3D DAS ROCHAS  
VULCÂNICAS TERCIÁRIAS DA REGIÃO DO ALTO  
DE CABO FRIO - BACIA DE CAMPOS - RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Geofísica.

**APROVADO EM JULHO DE 2010, PELA BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Cleverson Guizan Silva**

Universidade Federal Fluminense - Instituto de Geociências - Departamento de Geologia - LAGEMAR

---

**Profa. Dra. Eliane da Costa Alves**

Universidade Federal Fluminense - Instituto de Geociências - Departamento de Geologia - LAGEMAR

---

**Prof. Dr. Marcus Aguiar Gorini**

Universidade Federal Fluminense - Instituto de Geociências - Departamento de Geologia - LAGEMAR

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer aos meus pais, Jairo Marcondes de Souza e Maria Alcina Marcondes de Souza, que me inspiraram e se dedicaram para que eu pudesse atingir meus objetivos. Apenas com seus exemplos, passaram-me uma das maiores riquezas da minha vida: o meu caráter. Agradeço a eles por me amarem tanto.

À minha irmã, Vanessa, pelo companheirismo nas dificuldades, e pelas alegrias proporcionadas em tantos e tantos momentos.

Aos meus avós e familiares, em geral, que, mesmo geograficamente distantes, me proporcionam imensas alegrias.

À minha namorada Caroline, que entrou na minha vida durante essa caminhada e se tornou o meu porto seguro. O seu incentivo foi fundamental para que eu atingisse os meus objetivos.

Ao meu orientador, prof. Dr. Marcus Aguiar Gorini, que acreditou e me incentivou neste trabalho, além de me dar valiosos conselhos sobre Geologia, Geofísica e sobre a vida.

A todos os meus professores da faculdade de Geofísica da UFF, que me nortearam em momentos tão importantes e decisivos. Em especial, à coordenadora do curso profa. Dra. Eliane Alves, que sempre teve disposição e atenção para atender seus alunos.

Os meus verdadeiros amigos, que me acompanham por toda a vida e me fortalecem nas horas difíceis.

Aos colegas e amigos de trabalho, em especial, aos geólogos Osvaldo Braga e Dolores de Carvalho e aos geofísicos Flávio Burda e Ronaldo Baldi, pelas críticas, correções e conselhos dados durante a elaboração deste trabalho.

E, finalmente, à empresa OGX Petróleo & Gás, pela gentileza de ceder os dados utilizados neste trabalho.

## RESUMO

Corpos gerados por magmatismo são muito comuns em bacias sedimentares. Em território nacional, podem-se encontrar facilmente muitas feições deste tipo, tanto na parte continental, tanto na parte marinha.

Na porção marinha brasileira, a região do Alto de Cabo Frio, que separa as bacias de Campos e Santos, possui algumas particularidades, como a presença de inúmeras falhas antitéticas no embasamento e em toda seção sedimentar (Oreiro, 2006). Esta região, também, é um dos locais onde ocorreu maior incidência de rochas magmáticas nas bacias marginais brasileiras. Além dos basaltos de idade neocomiana da Formação Cabiúnas que constituem o embasamento da Bacia de Campos, é possível encontrar inúmeros *mounds* vulcânicos interligados, formando um grande corpo de idade terciária. O magmatismo que o originou teve início no Paleoceno e teve seu clímax e fim no Eoceno Médio (Rangel, 2005).

Este trabalho se propõe a analisar uma área localizada na Plataforma Continental de Cabo Frio, utilizando dados sísmicos 3D e de poços perfurados. Após uma breve revisão bibliográfica, o presente estudo dá ênfase na detecção e caracterização sísmica das rochas vulcânicas terciárias, evidenciando-as em seções sísmicas, gerando mapas referentes ao topo, à base e à espessura de rocha desta sequência.

O mapeamento sísmico realizado permite visualizar as principais características da Bacia de Campos, ou seja, uma bacia de margem divergente, caracterizada por falhas normais e que evoluiu através de diferentes estágios tectono-sedimentares. Como era de se esperar, foi encontrado um grande corpo vulcânico entre os sedimentos da porção drifte da bacia.. Além disso, distribuídos pelas camadas sedimentares do Albiano ao Eoceno Médio, foram detectados inúmeros refletores sísmicos interpretados como intrusões de diabásio relacionadas ao vulcanismo sobrejacente.

Palavras-chave: Magmatismo. Corpos Vulcânicos. Alto de Cabo Frio. Mapeamento Sísmico.

## **ABSTRACT**

Geological buildings generated from magmatic events are very common in sedimentary basins. In the Brazilian territory, it is easy to find many features of this type, both in land and in the continental margin.

The region of Cabo Frio High, which separates the offshore Campos and Santos basins, has some peculiarities, such as the presence of several antithetical faults in the basement and in the whole sedimentary section (Oreiro, 2006). The Cabo Frio High is one of the sites where there were the most occurrences of magmatic events in the offshore Brazilian basins. In addition to the Neocomian basalts of the Cabiúnas Formation, which make up the economical basement in the Campos Basin, it is possible to find out several interconnected volcanic mounds, which constitute a major Tertiary magmatic body. The magmatic event started during the Paleocene and had its climax and end in the Medium Eocene (Rangel, 2005).

The purpose of this study is to analyze a site located in the continental shelf of Cabo Frio by making use of 3D seismic data block converted in depth and some available boreholes. After a brief review of the main technical papers, this study concentrates in the seismic mapping and characterization of the Tertiary magmatic events in the area, showing them both in seismic profiles and in maps. The maps included are from the top and the bottom, and the isopach of the magmatic Tertiary rocks.

The seismic mapping carried out in the continental shelf of Cabo Frio allowed visualizing the main characteristics of the Campos Basin, i.e., a divergent margin basin with normal faults, which evolved through different tectono-sedimentary stages. As expected, it was mapped a major volcanic Tertiary body (several interconnected mounds) inserted in the sedimentary section of the drift stage of the basin. In addition, several events interpreted as diabase intrusions related to the Tertiary magmatism have been found in the sedimentary section which ranges in age from the Albian up to the Medium Eocene.

**Keywords:** Magmatism. Volcanism. Cabo Frio High. Seismic Mapping.

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 – OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
<b>3 – METODOLOGIA .....</b>	<b>10</b>
<b>4 – GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>12</b>
4.2 – BACIA DE SANTOS .....	13
4.3 – EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DAS BACIAS DE CAMPOS E SANTOS.....	14
4.4 – ALTO DE CABO FRIO .....	22
<b>5 – MAGMATISMO NA BACIA DE CAMPOS.....</b>	<b>25</b>
5.1 – DATAÇÃO K/AR DAS ROCHAS MAGMÁTICAS TERCIÁRIAS.....	26
5.2 – PETROGRAFIA DAS ROCHAS MAGMÁTICAS TERCIÁRIAS.....	28
5.3 – DETALHAMENTO DAS ROCHAS VULCÂNICAS TERCIÁRIAS EM PERFIS SÍSMICOS E APRESENTAÇÃO DE MAPAS.....	30
5.3.1 – Poços Perfurados na Área de Estudo.....	30
5.3.2 – Horizontes Mapeados.....	31
5.3.3 – Apresentação de Mapas e Seções Sísmicas.....	32
<b>6 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
<b>7 – BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>45</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

Nas bacias de Campos e Santos, rochas magmáticas, de natureza extrusiva e intrusiva, estão presentes em diversos níveis estratigráficos.

Uma das regiões de maior diversidade e volume de ocorrência destas rochas magmáticas, na Bacia de Campos, é o Alto de Cabo Frio, onde se caracterizam pelas naturezas distintas, variando de magmatismo básico a alcalino.

O presente estudo analisa um destes eventos magmáticos da Bacia de Campos localizados nas adjacências do Alto de Cabo Frio, com a utilização de perfis sísmicos e dados de poços. O referido evento iniciou-se no Paleoceno e estendeu-se, de forma intermitente, até o Eoceno Médio. O mesmo evento já fora estudado anteriormente por autores como: Burda & Calazans (2001), Mizusaki & Mohriak (1992), Oreiro (2002, 2006), Oreiro *et al.* (2008), Rangel (2005), entre outros.

O escopo do trabalho constitui-se dos objetivos; metodologia; geologia regional através de discussões sobre as bacias de Campos, Santos e o Alto interveniente de Cabo Frio; magmatismo ocorrente na Bacia de Campos como um todo; magmatismo do Alto de Cabo Frio e adjacências, vistos em seções sísmicas, mapas e modelos de extravasamento e de intrusão do magmatismo; finalizanando com as conclusões.

## 2 – OBJETIVOS

Objetiva-se, principalmente, detalhar o magmatismo do Eoceno/Paleoceno ocorrentes na porção sul da Bacia de Campos (Membro Cabo Frio), tendo em vista a importância da compreensão do Complexo Vulcânico do Alto de Cabo Frio, que separa as bacias sedimentares de Campos e Santos.

As finalidades deste trabalho são:

1. Apontar os principais eventos magmáticos ocorridos na Bacia de Campos;
2. Descrever petrográfica e petrológicamente as rochas do Membro Cabo Frio de acordo com trabalhos anteriores;
3. Mapear, com base em sísmica 3D, o topo e a base das ocorrências vulcânicas;
4. Efetivar o cálculo da espessura e volume de material extrudido.

### 3 – METODOLOGIA

A área de estudo (fig. 1) tem aproximadamente 1.610 km<sup>2</sup> e localiza-se na parte sul da Plataforma Continental da Bacia de Campos, próximo ao limite com a Bacia de Santos. Dista 55 km da cidade de Arraial do Cabo e encontra-se sob uma lâmina d'água que varia de 100 m a 1.020 metros.

Os dados utilizados neste trabalho foram cedidos pela empresa OGX Petróleo & Gás Ltda.

O material utilizado para o mapeamento 3D consiste em um cubo sísmico migrado em tempo antes do empilhamento (PSTM – *pre-stack time migration*) e convertido em profundidade com base em cinco poços existentes na área. O cubo contém 1.320 linhas e 2.090 traços, ambos espaçados de 25 m. Os poços serviram para reconhecer as principais litologias e posicionar corretamente os horizontes na sísmica.

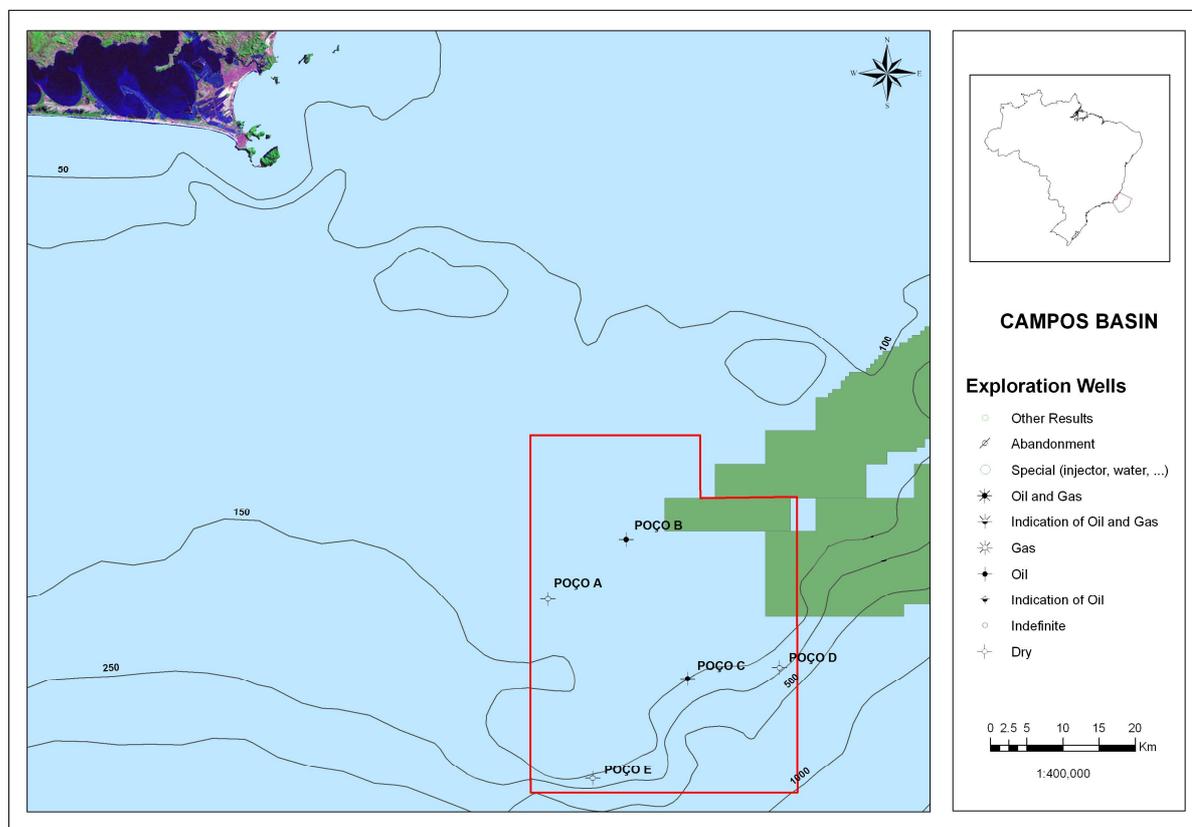


Fig. 1 – Localização da área de estudo (Fonte: OGX Petróleo & Gás Ltda. e BDEP).

O mapeamento dos horizontes referentes ao topo e à base da sequência de idade eocênica, foi feito em uma malha espaçada de 20 linhas (seção feita ao longo da direção N-S de aquisição) por 20 traços (seção feita transversal à direção de aquisição), ou seja, linhas e traços espaçados 500 m uns dos outros (500 x 500 m).

Para melhor compreensão e visualização dos principais eventos presentes na área de estudo, foram selecionados alguns horizontes sísmicos para serem mapeados, além do topo e da base das rochas vulcânicas terciárias.

Com os softwares da suíte OpenWorks da empresa Landmark, interpolaram-se os horizontes definidos, extraiu-se o mapa de isópacas (espessura) das rochas vulcânicas eocênicas e calculou-se a área e o volume do material extrudido.

## 4 – GEOLOGIA REGIONAL

Localizada na parte sul da Bacia de Campos, a área de estudo está contida na região do Alto de Cabo Frio. O Alto de Cabo Frio é uma elevação do embasamento, que separa duas das mais importantes bacias petrolíferas brasileiras: Campos e Santos (Mohriak *et al.*, <http://www.drm.rj.gov.br/item.asp?chave=137,02/06/2010>).

### 4.1 – BACIA DE CAMPOS

A Bacia de Campos (fig. 2) localiza-se na Margem Continental Leste Brasileira, entre o litoral norte do Estado do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo e os paralelos 21º e 24º de latitude sul. Possui uma área de aproximadamente 100.000 km<sup>2</sup> até a cota batimétrica de 3400 m, tendo uma pequena porção de 500 km<sup>2</sup> representada por áreas emersas (Rangel *et al.*, 1994).

A Bacia de Campos separa-se da Bacia do Espírito Santo, ao norte, pelo Alto de Vitória, e da Bacia de Santos, ao sul, pelo Alto de Cabo Frio. Para oeste, onde uma estreita faixa se desenvolve na área emersa, é limitada pela Serra do Mar, por meio de um sistema de falhas SW-NE, que põe as rochas sedimentares em contato com o embasamento (Schaller, 1973). Para leste, a bacia estende-se pela plataforma e taludes continentais e avança sobre o Platô de São Paulo e o fundo oceânico adjacente.

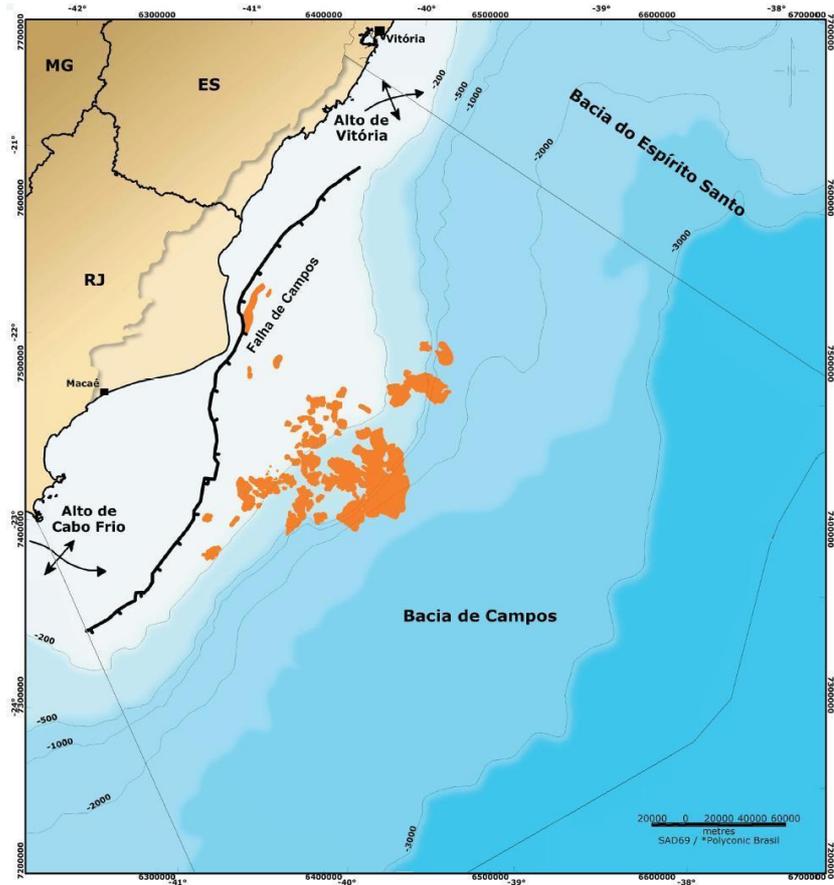


Fig. 2 – Localização da Bacia de Campos e seus limites. As ocorrências de campos petrolíferos encontram-se em laranja (Chang *et al.*, 2006).

#### 4.2 – BACIA DE SANTOS

A Bacia de Santos (fig. 3), com aproximadamente 350.000 km<sup>2</sup> de área até a cota batimétrica de 3.000 m, é a maior bacia marginal brasileira. Seu território estende-se pelos litorais dos estados do Rio de Janeiro (parte sul), São Paulo, Paraná e Santa Catarina (até um pouco abaixo da cidade de Florianópolis), entre os paralelos de 23<sup>o</sup> e 28<sup>o</sup> de latitude sul.

A Bacia de Santos separa-se da Bacia de Campos, a nordeste, pelo Alto de Cabo Frio, e da Bacia de Pelotas, ao sul, pelo Alto de Florianópolis. Ao norte e a oeste, é margeada pela Serra do Mar e, a leste, estende-se pelo Platô de São Paulo em direção do oceano profundo.

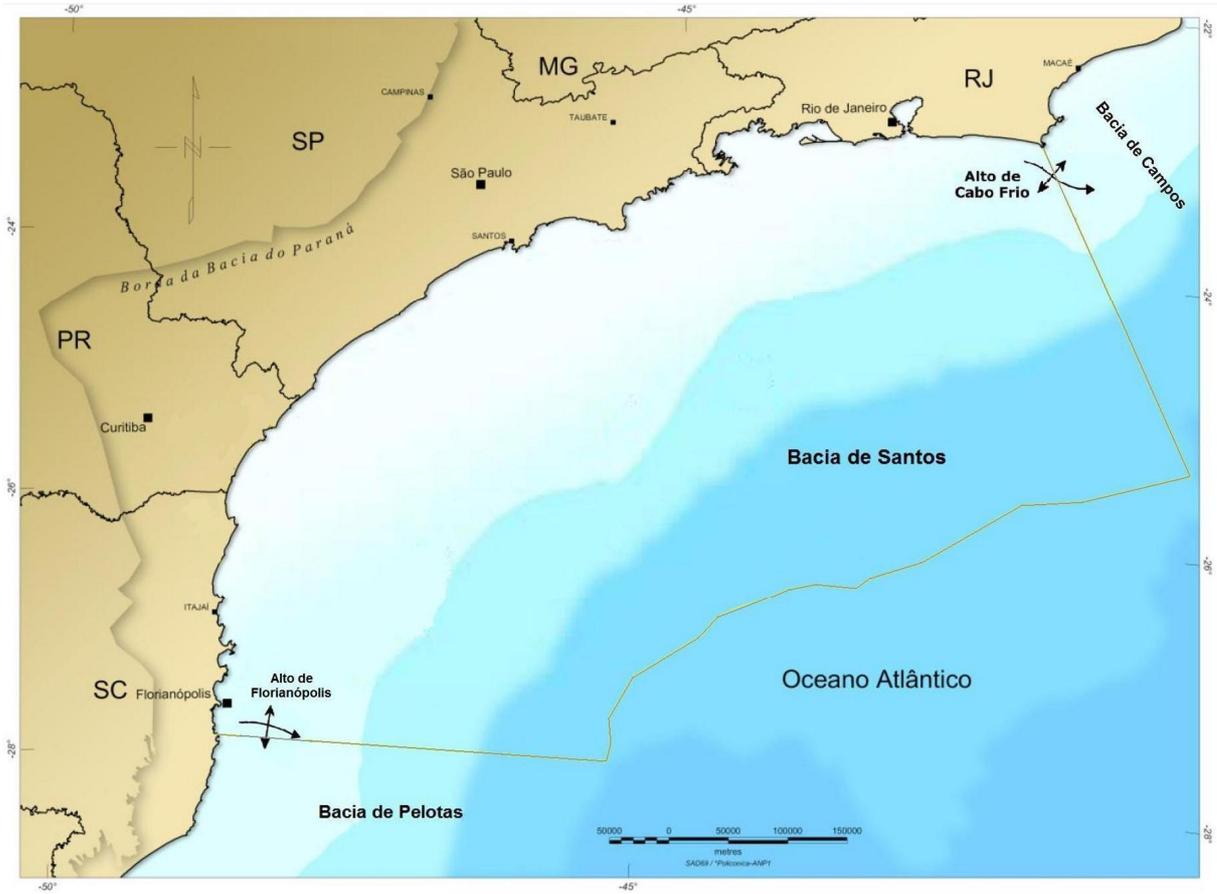


Fig. 3 – Localização da Bacia de Santos e seus limites (Vidal *et al*, 2003).

#### 4.3 – EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DAS BACIAS DE CAMPOS E SANTOS

As bacias de Campos e Santos são bacias de margem divergente e têm as suas origens relacionadas com a dinâmica que se instalou no paleocontinente Gondwana durante o Cretáceo, acarretando a separação dos continentes africano e sulamericano (fig. 4).

Muitos autores, dentre os quais Dias *et al.* (1990), Souza-Lima & Hamsi Junior (2003) e Winter *et al.* (2007), destacam três grandes estágios tectônicos na evolução das bacias de Campos e Santos: rifte, pós-rifte ou transicional e drifte. Esta divisão possibilita relacionar três unidades sedimentares, respectivamente: Sequência Continental, Sequência Transicional e Megasequência Marinha.

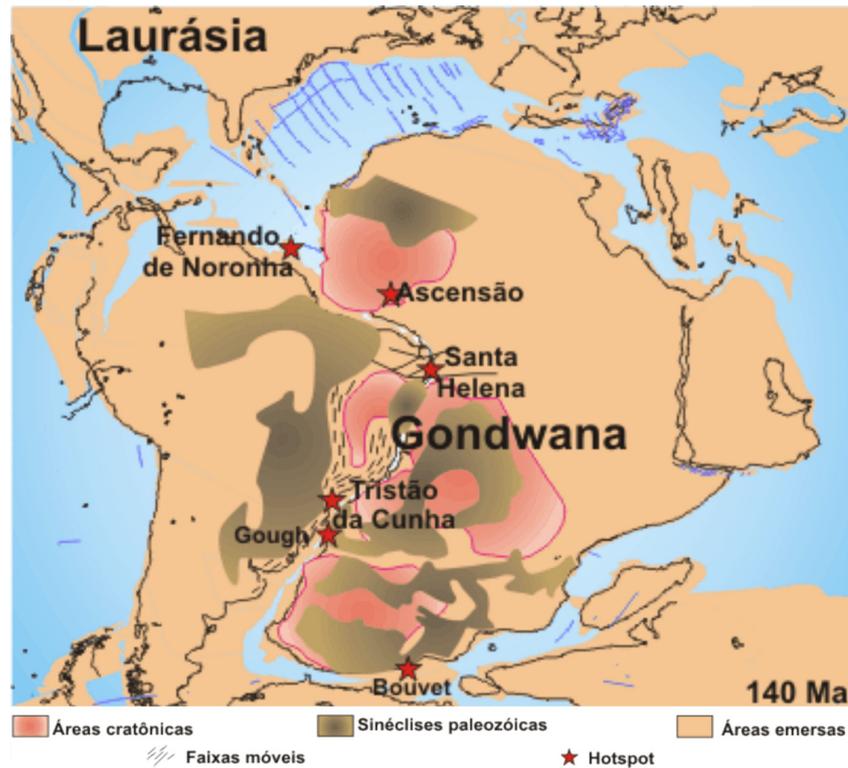


Fig. 4 – Reconstrução paleogeográfica do Gondwana durante o início do Cretáceo (cerca de 140 Ma) (Souza-Lima & Junior, 2003).

Estas bacias desenvolveram-se sobre o antigo Cinturão Orogenético Brasileiro, sendo o embasamento cristalino constituído por gnaisses de idade pré-cambriana, pertencentes à Província Proterozóica da Ribeira (Winter *et al.*, 2007).

A fase inicial rifting (figs. 5a e 5b) caracteriza-se por esforços distensionais e afinamento crustal, o que propiciou derrames basálticos que cobrem, de forma discordante, o embasamento cristalino, por quase toda a extensão das bacias, formando o embasamento econômico das bacias de Campos (Formação Cabiúnas) (Mizusaki *et al.*, 1988) e Santos (Formação Camboriú) (Moreira *et al.*, 2007).

Os primeiros sedimentos depositados – Grupo Lagoa Feia, na Bacia de Campos, e Grupo Guaratiba, na Bacia de Santos – estão sobrepostos aos basaltos e são tidos como de origem continental. Vale a pena destacar a presença de folhelhos negros na seção Barremiana depositados em ambiente lacustre, que representam a principal rocha geradora do sistema petrolífero da Bacia de Campos (Chang *et al.*, 1992; Guardado *et al.*, 2000).

O que marca o fim da fase rifte, e o início da transicional, é uma pequena quietude tectônica, representada por uma discordância erosional, nos grupos Lagoa Feia e Guaratiba, que separou dois elementos estruturais destas bacias: falhamentos normais, na parte rifte, e falhas lítricas que ocorrem dentro da sequência evaporítica aptiana e que se estendem pela fase drifte (Cainelli & Mohriak, 1999).

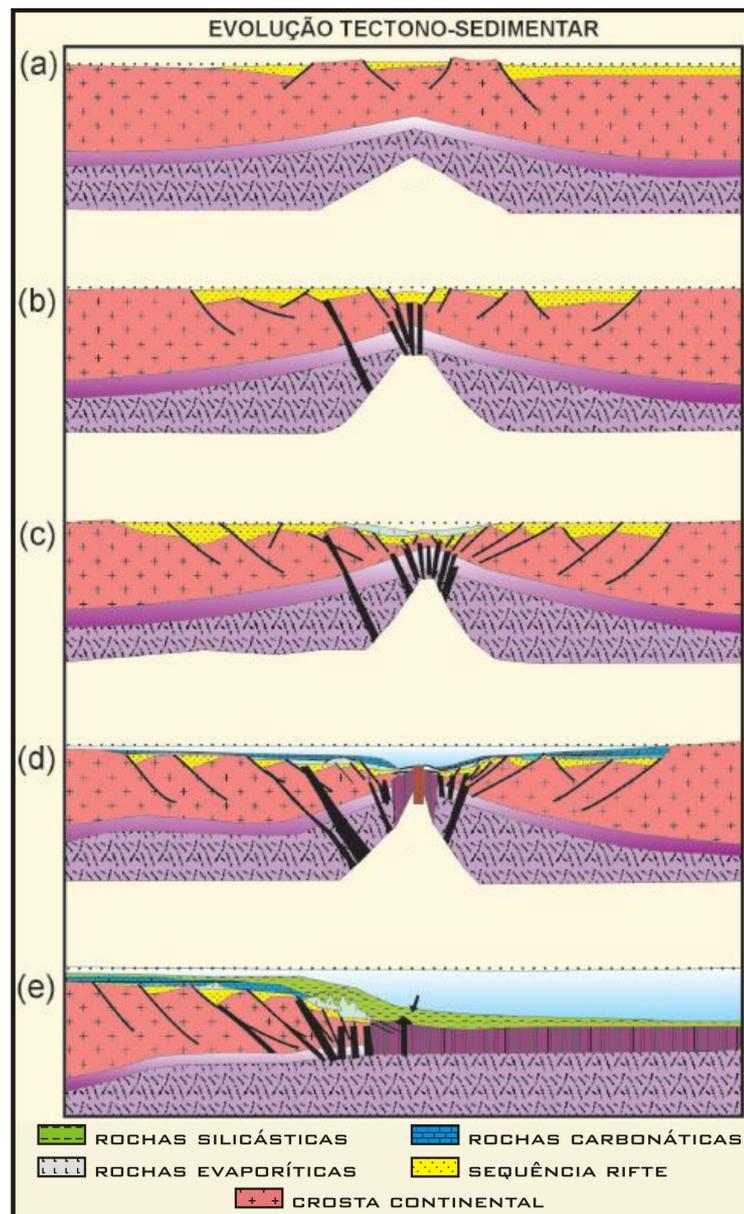


Fig. 5 (a, b, c, d, e) – Modelo representativo da evolução tectônica das bacias da margem leste brasileira (modificado de Cainelli & Mohriak, 1999).

A fase pós-rifte (fig. 5c) é caracterizada por incursões marinhas e posterior expansão do Oceano Atlântico (Winter *et al.*, 2007), o que permitiu mudanças gradativas dos ambientes de deposição. Os sedimentos, que eram, antes, de natureza continental, ao poucos, tornam-se marinhos. Na fase inicial do pós-rifte, um paleo-golfo foi formado por altos batimétricos-estruturais que, pensa-se, que com suas continuidades no tempo geológico, viriam a formar as Cadeias de Walvis e do Rio Grande (fig. 6). A origem e o desenvolvimento destas cadeias estão relacionados à atividade termal da Pluma de Tristão da Cunha (Chang *et al.*, 2006), embora, existam outras interpretações.

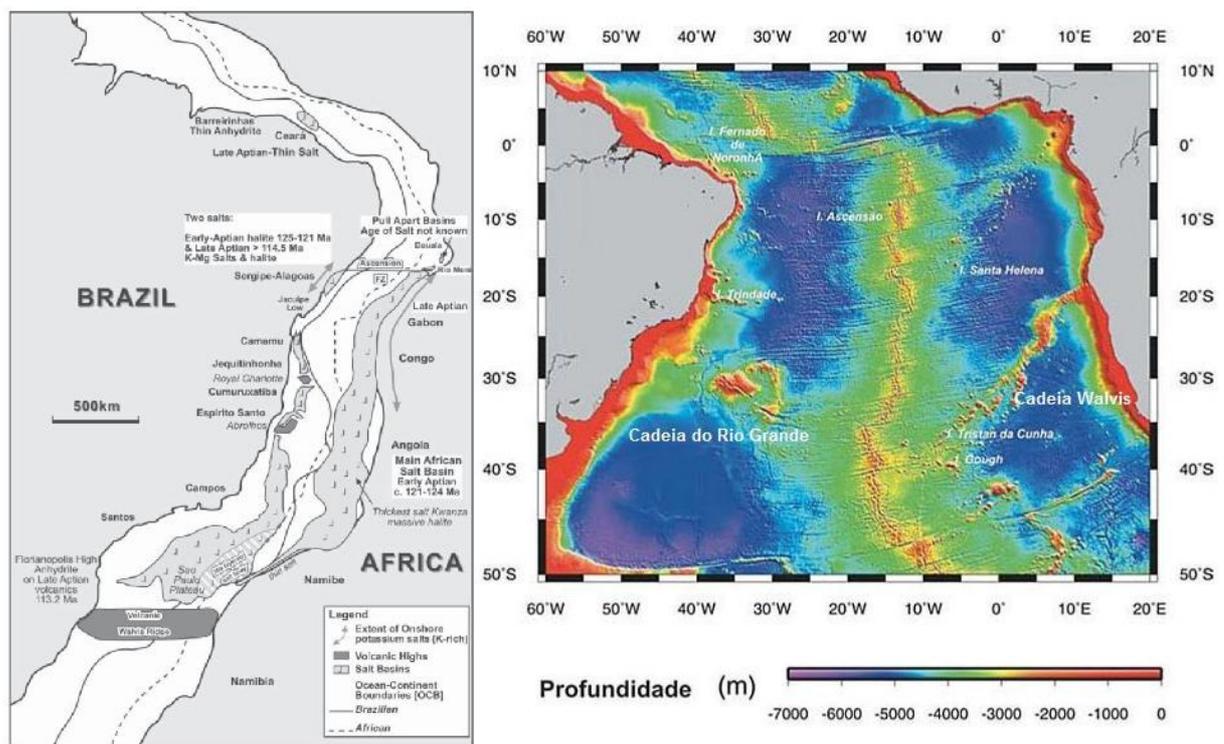


Fig. 6 – (a) Reconstrução do posicionamento das placas tectônicas do Atlântico Sul no período Aptiano (). (b) Fisiografia atual do Oceano Atlântico Sul (Stanton *et al.*, 2006).

O final do Aptiano é marcado pela deposição de uma espessa camada de evaporitos de ambiente marinho restrito (formações Retiro, em Campos, e Ariri, em Santos), contendo, essencialmente, halita e anidrita, que se estende para o norte de ambos os continentes até Pernambuco, no Brasil, e o Cameroon, na África (Milani *et al.*, 2007). Posteriormente, a movimentação dos evaporitos foi de grande importância

na formação de estruturas e na distribuição de sedimentos sobrepostos ao sal (Dias *et al.*, 1990; Szatmari, *et al.*, 1996).

Com a contínua separação dos continentes sulamericano e africano, iniciou-se a Megasequência Marinha (figs. 5d e 5e), que corresponde aos sedimentos depositados em regime de subsidência térmica associada a tectonismo adiastrófico (Winter *et al.*, 2007). Este estágio tectono-sedimentar pode ser dividido em três outras sequências: Sequência de Plataforma Carbonática, Sequência Transgressiva Marinha e Sequência Regressiva Marinha (Dias *et al.*, 1990).

Do Albiano até o Cenomaniano, foram desenvolvidas plataformas carbonáticas de água rasa e funda (Grupo Macaé, na Bacia de Campos) devido à gradual subida do nível do mar (Milani *et al.*, 2007).

A partir do Turoniano, iniciou-se a deposição de uma espessa seção de sedimentos siliciclásticos provenientes de plataforma rasa, leques costeiros e turbiditos de talude e bacia, intercalados com eventuais depósitos carbonáticos, compondo um ciclo transgressivo-regressivo entre o Cretáceo e o Recente (Rangel *et al.*, 1994; Milani *et al.*, 2007).

As figuras 7 e 8 correspondem a modelos geológicos das bacias de Campos e Santos, respectivamente. Os modelos realçam as três megasequências deposicionais, o embasamento e as principais estruturas tectônicas das bacias.

As cartas estratigráficas das bacias de Campos (fig. 9) e Santos (fig. 10) são outra maneira de representar as litologias depositadas e os eventos tectônicos e magmáticos das bacias sedimentares.

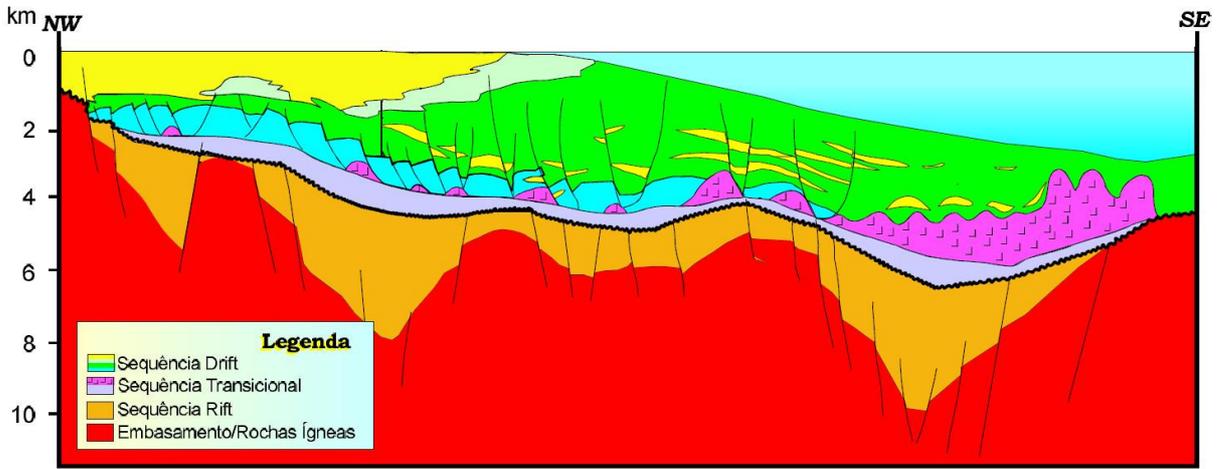


Fig. 7 – Seção geológica da Bacia de Campos (modificada de Rangel *et al.*, 1998).

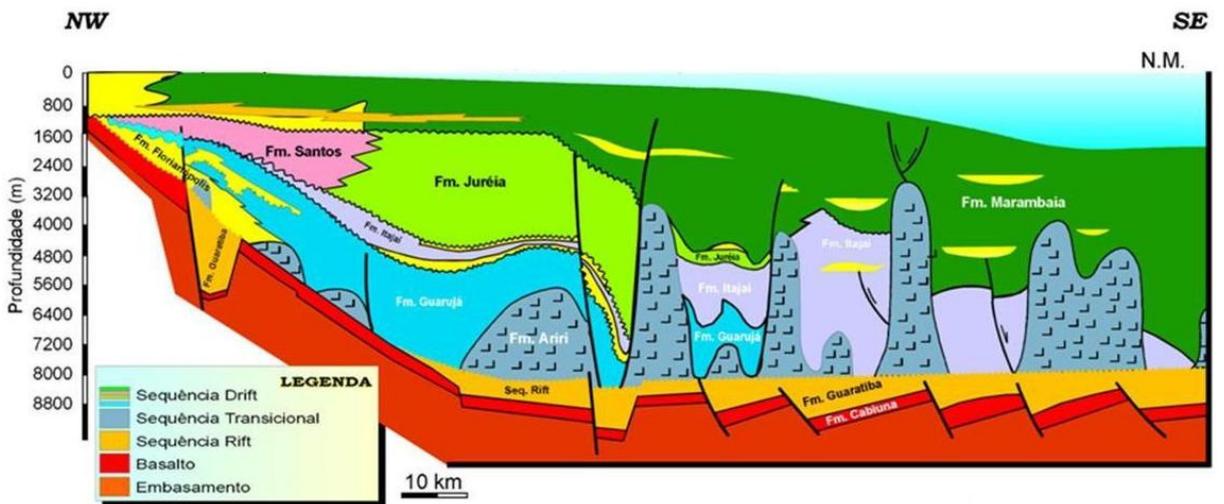


Fig. 8 - Seção geológica da Bacia de Santos (modificada de Pereira *et al.*, 1989)





#### 4.4 – ALTO DE CABO FRIO

O mapa fisiográfico da porção sudeste da margem continental brasileira exhibe diversas feições geomorfológicas. Separando as bacias de Campos e Santos, existe uma protuberância da plataforma continental ao largo de Cabo Frio, que representa a posição geográfica do alto de mesmo nome (fig. 11). Neste mesmo mapa também se destacam o Platô de São Paulo, a Elevação do Rio Grande, a Zona de Deformação Cruzeiro do Sul e os montes submarinos Jean Charcot.

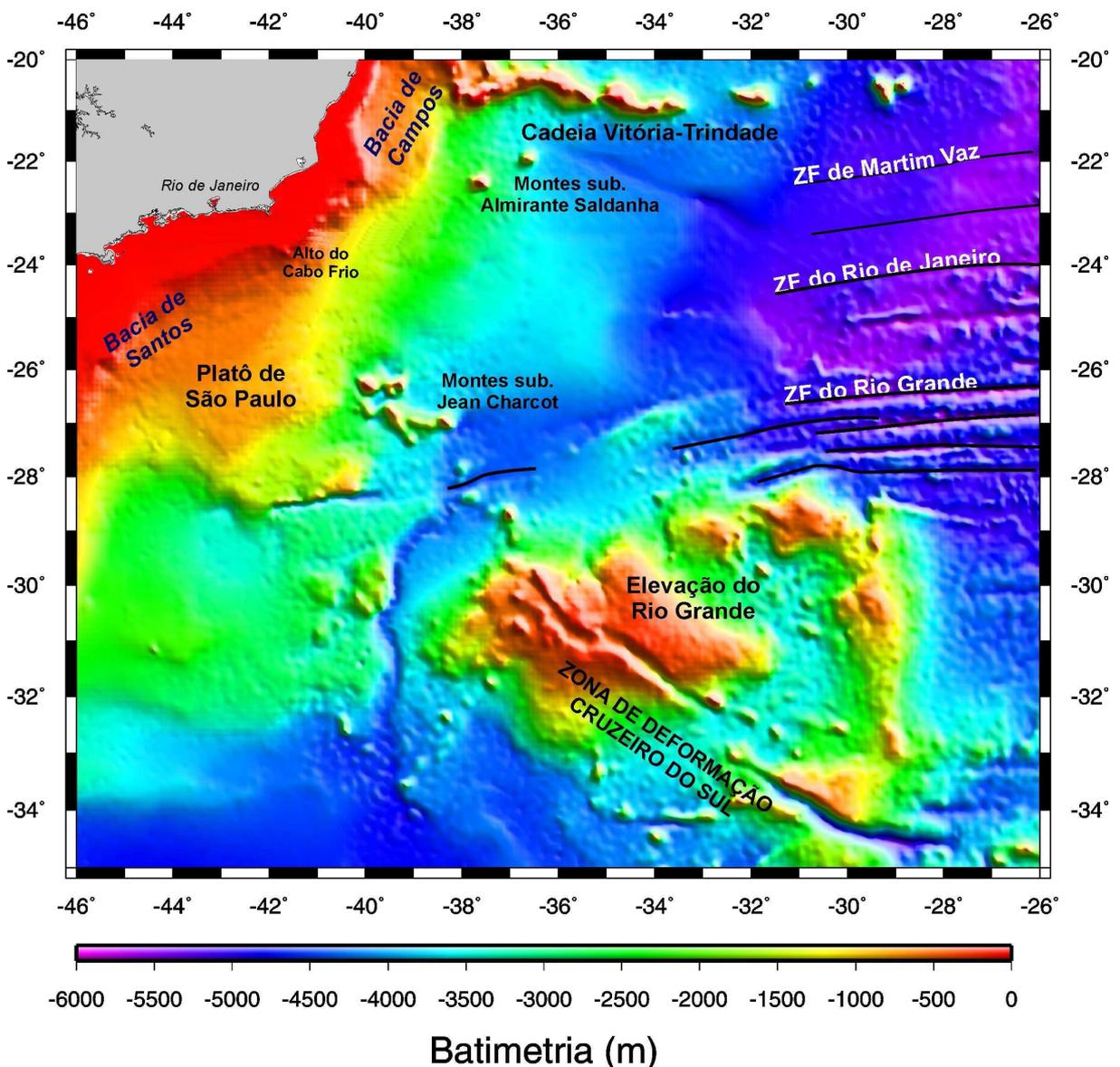


Fig. 11 – Mapa batimétrico da margem sudeste brasileira realçando as principais feições estruturais (Sandwell & Smith, 1997).

O Alto de Cabo Frio é uma elevação do embasamento sob a forma de altos, herdada do Precambriano (Oreiro, 2006), que inicia-se no continente e estende-se por centenas de quilômetros mar adentro, cruzando toda a plataforma continental. Separa também duas direções estruturais marcantes, de direções E-W e NE-SW (Mohriak e Barros, 1990), em transição para um predomínio de direções N-S, para o norte, que condiciona a maior parte da orientação do litoral ocidental brasileiro.

A Zona de Deformação Cruzeiro do Sul, que corta a Elevação do Rio Grande em forma de um vale longo e profundo, passa por uma região de montes submarinos, denominados de Jean Charcot e, possivelmente, é coincidente com o Alto de Cabo Frio, com uma interveniência provável dentro do Plateau de São Paulo, ainda desconhecida Kaiser, 1991) (vide fig. 11).

A Plataforma de Cabo Frio sofreu com intenso período de tectonismo, responsável pela criação de grandes deformações associadas a falhamentos, formações de grábens, intrusões e extrusões de material magmático (Macedo *et al.*, 1991). Em uma seção sísmica perpendicular ao Alto de Cabo Frio (fig. 12), é possível identificar estas e outras estruturas marcantes desta região.

Na figura 12, observam-se as principais feições do Alto de Cabo Frio. Ao centro, nota-se a proeminência do embasamento em relação às áreas laterais, que o caracteriza como divisor das bacias de Campos e Santos. Em seus flancos, há inúmeras falhas normais e reversas, que cortam as rochas do embasamento e da seção sin-rifte das bacias adjacentes (Pedro, 2005).

O Alto de Cabo Frio funcionou como limite das bacias de Campos e Santos para os sedimentos depositados até o Oligoceno (horizonte verde da figura 12). A partir dessa época, as camadas sedimentares estendem-se pelas duas bacias, sem a influência restritiva desta feição estrutural (Pedro, 2005).

Além disso, esta região sofreu uma grande concentração de atividade magmática (Oreiro, 2006), resultando na presença de rochas magmáticas extrusivas e intrusivas em diversos níveis estratigráficos (Mizusaki & Mohriak, 1992).

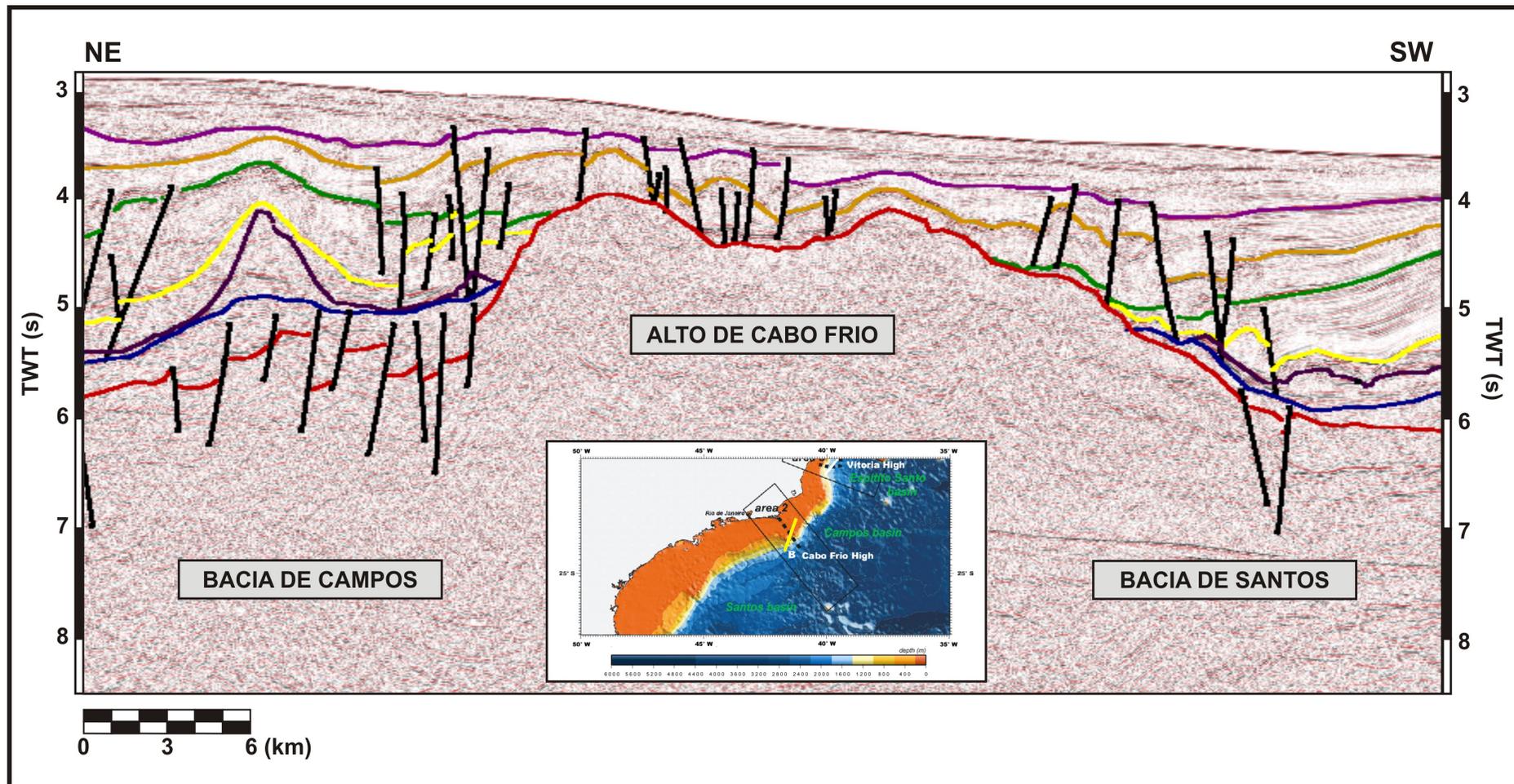


Fig. 12 – Seção sísmica strike (transversal) no Alto de Cabo Frio (Pedro, 2005).

## 5 – MAGMATISMO NA BACIA DE CAMPOS

Mohriak & Barros (1990), Mizusaki *et al.* (1998) e Thomaz-Filho *et al.* (2008) individualizam três eventos magmáticos ocorrentes na Bacia de Campos.

1. O primeiro evento, de idade neocomiana, corresponde aos basaltos da Formação Cabiúnas (Rangel *et al.*, 1994; Almeida *et al.*, 1996), que constitui o embasamento econômico da Bacia de Campos. São datados em 120-130 Ma (Fodor *et al.*, 1983) e podem ser correlacionados com as rochas das formações Camboriú, na Bacia de Santos, e Serra Geral, na Bacia do Paraná (Thomaz-Filho *et al.*, 2008).
2. O segundo evento tem pouca representatividade ao longo das bacias, ocorreu no Cretáceo Superior (Campaniano-Turoniano, 80 a 90 Ma) e é constituído predominantemente por basaltos (Pedro, 2005).
3. O terceiro evento é datado do Paleoceno a Eoceno, está associado a um magmatismo de conduto central (vulcões) com pulsos descontínuos (Scarton, 1993). Os corpos magmáticos desta idade são constituídos por rochas básicas e básico-alcálinas.

É possível correlacionar estes eventos magmáticos com estruturas existentes ao redor da Bacia de Campos observando suas orientações e idades. Por exemplo, as rochas alcálinas ocorrentes na Bacia de Campos provavelmente encontram-se na extensão do Lineamento Poço de Caldas – Cabo Frio em direção ao oceano (Almeida *et al.*, 1996), enquanto que algumas rochas vulcânicas possuem a orientação coincidente com a continuação do Lineamento Cruzeiro do Sul rumo ao continente (Souza *et al.*, 1993).

Mais recentemente, Winter *et al.* (2007) em sua carta estratigráfica (fig. 9), a mais atualizada referente à Bacia de Campos, diferenciam os eventos magmáticos em seis. Além dos eventos magmáticos do Neocomiano e do Cretáceo Superior citados anteriormente, esses autores propõem um evento no Aptiano, o qual foi nomeado Magmatismo Alagoas, e separam o Terciário em três outros eventos: um paleocênico, um do Eoceno Inferior e outro do Eoceno Médio.

A partir de agora, este trabalho irá destrinchar as rochas magmáticas terciárias, utilizando dados sísmicos, de poços e trabalhos publicados sobre o assunto.

### 5.1 – DATAÇÃO K/AR DAS ROCHAS MAGMÁTICAS TERCIÁRIAS

O magmatismo mais expressivo do sul da Bacia de Campos teve início no Paleoceno e se estendeu até o Eoceno Médio, período em que teve maior atividade (Rangel, 2005).

Com base em amostras coletadas em poços perfurados nessa área, foi feita a datação das rochas vulcânicas, pelo método K/Ar. As idades radiométricas encontradas variam de  $44 \pm 1$  a  $55 \pm 11$  Ma (fig.13). Os maiores erros associados à datações radiométricas devem-se ao fato do Argônio ser um gás nobre e não realizar ligações químicas com nenhum elemento, sendo assim, pode-se perder ao ocorrer algum processo tectônico.

Colocando os dados das idades das rochas vulcânicas ao lado da curva eustática, verifica-se que o evento magmático coincide com o período em que as águas do Oceano Atlântico encontravam-se em seu nível mais baixo em todo o Terciário.

Com isso, acredita-se que a extrusão de material magmático tenha ocorrido em lâmina d'água rasa e, em certas ocasiões, possa ter emergido à superfície.

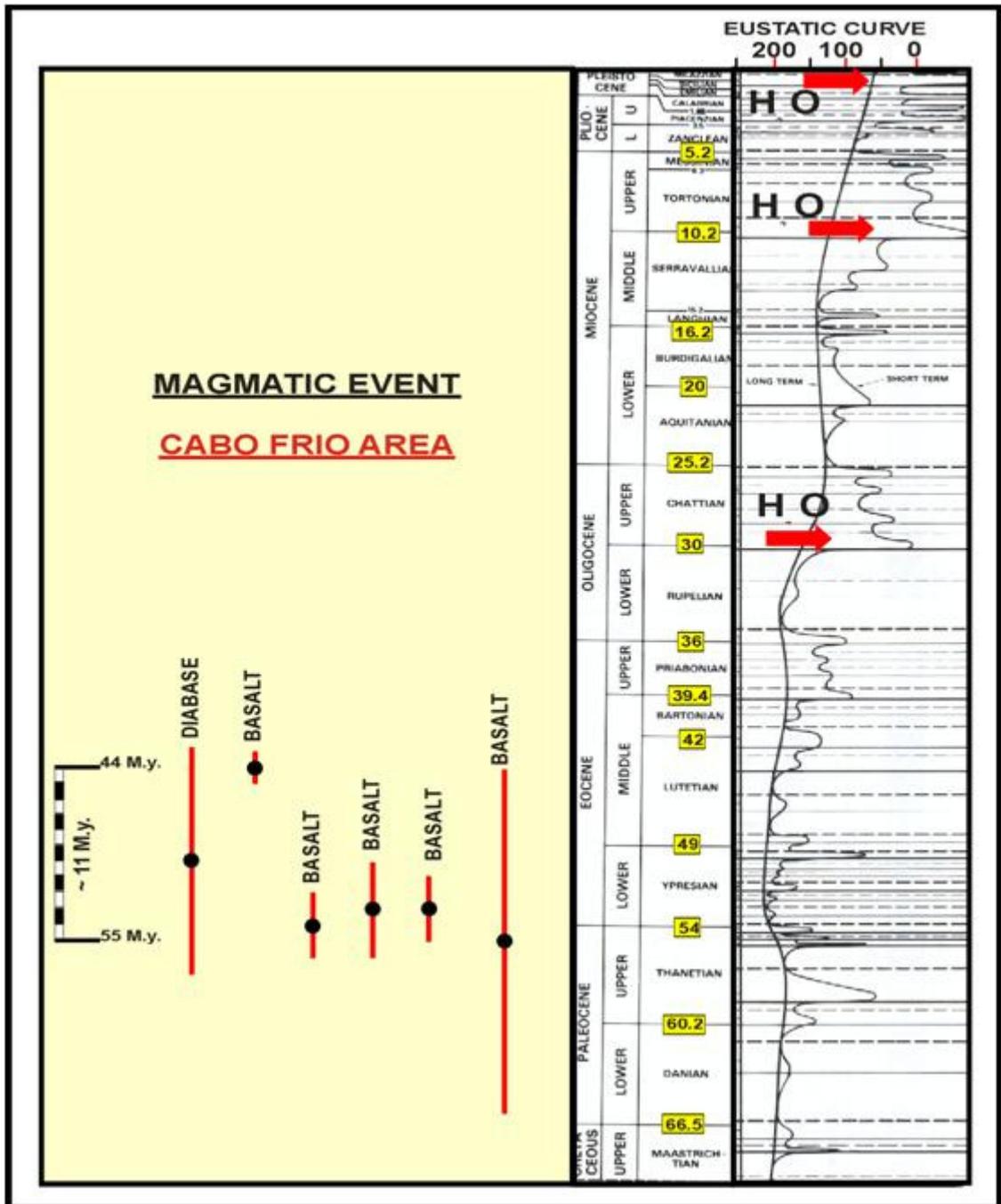


Fig. 13 – Datação K-Ar das rochas magmáticas perfuradas por alguns poços na Plataforma de Cabo Frio e a curva de variação do nível do mar (material de trabalho de Osvaldo Braga, 2001)

## 5.2 – PETROGRAFIA DAS ROCHAS MAGMÁTICAS TERCIÁRIAS

Rangel (2005), utilizando dados sísmicos, litológicos, de poços, entre outros, analisou a área do Alto de Cabo Frio e caracterizou as rochas magmáticas terciárias encontradas. Além dele, Oreiro (2002) reconheceu, através de dados sísmicos e de poços, diques e soleiras relacionados ao edifício vulcânico sobrejacente.

Segundo estes autores, as litologias frequentemente encontradas são:

1. **Basaltos:** Rochas ígneas básicas extrusivas que ocorrem sob forma de derrames de lavas. Sua localização no corpo magmático pode influenciar em sua textura, devido às diferentes velocidades de resfriamento da lava.
2. **Hialoclastitos:** São rochas formadas por partículas de vidro originadas pelo rápido resfriamento de lavas vulcânicas em ambientes subaquosos (Oreiro, 2006).
3. **Tufos:** Rochas com granulometria do tamanho de cinzas, cuja formação é relacionada à atividade piroclástica (<http://www.vulcanoticias.hpg.ig.com.br/dic.html>, 02/07/10).
4. **Brechas:** Indicam retrabalhamento através de fragmentação das rochas sólidas ou expansão de gases (<http://www.solarviews.com/portug/terms.htm>, 02/07/10).
5. **Diabásios:** Rochas ígneas básicas intrusivas, cuja presença pode indicar preenchimento dos condutos alimentadores do edifício vulcânico sobrejacente ou intrusões associadas à sequência vulcânica.

Além destas rochas, Burda & Calazans (2001), Oreiro (2002) e Rangel (2005) também afirmam que existem rochas de origem sedimentar intercaladas com as de petrologia ígnea do Membro Cabo Frio.

A figura 14 representa um modelo proposto para o magmatismo terciário da parte sul da Bacia de Campos. Nela destacam-se as principais litologias descritas anteriormente, exemplificando-as em microfotografias e posicionando a ocorrência de cada tipo de rocha em relação ao evento extrusivo.

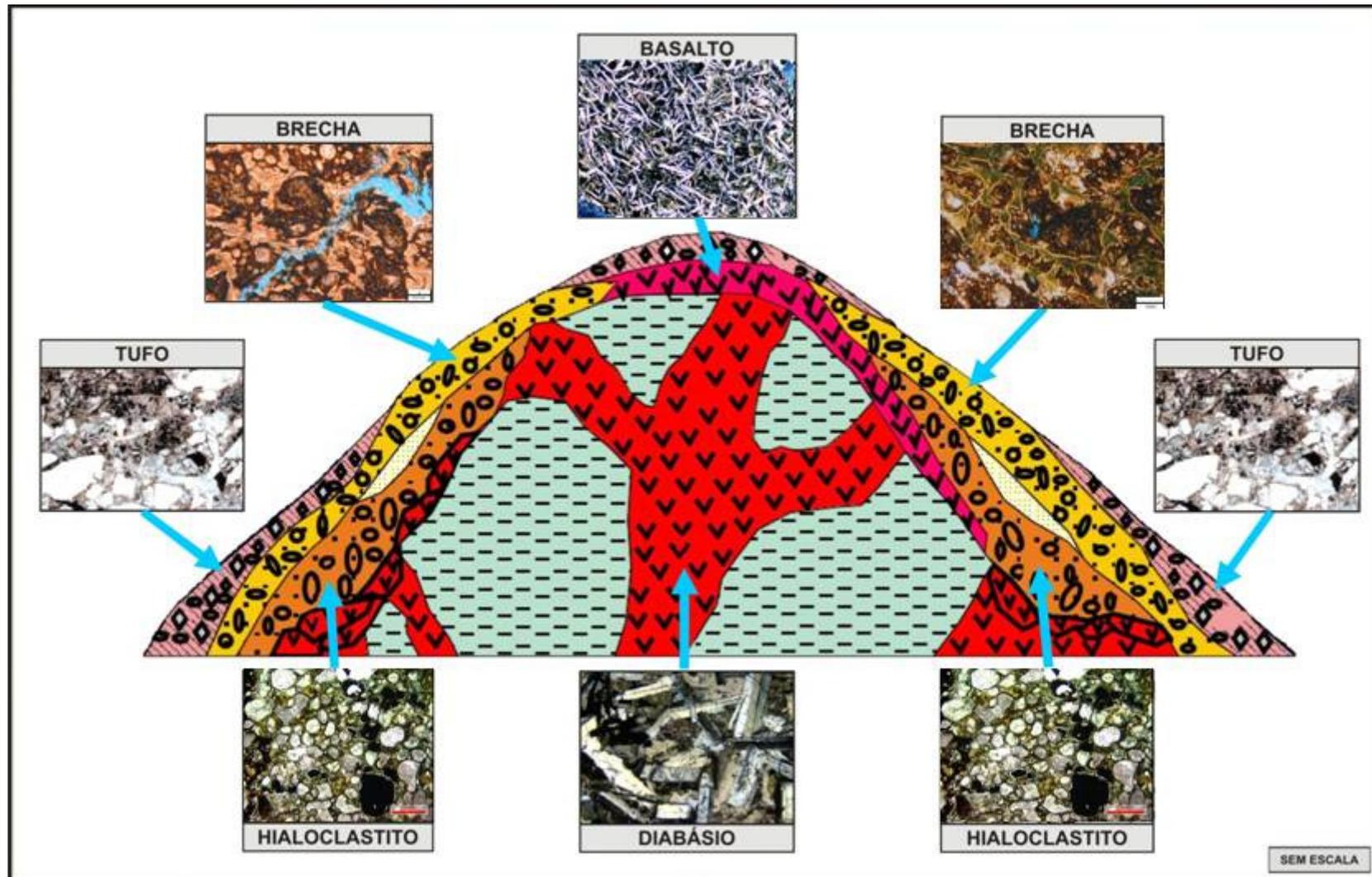


Fig.14 – Modelo proposto para magmatismo terciário da área de Cabo Frio (modificado de Mizusaki & Roisemberg, 2001).

### 5.3 – DETALHAMENTO DAS ROCHAS VULCÂNICAS TERCIÁRIAS EM PERFIS SÍSMICOS E APRESENTAÇÃO DE MAPAS

Após analisar o magmatismo na Bacia de Campos como um todo e particularmente o das proximidades do Alto de Cabo Frio, apresentando modelos de ocorrência, identificando a petrografia e datando o evento, foi possível realizar o mapeamento sísmico com a finalidade de detalhar o edifício vulcânico terciário e identificar algumas rochas intrusivas relacionadas a este corpo.

#### 5.3.1 – Poços Perfurados na Área de Estudo

Para auxiliar no mapeamento sísmico, foram utilizados cinco poços perfurados na região estudada (localização dos poços na figura 1).

O poço A foi perfurado até atingir o embasamento econômico da bacia (Formação Cabiúnas). Este poço atravessou uma espessa sequência de rochas de origem magmática, interpretadas como tufos (maior parte) e basaltos. Intercalados aos tufos, encontram-se finas camadas de calcários e arenitos.

O poço B, dentre os cinco, é o que está localizado mais próximo da costa. Este poço atravessou toda a coluna sedimentar e penetrou o embasamento econômico da bacia por algumas centenas de metros. Analisá-lo é importante por ser o único poço a não ter perfurado rochas magmáticas, excluindo as do próprio embasamento. Sendo assim, conclui-se que o edifício vulcânico terciário limita-se ao sul do poço B, estendendo-se por toda a região central e sul do bloco mapeado.

O poço C não é muito profundo. Atravessou todo o edifício vulcânico terciário e termina em sedimentos do Cretáceo. As rochas magmáticas deste poço, também, foram interpretadas como tufos, em sua maioria, e basaltos.

O poço D, o menos profundo dos cinco, penetra apenas algumas centenas de metros nas rochas vulcânicas do Membro Cabo Frio, interpretadas como tufos.

O poço E está localizado na Bacia de Santos, é o mais distante do litoral e foi perfurado até atingir sedimentos da camada pré-sal. Em sua estratigrafia, observam-

se espessas camadas de rochas magmáticas, interpretadas como rochas ígneas e basaltos, intercaladas com sedimentos clásticos. Além disso, estão presentes camadas de diabásio localizadas sobre e entre os sedimentos carbonáticos do Grupo Camburi, análogo do Grupo Macaé, na Bacia de Campos.

### 5.3.2 – Horizontes Mapeados

Para melhor compreensão da evolução da Bacia de Campos e visualização dos principais eventos magmáticos, foram selecionadas algumas unidades cronoestratigráficas relevantes para serem mapeadas nas seções sísmicas. Estas foram:

1. **Topo da Formação Cabiúnas:** Este horizonte constitui o topo dos basaltos formadores do embasamento econômico da Bacia de Campos. Seu mapeamento é fácil nas regiões mais rasas, porém se torna cada vez mais complexo à medida que se ruma em direção ao oceano profundo, devido à atenuação do sinal sísmico por causa do espessamento da camada de sedimentos, do surgimento do sal e do corpo vulcânico terciário.
2. **Base da seção evaporítica:** Horizonte simples de ser mapeado em grande parte da área de estudo e com boa continuidade lateral. Nas partes mais proximais, corresponde a um pico branco bem destacado, porém muda de polaridade à medida que a camada de sal se espessa no sentido do oceano profundo. Este horizonte separa dois tipos distintos de deformação tectônica, falhas normais da fase rifte e falhamentos lístricos da fase drifte.
3. **Topo da seção evaporítica:** Outro horizonte simples de ser mapeado em grande parte da área de estudo e corresponde a um pico preto.
4. **Topo do Grupo Macaé:** Corresponde a um refletor positivo, ou seja, um pico preto, devido à alta densidade das rochas carbonáticas, além do aumento da velocidade da onda acústica. Complicado de ser mapeado nas áreas em que sofreu com a halocinese.
5. **Base das rochas vulcânicas terciárias:** Em diversas ocasiões, seu mapeamento não é tão simples, pois o sinal sísmico pode sofrer muita

dispersão e absorção ao atravessar a sequência vulcano-sedimentar sobrejacente.

6. **Topo das rochas vulcânicas terciárias:** Superfície bastante irregular, apresentando diversas estruturas individualizadas no formato de vulcões, mapeada como o topo do padrão sísmico descrito anteriormente.
7. **Discordância do Eoceno Médio / Biozona N-440:** Superfície discordante, com a presença de um paleo-canyon preenchido por sedimentos clásticos, que podem chegar a 300 m de espessura. Seu mapeamento é fácil e está presente em boa parte da área de estudo. O edifício vulcânico terciário foi fundamental para a orientação deste paleo-cana.
8. **Discordância do Eoceno Médio / Biozona N-447:** Representa uma superfície discordante com a presença de um paleo-canyon. Seu mapeamento é fácil e está presente por quase toda a área estudada. Este paleo-canal é bastante profundo, chegando a possuir 500 m de sedimentos e a erodir parte do paleo-canal mencionado no item anterior.
9. **Topo do Oligoceno Inferior:** Excelente refletor, rastreável por toda a área de estudo. Corresponde a uma superfície de *downlap* em alguns locais.
10. **Topo do Mioceno Médio:** Este horizonte é facilmente rastreável por toda a área de estudo e representa uma discordância que separa dois estágios sedimentares distintos da porção drifte da bacia.
11. **Fundo do mar:** Horizonte bastante fácil de ser mapeado e representativo da batimetria atual.

### 5.3.3 – Apresentação de Mapas e Seções Sísmicas

As rochas vulcânicas possuem uma assinatura bem particular na sísmica (fig. 15). A sismofácies que as caracteriza possui muitas reflexões internas no formato de hipérbolos com alta a baixa angulação, e algumas linhas planares. Em outras regiões estas rochas podem assumir um padrão sísmico próximo do caótico, com refletores com pouca continuidade lateral, ou do transparente, apresentando baixa refletividade.

O topo das rochas vulcano-sedimentares, quase em sua totalidade, corresponde a um refletor preto muito acentuado, devido à alta densidade das rochas extrusivas. Porém, em alguns locais, pode haver inversão em sua polaridade e, sendo assim, passa a ser representado por um refletor de pico branco. Isso, provavelmente, se dá pelo fato da camada superior das rochas vulcânicas ter sido alterada por razões geológicas, como intemperismo e erosão, caso ela tenha sido exposta à superfície, ou possuir gás, oriundo do próprio magmatismo, aprisionado em seus poros.

O horizonte referente à base das rochas vulcânicas é consideravelmente mais plano em grande parte da área mapeada. Entretanto, em alguns locais, este se encontra bastante irregular por ter sofrido com a halocinese ou com as intrusões de corpos magmáticos abaixo de si.

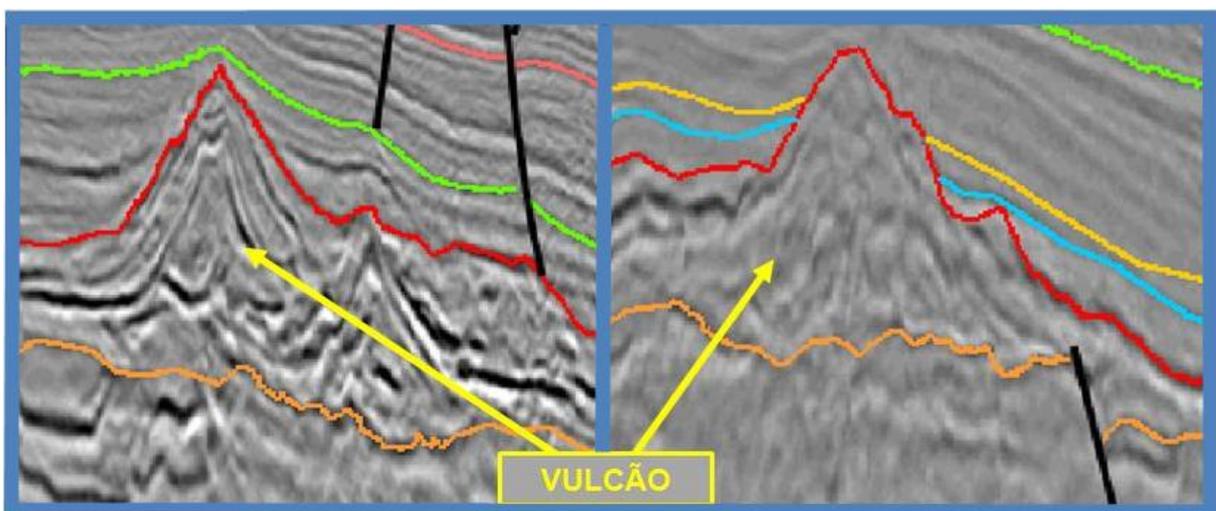


Fig. 15 – Assinatura sísmica das rochas vulcânicas.

As figuras 16, 17, 18 e 19 representam as seções sísmicas selecionadas com a finalidade de mostrar os eventos de maior relevância ocorridos na área de estudo, em especial, o magmatismo terciário.

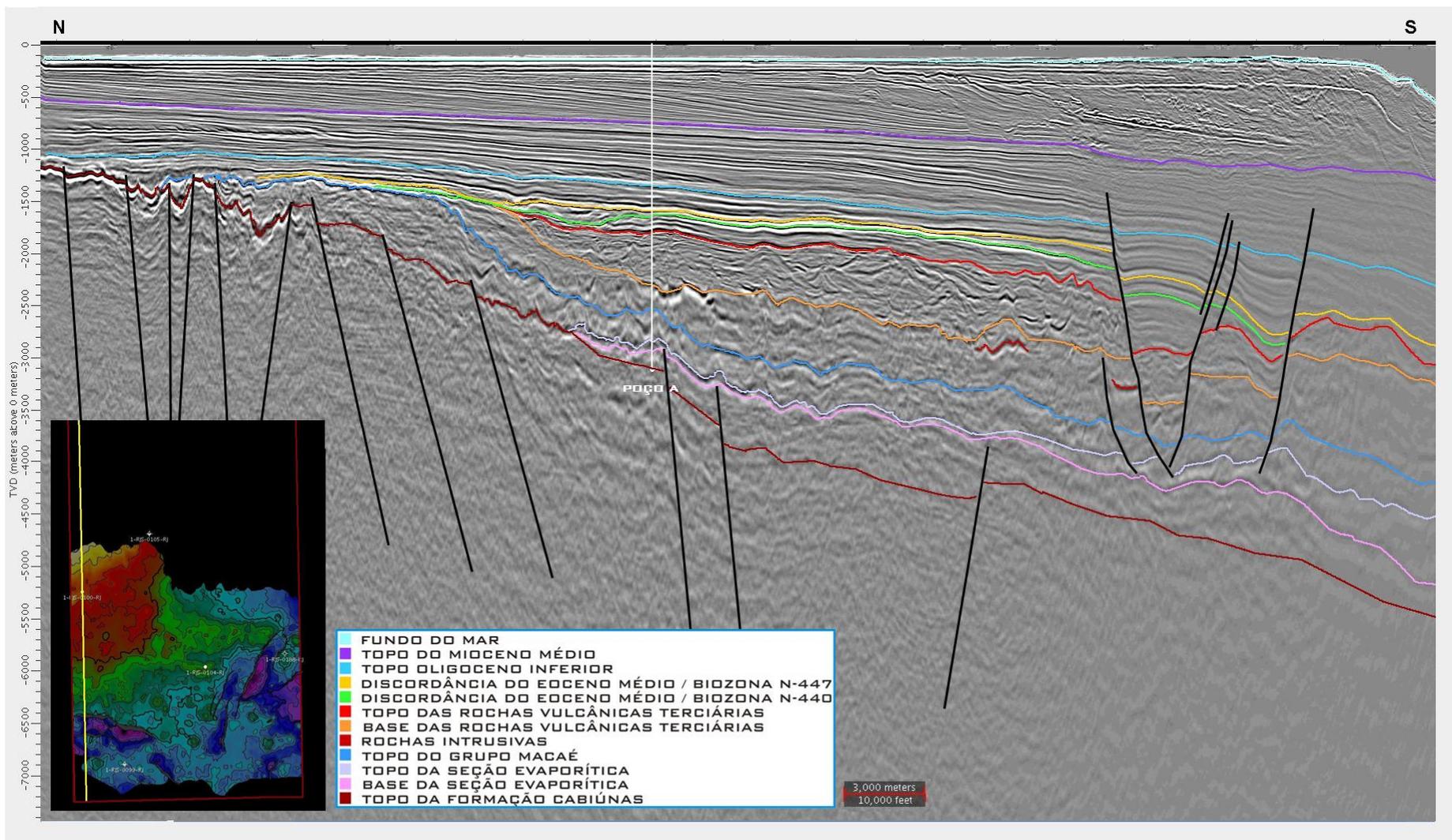


Fig. 16 – Seção sísmica 1 (N-S).

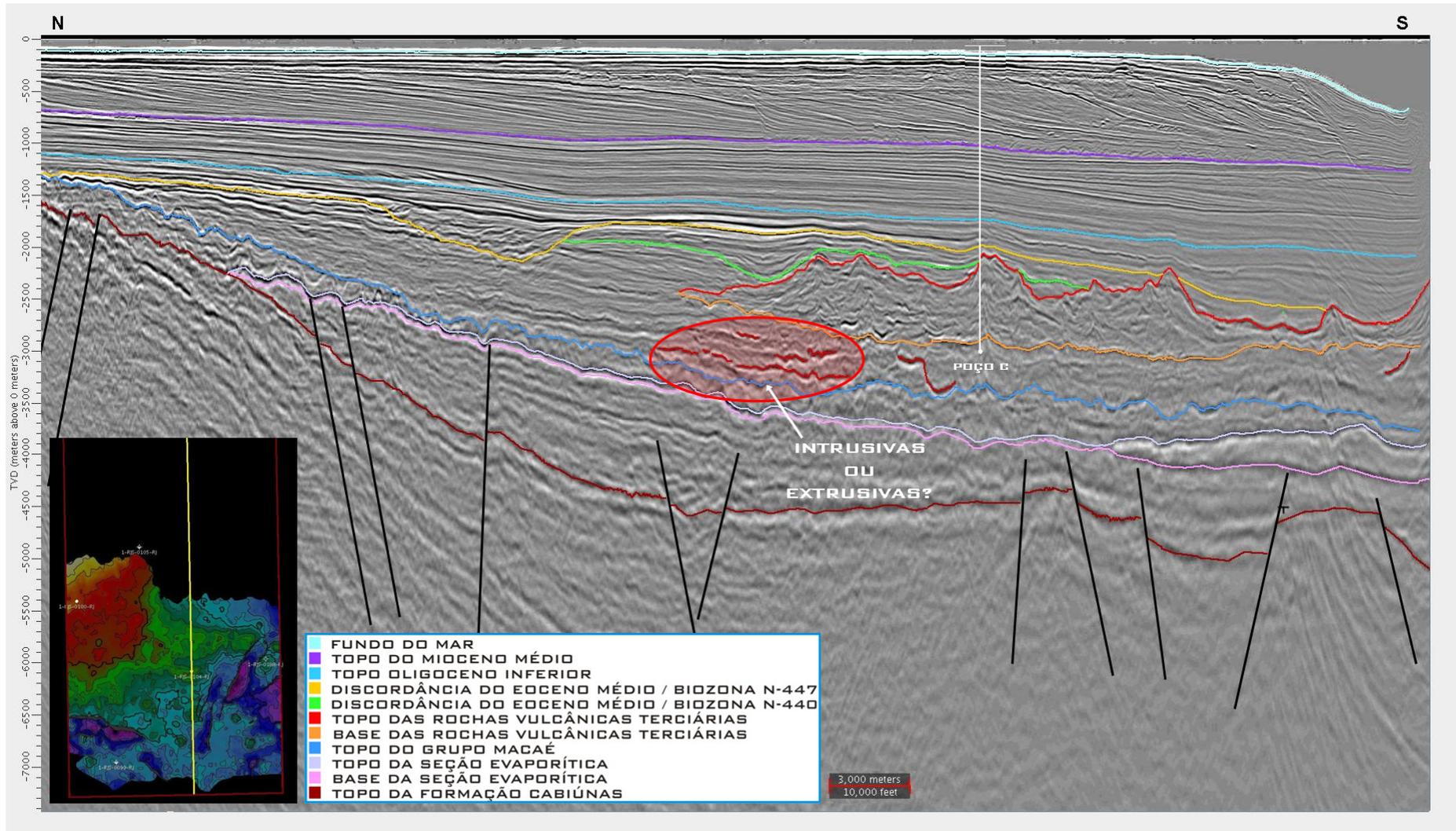


Fig. 17 – Seção sísmica 2 (N-S).

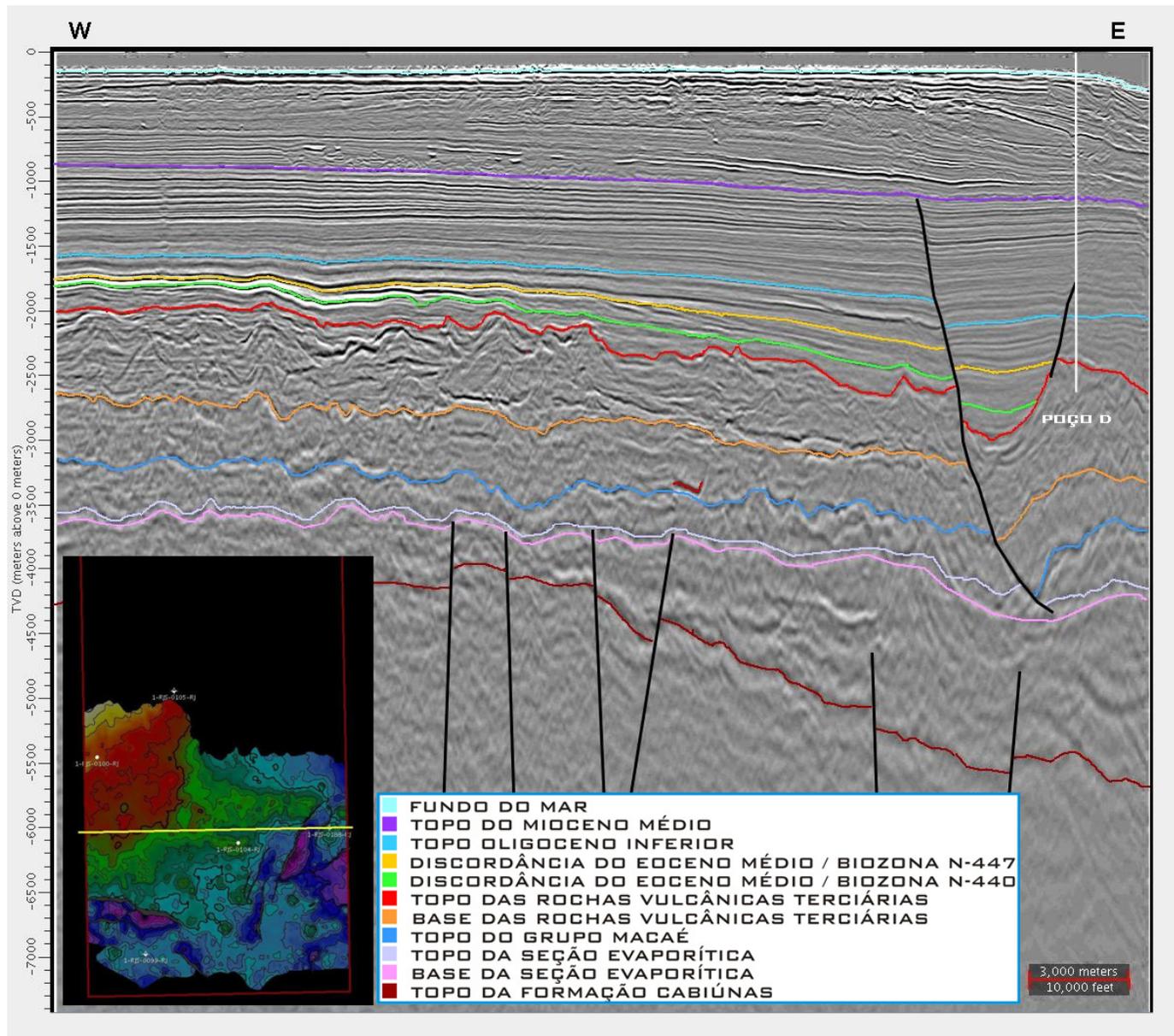


Fig.18 – Seção sísmica 3 (W-E).

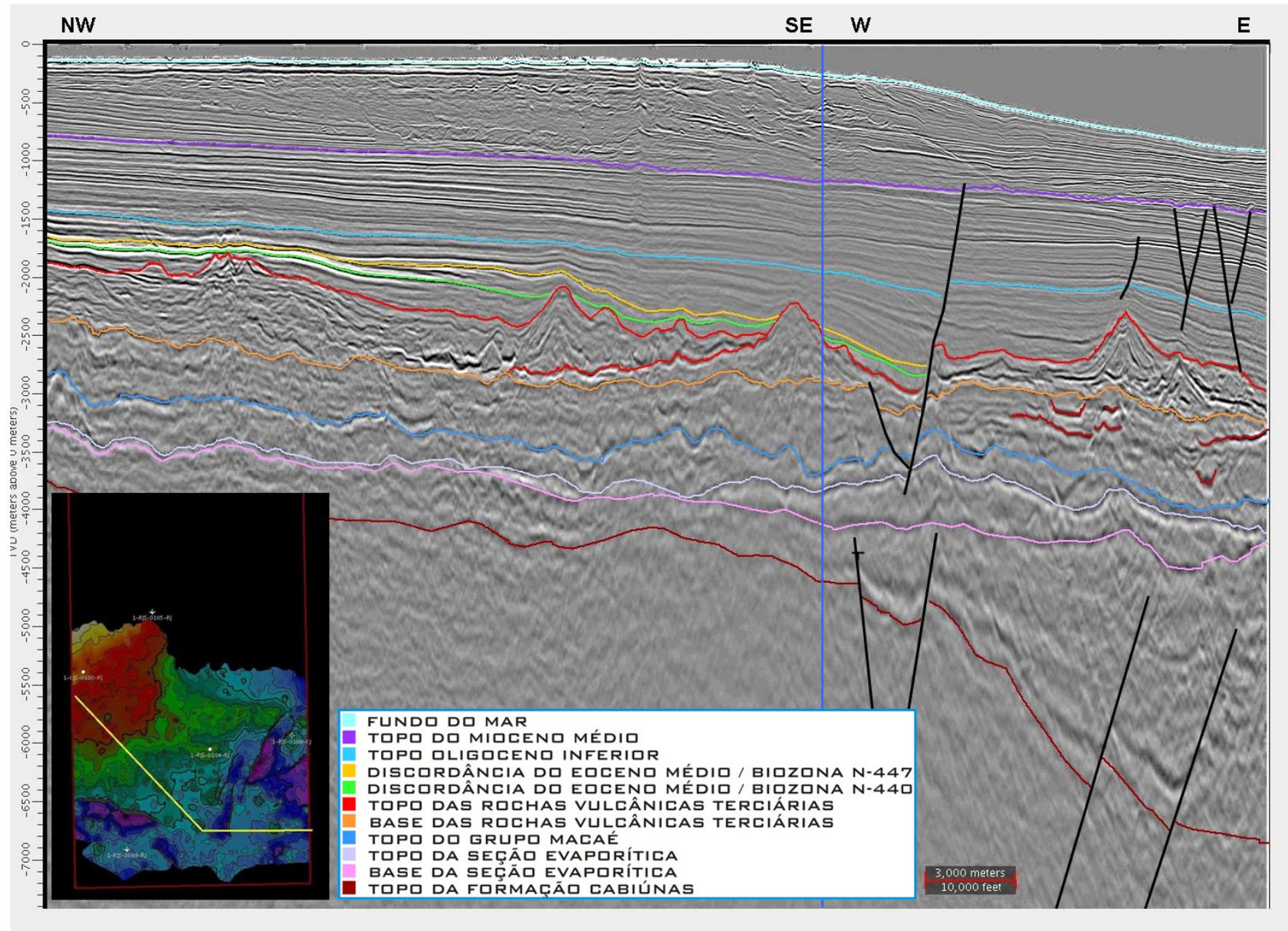


Fig. 19 – Seção sísmica 4 (linha arbitrária).

As seções sísmicas apresentadas ilustram as principais características da Bacia de Campos, ou seja, uma bacia de margem divergente, caracterizada por falhas normais e que evoluiu através de diferentes estágios tectono-sedimentares.

Seus sedimentos são de origem continental e marinha e podem ter até 6.000 m de espessura na área mapeada. Além de rochas siliciclásticas e carbonáticas, encontram-se evaporitos e rochas magmáticas extrusivas e intrusivas.

A fase rifte é caracterizada pela presença de inúmeras falhas normais sintéticas e antitéticas que cortam seu embasamento e os sedimentos depositados durante este estágio.

A fase transicional é representada pelo sal, que começa a se espessar na porção sul da área de estudo. Sua movimentação ocasionou os falhamentos lítricos vistos na porção drifte da bacia. Estes falhamentos podem se estender do Albiano ao Mioceno Médio.

Os sedimentos depositados na fase drifte formam uma camada bastante espessa, onde foi possível reconhecer ambientes regressivos e transgressivos de deposição. Também nesta porção da bacia, encontraram-se dois paleo-canyons, representados por discordâncias do Eoceno Médio (seção sísmica 2, fig. 17). Estes paleo-canyons são bastante profundos, podendo chegar a ter 500 m de espessura de sedimentos posteriormente depositados em seu interior e erodir sedimentos de idade paleocênica.

Além disso, as seções sísmicas evidenciam *mounds* vulcânicos interligados, formando um grande edifício magmático localizado na porção drifte da bacia.

O edifício vulcânico apresenta claras divisões no interior, evidenciadas na seção sísmica 4 (fig.19). Esta e outras divisões, mapeáveis ao longo do cubo sísmico, reforçam a idéia de que este magmatismo ocorreu em pulsos, alternando épocas de quiescência e atividade extrusiva. Analisando o dado sísmico, juntamente com os dados dos poços, acredita-se que estes períodos de quiescência magmática possibilitaram a deposição dos sedimentos siliciclásticos e carbonáticos encontrados intercalados com tufos e basaltos nos perfis compostos dos poços utilizados.

Por fim, foram interpretados alguns refletores positivos muito acentuados, com pouca continuidade lateral, distribuídos pelos estratos do Albiano até o

Maastrichiano. Pelo posicionamento e geometria, alguns deles foram interpretados como diques e soleiras relacionados ao evento extrusivo sobrejacente, de forma que possam ter servido como condutos alimentadores (*feeders*). Entretanto, sendo a sísmica a única ferramenta utilizada nesta ocasião, não foi possível garantir que alguns destes refletores não representassem um derrame de lavas basálticas mais fluidas ocorrido durante o Cretáceo. Esta dúvida ocorre, por exemplo, na seção sísmica 2 (fig.17).

Interpretando os dados sísmicos em toda a área de estudo, foi possível gerar os mapas referentes ao topo (fig. 20) e à base (fig. 21) da sequência vulcano-sedimentar estudada.

As rochas vulcânicas terciárias estendem-se por quase toda a área de estudo, possuindo aproximadamente 985 km<sup>2</sup>, o que corresponde a mais de 60% do cubo sísmico 3D. Claramente, elas têm continuidade para fora do bloco nos sentidos leste, oeste e sul. Entretanto, os horizontes referentes ao topo e à base das rochas vulcânicas não estão interpretados até o limite sul do cubo sísmico, por falta de dados na borda do mesmo.

Ao se subtrair o mapa do topo pelo da base da sequência vulcano-sedimentar, obteve-se o mapa de isópacas (fig. 22), ou seja, mapa representativo da espessura da sequência vulcano-sedimentar. Com este mapa, fica fácil identificar a localização dos principais corpos vulcânicos e sua orientação preferencial. Os cones vulcânicos, que podem ultrapassar 1000 m de relevo relativo, estão dispostos, em sua maioria, na direção E-W.

Além disso, o mapa de isópacas possibilitou efetuar o cálculo do volume de material extravasado. Existem, aproximadamente, 438 km<sup>3</sup> de rochas vulcânicas na área de estudo, com espessura média de 445 metros.

Os mapas gerados evidenciaram que a área de estudo localiza-se em uma região de mudança na orientação de estruturas na Margem Continental Brasileira, uma vez que o Alto de Cabo Frio representa o limite entre as bacias de Campos e Santos. À medida que se ruma para leste, nota-se a mudança de E-W para NE-SW na orientação preferencial das falhas.

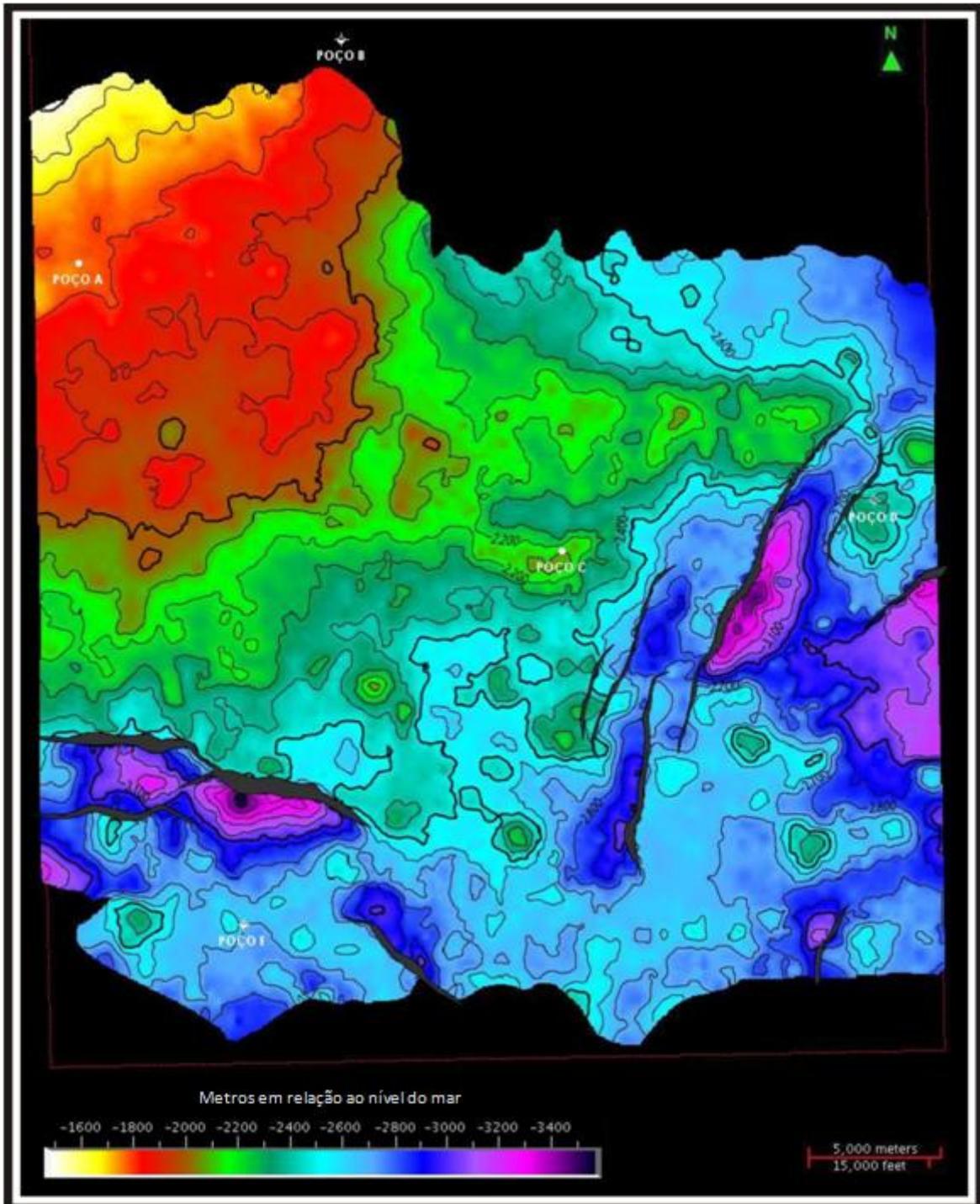


Fig. 20 – Mapa estrutural referente ao topo da sequência vulcano-sedimentar.

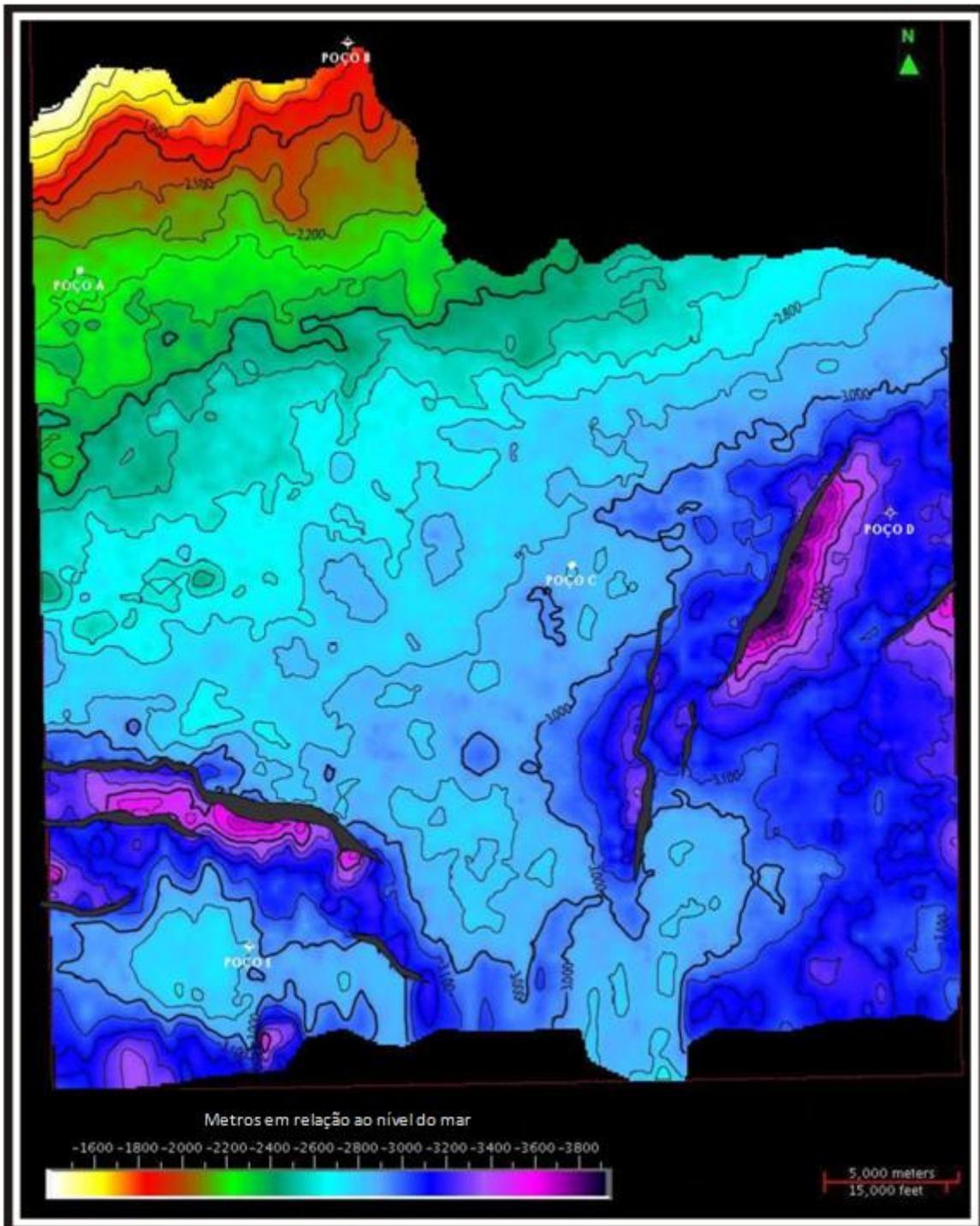


Fig. 21 – Mapa estrutural referente à base da sequência vulcano-sedimentar.

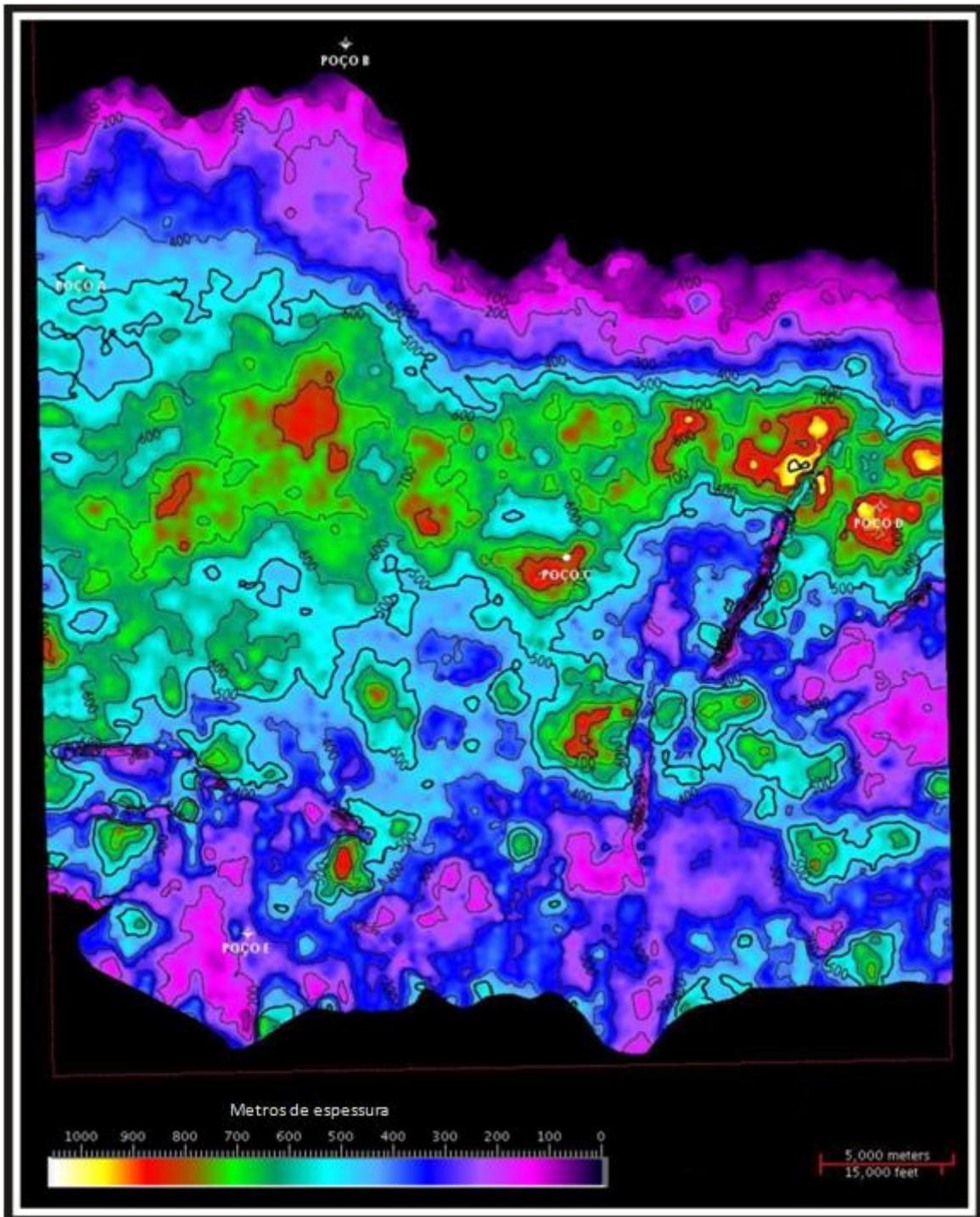


Fig. 22 - Mapa de espessura das rochas vulcano-sedimentar.

## 6 – CONCLUSÕES

O Alto de Cabo Frio é uma elevação do embasamento que separa as bacias de Campos e Santos. A região onde esta feição estrutural se encontra possui particularidades em sua evolução tectono-sedimentar quando comparada às bacias adjacentes. Entre estas particularidades, destacam-se as inúmeras ocorrências de falhas antitéticas nas seções sedimentares rifte e drifte, e o intenso magmatismo do Terciário, responsável pela criação de um grande edifício vulcânico e pela intrusão de diques e soleiras pelos estratos sedimentares do Albiano ao Maastrichiano.

Este evento magmático teve início no Paleoceno, culminando e terminando no Eoceno Médio. O corpo vulcânico gerado estende-se pelo sul da Bacia de Campos e norte da Bacia de Santos.

Acredita-se que o vulcanismo tenha ocorrido de maneira intermitente e recorrente, de forma que tenha possibilitado a deposição de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos nos períodos de quiescência magmática. Os argumentos que sustentam esta teoria é a presença deste tipo de intercalação litológica na coluna sedimentar perfurada por poços localizados nesta área e a presença de divisões dentro da sismofácies referente ao edifício vulcânico terciário, caracterizando eventos extrusivos distintos.

Embora não se tenha registros de estruturas tipo *pillows* nas amostras de perfuração, acredita-se que o vulcanismo tenha ocorrido sobre uma lâmina d'água rasa, possibilitando que alguns cones vulcânicos emergissem à superfície na forma de ilhas. Sendo assim, a parte emersa teria sido alterada por efeito do intemperismo e erosão, modificando sua assinatura sísmica, como visto durante o mapeamento.

Apenas com a interpretação sísmica, detecta-se grande predominância de eventos extrusivos sobre os intrusivos. Entretanto, em alguns locais, não é possível diferenciar soleiras de diabásio, de derrames de basaltos mais fluidos. Sendo assim, não foi possível discriminar os condutos alimentadores do vulcanismo (*feeders*) na seção sísmica com precisão e detalhamento.

O vulcanismo, considerado extemporâneo em relação aos eventos de separação dos dois continentes, sugere possibilidades casuais de origem. Seu posicionamento é peculiar por estar entre duas grandes bacias marginais que

representam a passagem de estruturas essencialmente W-E para NE-SW, em transição para o norte, com estruturas essencialmente N-S. Coincidência ou não, o Alto de Cabo Frio está localizado na continuação linear de outro evento extemporâneo do Atlântico Sul que é a estruturação tectono-magmática do Lineamento Cruzeiro do Sul (Kaiser, 1991), de direção, essencialmente, noroeste-sudeste.

## 7 – BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.R. & MIZUSAKI, A.,M. – 1996. Correlação do Magmatismo das Bacias da Margem Continental Brasileira com o das Áreas Emersas Adjacentes. *Revista Brasileira de Geociências* 26(3): 125:138, Junho de 1996.
- ASMUS, H.E & PONTE, F.C. – 1973. The Brazilian Marginal Basins, *in*: Nairn, A.E; Stehli, F.G. (Ed.) *The Ocean Basins and Margins: The South Atlantic*. New York: Plenum, 1973. V.1, p. 87-132.
- BURDA, F. & CALAZANS, M. – 2001. Padrão Sísmico das Vulcanoclásticas e Ígneas Básicas na Área Sul da Bacia de Campos *in* Seminário de Interpretação Exploratória. 3. 2001, Natal, RN. SINTEX. Rio de Janeiro: Petrobras. Depex, 2001. 1 CD-ROM.
- CAINELLI, C. & MOHRIAK, W.U. – 1998. Geology of Atlantic Eastern Brazilian Basins 1998. In: AAPG, International Conference & Exhibition Short Course – Brazilian Geology Part II, Rio de Janeiro, Brazil, 67p, 1998.
- CAINELLI, C. & MOHRIAK, W.U. – 1999. Some Remarks on the Evolution of Sedimentary Basins Along the Eastern Brazilian Continental Margin. *Episodes, Journal of Internacional Geoscience*, 22(3):206-216.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O. & FIGUEIREDO, A.M.F. – 1990. Novos Conceitos sobre o Desenvolvimento das Bacias Marginais do Leste Brasileiro *in* Raja Gabaglia, G.P. & Milani, E.J. (Ed.) *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. P(269-289). PETROBRAS. Rio de Janeiro. Brasil.
- CHANG, H.K.; KOWSMANN, R.O.; FIGUEIREDO, A.M.F. & BENDER, A.A. – 1992. Tectonics and stratigraphy of the east Brazil rift system: an overview, *Tectonophysics*, 213:97-138.
- CHANG, H.K. *et al.* – 2006. *Interpretação e Mapeamento dos Sistemas Petrolíferos da Bacia de Campos*. ANP/UNESP/LEBAC. Brasil.
- CONCEIÇÃO, L.F.G.; MIZUSAKI, A.M.P.; ALVES, D.B. & SZATMARI, P. – 1994. Controle Tectônico do Magmatismo Meso-Oceânico no Sul e Sudeste do Brasil e seu Papel na Evolução das Bacias Sedimentares. Fase I: Bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. SUPEP. DIVEX. SETEC. 1994. Relatório Interno.
- DAVISON, I. – 2007. Geology and Tectonics of the South Atlantic Brazilian Salt Basin *in* RIES, A.C.; BUTLER, R.W.H. & GRAHAM, R.H. (Ed.) *Deformation of the Continental Crust: The Legacy of Mike Coward*. Geological Society, London, Special Publications, **272**, 345–359.
- DIAS, J.L.; SCARTON, J.C.; GUARDADO, L.R.; ESTEVES, F.R. & CARMINATTI, M. – 1990. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos *in* Raja Gabaglia, G.P. & Milani, E.J. (Ed.) *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares* p(333-360). PETROBRAS. Rio de Janeiro. Brasil.

- FODOR, R.V.; MCKEE, E.H. & ASMUS, H.E. – 1983. K-Ar Ages of the South Atlantic Ocean: Basaltic Rock from The Brazilian Margin. *In Marine Geology*, 54 (1983/1984) M1-M8, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Holanda.
- GORINI, M.A.; SILVA, C.G.; SOUZA, E.A. & BASTOS, A.C. – 1998. Evaluation of deep-water submarine hazards at Campos Basin, Brazil *in Offshore Technology Conference*, Houston, Texas, EUA. Proceeding of the O.T.C. 86944, p(133-141), 1998.
- GUARDADO, L.R.; SPADINI, A.R.; BRANDÃO, J.S.L.; MELLO, M.R. – 2000. Petroleum System of the Campos Basin, Brazil. In: Mello, M. R. & Katz, B. J. (Ed.) *Petroleum systems of the South Atlantic Margins*. Tulsa, AAPG, (Memoir 73), 317-324.
- MACEDO, J.M.; BACOCOLI, G.; GAMBOA, L.P. – 1991. O Tectonismo Meso-Cenozóico da Região Sudeste. Atas – 2º Simp. Geol. Sudeste – SBG/SP-RJ, São Paulo, p(429-431), 1991.
- MILANI, E.J. (Ed.) *et al.* – 2007. Bacias Sedimentares Brasileiras – Cartas Estratigráficas *in Boletim de Geociências da Petrobras* nº2, vol.15. PETROBRAS. Rio de Janeiro.
- MIZUSAKI, A.M.P.; THOMAZ FILHO, A.; VALENCA, J. – 1988. Volcanosedimentary Sequence of Neocomian Age in Campos Basin (Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, 18(3):247-251.
- MIZUSAKI, A.M.P. & MOHRIAK, W.U. – 1992. Seqüências Vulcano-Sedimentares na Região da Plataforma Continental de Cabo Frio, RJ. *Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, Resumos Expandidos*, São Paulo, SP, v. 2, p. 468-469.
- MIZUSAKI, A.M.P.; PETRINI, R.; BELIENI, G.; COMINCHIARAMONTI, P.; DIAS, J.; MIN, A. & PICCIRILLO, E. – 1992. Basalt Magmatism along the Passive Continental Margin of the SE Brazil (Campos Basin). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Inglaterra, v. 111, p. 143-160.
- MIZUSAKI, A.M.P.; THOMAZ-FILHO, A. & CESERO, P. – 1998. Ages of the Magmatism and the Opening of the South Atlantic Ocean. *Pesquisas*, 25(2):47-57.
- MIZUSAKI, A.M.P. & ROISEMBERG, A. – 2001. *Petrologia de Rochas Vulcânicas Aplicada a Bacias Sedimentares*. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - apostila).
- MOHRIAK, W.U. & BARROS, A.Z. – 1990. Novas Evidências de Tectonismo Cenozóico na Região Sudeste do Brasil: o Gráben de Barra de São João na Plataforma Continental de Cabo Frio, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 20 (1-4), p. 187 - 196.
- MOHRIAK, W.U.; MACEDO, J.M.; CASTELLANI, R.T.; RANGEL, H.D.; BARROS, A.Z.N.; LATGÉ, M.A.L.; RICCI, J.A.; MIZUSAKI, A.M.P.; SZATMARI, P.; DEMERCIAN, L.S.; RIZZO, J.G. & AIRES, J.R. – 1995. Salt tectonics and structural styles in the deep-water province of the Cabo Frio region *in Jackson, M.P.A.; Robert; D.J. & Snelson, S. (editors) Salt Tectonics: A Global Perspective: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Memoir*, 65:273-304. Rio de Janeiro, Brazil.

- MOHRIAK, W.U.; GUIMARÃES, P.V.; GUEDES, E.; MANSUR, K. & MEDEIROS, F. - Arraial do Cabo / Cabo Frio - Limite entre as Bacias de Campos e de Santos - Alto de Cabo Frio Disponível em: <<http://www.drm.rj.gov.br/item.asp?chave=137>>, 02 de junho de 2010.
- MOREIRA, J.L.P.; MADEIRA, C.V.; GIL, J.A. & MACHADO, M.A.P. – 2007. Bacia de Santos *in* Boletim de Geociências da Petrobras nº2, vol.15. PETROBRAS. Rio de Janeiro.
- OREIRO, S.G. – 2002. Magmatismo e Sedimentação em uma Área na Plataforma Continental de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil, no Intervalo Cretáceo Superior – Terciário. Dissertação de Mestrado, UERJ, Rio de Janeiro, 94 p.
- OREIRO, S.G. – 2006 Magmatismo e Sedimentação em uma Área na Plataforma Continental de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil, no intervalo Cretáceo Superior – Terciário *in* Boletim de Geociências da Petrobras, v.14, n.1, p.95-112, nov. 2005/maio 2006. Rio de Janeiro.
- OREIRO, S.G.; CUPERTINO, J.A.; SZATMARI, P. & THOMAZ-FILHO, A. – 2008. Estudo sobre o Magmatismo no Limite entre as Bacias de Campos e de Santos. Rio de Janeiro.
- PEDRO, A.J. – 2005. Utilização da Sismoestratigrafia no Estudo da Atuação do Alto de Cabo Frio sobre a Sedimentação na Porção Sul da Bacia de Campos. UFF. Niterói. Dissertação de Mestrado.
- PONTE, F.C.; ASMUS, H.E. – 1976. The Brazilian Marginal Basins: Current State of Knowledge. Brasil.
- RANGEL, H.D. – 2005. Manifestações Magmáticas na Parte Sul da Bacia de Campos (Área de Cabo Frio) e na Bacia de Jequitinhonha *in* Boletim de Geociências da Petrobras v. 14, n. 1, p. 155-160, nov. 2005/maio 2006. Rio de Janeiro.
- RANGEL, H.D.; MARTINS, F.A.L.; ESTEVES, F.R. & FEIJÓ, F.J. – 1994. Bacia de Campos *in* Boletim de Geociências da Petrobras nº1, vol.8. PETROBRAS. Rio de Janeiro, Brasil.
- SANDWELL, D.T. & SMITH, W.H.F. – 1997. Marine gravity anomaly from Geosat and ERS-1 satellite altimetry. *J. Geophys. Res.*, 102:10039-10050.
- SCARTON, J.C. – 1993. Análise Estratigráfica do Terciário Inferior da Bacia de Campos – Uma Visão Moderna (com Ênfase na Região dos Campos Petrolíferos de Corvina e Malhado). Tese de Doutorado, IG/UFRGS, 2vol. 403 p.
- SCHALLER, H. – 1973 Estratigrafia da Bacia de Campos *in*: Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracajú, 1973. Anais... Aracajú, SBG, Volume 3, p(247 – 258), 1973.
- SOUZA, K.G – 1991. A Margem Continental Sudeste Brasileira e as Regiões Oceânicas Adjacentes - Estrutura e Evolução. Universite de Paris (Pierre et Marie Curie). França. Tese de Doutorado.
- SOUZA, K.G.; FONTANA, R.L.; MASCLE, J. & MACEDO, J. – 1993 – The Southern Brazilian Margin: an Example of South Atlantic Volcanic Margin. *In*: Anais do 3º Congresso internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica. SBGF, Rio de Janeiro, v.2: p(1336-1341), 1993.

- SOUZA-LIMA, W. & HANSI JUNIOR, G.P. – 2003. Bacias Sedimentares Brasileiras. Fundação Paleontológica Phoenix. Ano 5, nº50 Disponível em: [http://phoenix.org.br/Phoenix50\\_Fev03.html](http://phoenix.org.br/Phoenix50_Fev03.html) > 5 de dezembro de 2009.
- STANTON, N.; MELLO, S.L.M. & SICHEL, S.E. – 2006. Morfoestrutura da Cordilheira Mesoceânica no Atlântico entre 0° e 50°S *in* Revista Brasileira de Geofísica. UERJ. UFF. Rio de Janeiro.
- SZATMARI, P.; GUERRA, M.C.M. & PEQUENO, M.A. – 1996. Genesis of Large Counter-Regional Normal Fault by Flow of Cretaceous Salt in the South Atlantic Santos Basin, Brazil *in* Alsop, G.I., Bundell, D.J., Davinson, I., eds. Salt Tectonics, Geological Society Publ. House, Bath, England.
- THOMAZ-FILHO, A.; MIZUSAKI, A.M.P.; MILANI, E.J. & CESERO, P. – 2000. Rifting and Magmatism Associated with the South América and África Break Up *in* Revista Brasileira de Geociências, 30(1):017-019.
- THOMAZ-FILHO, A.; MIZUSAKI, A.M.P. & ANTONIOLI, L. – 2008. Magmatismo nas bacias sedimentares brasileiras e sua influência na geologia de petróleo *in* Revista Brasileira de Geociências, volume 38 (2 - suplemento), 2008. Rio de Janeiro.
- WANDERLEY FILHO, J.R.; TRAVASSOS, W.A.S. & ALVES, D.B. – 2006. O diabásio nas bacias paleozóicas amazônicas – herói ou vilão? *in* Boletim de Geociências da Petrobras. V.14, n.1, p.177-184, nov2005/maio2006. Rio de Janeiro.
- WINTER, W.R.; JOHNERT, R.J. & FRANÇA, A.B. – 2007. Bacia de Campos *in* Boletim de Geociências da Petrobras nº2, vol.15. PETROBRAS. Rio de Janeiro.
- VIDAL, A.C. *et al.* – 2003. Interpretação e Mapeamento dos Sistemas Petrolíferos da Bacia de Santos. ANP/UNESP/LEBAC. Brasil.
- [http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/pg\\_placa.php?p=45](http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br/pg_placa.php?p=45), última visita em 26 de novembro de 2009.
- [http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round2/Pdocs/Pbacias/Pbacia1/PB1secgeo .htm](http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round2/Pdocs/Pbacias/Pbacia1/PB1secgeo.htm), última visita em 5 de dezembro de 2009.
- [http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/Petrobras/portugues/plataforma/pla\\_bacia\\_ca\\_mpos.htm&lang=pt&area=apetrobras](http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/Petrobras/portugues/plataforma/pla_bacia_ca_mpos.htm&lang=pt&area=apetrobras), última visita em 10 de dezembro de 2009.
- [http://www.acd.ufrj.br/multimin/mmp/textos/cap5p/fig\\_4.htm](http://www.acd.ufrj.br/multimin/mmp/textos/cap5p/fig_4.htm), última visita em 7 de junho de 2010.
- <http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round3/index.html>, última visita em 9 de junho de 2010.
- <http://www.vulcanoticias.hpg.ig.com.br/dic.html>, última visita em 2 de julho de 2010.
- <http://www.solarviews.com/portug/terms.htm>, última visita em 2 de julho de 2010.