

ZONA DE FRATURA DE VITÓRIA-TRINDADE NO OCEANO ATLÂNTICO SUDESTE E SUAS IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS

Eliane da Costa Alves¹, Márcia Maia², Susanna Eleonora Sichel³ e Cristina Maria Pinheiro de Campos⁴

Recebido em 6 maio, 2005 / Aceito em 17 março, 2006
Received on May 6, 2005 / Accepted on March 17, 2006

ABSTRACT. The integration of geological and geophysical data allowed a better understanding of the inter-relation between the oceanic and continental structure. Tectonic and magmatic phenomena of the Meso-Cenozoic were probably related to the prolongation of oceanic fracture zones into the Brazilian Southeast continental margin. This work will focus on the behaviour of the Vitória-Trindade Fracture Zone (VTFZ). The Vitória-Trindade Fracture Zone (VTFZ), located at 18°40'S in the Mid-Atlantic Ridge (MAR), was defined by seismic, gravity and magnetic isochrones. At the MAR axis the VTFZ corresponds to a second-order discontinuity, with a 6 km axial offset. Away from the ridge axis, potential field data shows a gravimetric depression in E-W direction, which represents the aseismic portion of the VTFZ. Towards the Brazilian Continental Margin there is a series of topographic highs defining the Vitória-Trindade Chain, which is divided into distinct sedimentary thickness and tectonic domains. This area is cut by sills and dikes, indicating tectonic instability, remobilization of faults and strike-slip tectonics which has uplifted the entire sedimentary column, including the oceanic bottom. All of these observations suggest recent oceanic crust reactivation with alternations of compressive and extensional stress associated with volcanism and normal faulting. Geological and geophysical studies, in addition to mapping the earthquakes epicenters, suggest that the continuation of the VTFZ that occurs onland is related to the Vitória High and to tectonic and volcanic activities, which are expressed by the Trindade-Paxoréu/Alto do Paranaíba Alkaline Magmatic and Seismic Lineaments. We propose that the VTFZ acts as a pathway for the magma generated by the Trindade Mantle Plume.

Keywords: Fracture Zone, Southeast Atlantic Ocean, Mid-Atlantic Ridge, Vitória-Trindade Chain, Geotectonics, Volcanism.

RESUMO. A integração de dados geológicos e geofísicos permitiu um melhor entendimento da inter-relação entre estruturas oceânicas e continentais. Fenômenos tectônicos e magmáticos do Meso-Cenozóico do Sudeste Brasileiro podem ter sido condicionados pelo prolongamento das zonas de fratura oceânicas em direção à margem continental. O foco deste trabalho é a evolução da Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT). A Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT), localizada na latitude de 18°40' S na Cordilheira Mesoatlântica (CMA), foi mapeada utilizando-se sísmica de reflexão, gravimetria e isócronas magnéticas. A ZFVT na CMA corresponde a um deslocamento axial em torno de 6 km, configurando uma descontinuidade de segunda ordem. O segmento assísmico da ZFVT é definido por uma depressão gravimétrica de direção E-W. Sua extensão para oeste corresponde à Cadeia Vitória-Trindade, representada por altos topográficos individualizados, que limitam desníveis crustais de mais de 400 m e províncias sedimentares de características e espessuras distintas. Esta região cortada pela intrusão de diques (alguns aflorando na superfície) e *sills*, indica instabilidade tectônica com a movimentação de falhas e ocorrência de estruturas transpressivas (estruturas em flor), elevando toda a coluna sedimentar incluindo o assoalho oceânico. Estas observações sugerem reativações recentes da crosta oceânica com esforços alternantes, ora compressivos ora distensivos, associados a vulcanismos e falhamentos normais. Evidências geológicas e geofísicas, além do mapeamento do alinhamento de epicentros de terremotos, sugerem que o prolongamento da ZFVT está relacionado ao Alto de Vitória e ao tectonismo e magmatismo na porção emersa, representado pelo Lineamento Sismo-Magmático Alcalino Trindade-Paxoréu / Alto do Paranaíba. Propõe-se que a ZFVT atuou e continua atuando como conduto para o magmatismo da Pluma Mantélica de Trindade.

Palavras-chave: Zona de Fratura, Oceano Atlântico Sudeste; Cordilheira Mesoatlântica, Cadeia Vitória-Trindade, Geotectônica, Vulcanismo.

¹Departamento de Geologia / LAGEMAR, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Av. Litorânea, s/n, 4º andar, 24210-340 Gragoatá, Niterói, RJ, Brasil. Tel: 21-26295928; Fax: 21-26295931 – E-mail: eliane@igeo.uff.br.

²CNRS/UMR 6538 Domaines Océaniques, IUEM, Plouzané/France. Tel: 0033-2-98498719 – E-mail: marcia@univ-brest.fr.

³Departamento de Geologia / LAGEMAR, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Av. Litorânea, s/n, 4º andar, 24210-340 Gragoatá, Niterói, RJ, Brasil. Tel: 21-26295920; Fax: 21-26295931 – E-mail: susanna@igeo.uff.br.

⁴Inst. für Mineralogie, Petrologie und Geochemie Ludwig, Maximilians, Univ. München, Alemanha. Tel: 0049-89-21804267 – E-mail: campos@min.uni-muenchen.de

INTRODUÇÃO

O estudo das Zonas de Fraturas Oceânicas (ZFOs) desde a cordilheira mesoceânica até a margem continental revela que estas estruturas desempenham um importante papel no condicionamento tectônico do bordo continental emerso e da margem continental adjacente, incluindo a compartimentação das bacias marginais. A determinação das feições morfo-estruturais das ZFOs no Atlântico Sudeste (Figura 1), envolvendo a margem continental e o bordo continental adjacente, resultou num estudo integrado das informações geológicas e geotectônicas, a partir do qual foi confeccionado um Mapa Estrutural do Atlântico Sudeste e do Bordo Continental Adjacente do Brasil (Figura 2). Este mapa permitiu, além de um melhor entendimento da inter-relação entre estruturas oceânicas e continentais, a verificação de que, ao menos em parte, o magmatismo e o tectonismo Meso-Cenozóico do Sudeste Brasileiro pode ter sido condicionado pelo prolongamento das ZFOs em direção à margem continental (Alves, 2002).

O objetivo deste artigo é apresentar uma discussão detalhada do comportamento morfotectônico da Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT) na Cordilheira Mesoatlântica e na Bacia Oceânica do Brasil, assim como de suas implicações tectônicas na margem continental e no bordo continental adjacente. Neste trabalho é discutida e apresentada uma interpretação atualizada do posicionamento da ZFVT desde a Cordilheira Mesoatlântica até a margem continental, juntamente com imagens sísmicas interpretadas como reativações tectônicas e magmáticas possivelmente associadas a essas estruturas.

Desta maneira, foi possível promover uma análise crítica da evolução ZFVT na crosta oceânica e de suas implicações na gênese e evolução da margem continental, envolvendo o Alto de Vitória (limite das bacias de Campos e Espírito Santo), e o bordo continental adjacente, correspondente ao aqui denominado Lineamento Sismo-Magmático Alcalino de Trindade-Paxoréu / Alto do Paranaíba.

Esta pesquisa foi embasada na análise de dados geológicos e geofísicos de batimetria, isócronas magnéticas, batimetria predita e gravimetria (derivada da altimetria de satélite) e anomalias geoidais obtidos em grande maioria através de bancos internacionais como o NGDC (National Geophysical Data Center). Além destes dados, foram utilizados neste trabalho registros de sísmica de reflexão monocal e multicanal. Os dados de sísmica monocal são oriundos de levantamentos efetuados no âmbito do Projeto REMAC (Projeto de Reconhecimento da Margem Continental Brasileira) e do Projeto CENTRATLAN (NRL, DHN e do LAGEMAR/UFF), adquiridos no banco de dados geofísicos do LAGE-

MAR/UFF (Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense). Os dados de sísmica multicanal, assim como os de gravimetria e magnetometria são procedentes dos levantamentos do Projeto LEPLAC – Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira, coletados em parceria entre a Marinha do Brasil e a PETROBRAS.

ANÁLISE MORFOESTRUTURAL DA ZFVT NA CORDILHEIRA MESOATLÂNTICA

O deslocamento do eixo da Cordilheira Mesoatlântica (CMA) na latitude 18°40'S (Figura 1), foi denominado por Cande et al. (1988) como a Zona de Fratura de Hotspur, sendo renomeada por Alves (2002) como Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT). Anteriormente, Guazelli & Carvalho (1978 e 1981) definiram o alinhamento da Cadeia Vitória-Trindade na Margem Continental Sudeste (Figura 2) como Zona de Fratura de Vitória-Trindade. Alves (2002) mapeando a Zona de Fratura de Hotspur (atualmente ZFVT), a partir de dados geofísicos (batimetria predita, gravimetria ar-livre, isócronas magnéticas e anomalia geoidal) determinou que o seu prolongamento para oeste em direção à margem continental brasileira está associado ao alinhamento da Cadeia Vitória-Trindade (Figuras 1, 2, 3 e 4).

O mapeamento gravimétrico e magnetométrico da ZFVT no eixo da CMA (Figuras 1 e 3) mostra uma descontinuidade de pequeno rejeito (da ordem de 6 km) e a uma diferença de idade de 0,5 Ma entre os rejeitos dos segmentos da CMA. Estas características definidas por este pequeno deslocamento no eixo da cordilheira mostram que a ZFVT corresponde atualmente a uma descontinuidade de segunda ordem ou uma zona discordante, de acordo com a classificação de Grindlay et al. (1991) e Sempéré et al. (1993).

A CMA é caracterizada como um centro de expansão lento. Seu eixo axial é formado por diversos segmentos de acreção crustal, que são separados e deslocados entre si por descontinuidades de primeira ordem (falhas transformantes) e de segunda ordem. O comportamento morfoestrutural dessas descontinuidades ao longo dos segmentos de acreção varia temporalmente, refletindo a variabilidade nos processos de formação da crosta oceânica, no tectonismo e na taxa de expansão do assoalho oceânico.

A partir do eixo da CMA ocorre uma depressão gravimétrica que constitui o segmento assísmico da ZFVT, que se prolonga tanto para leste em direção à margem continental africana quanto para oeste em direção à margem continental brasileira (Figuras 1 e 4). No lado ocidental, este segmento assísmico, definido por uma faixa do embasamento rebaixado em relação ao embasamento

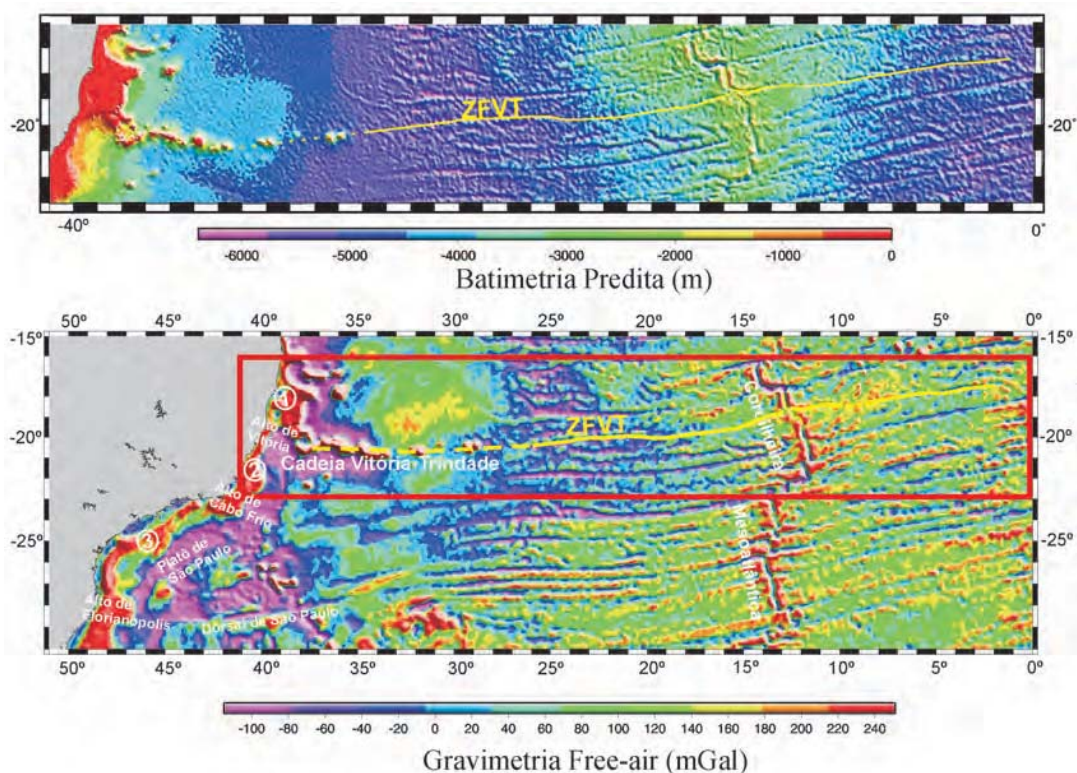


Figura 1 – Mapa Batimetria Predita derivado da altimetria de satélite e dados de navio (Smith & Sandwell, 1997), mostrando o traçado da Zona de Fratura Vitória-Trindade (ZFVT). O retângulo vermelho do Mapa de Gravimetria Ar-livre (Sandwell & Smith, 1997) representa a área de estudo. Os números identificam a localização das seguintes províncias geológicas: 1 - Bacia do Espírito Santo, 2 - Bacia de Campos, 3 - Bacia de Santos.

adjacente, é bastante visível até pelo menos a longitude de 25°W (Figuras 1 e 4).

ANÁLISE SÍSMICA DA ZFVT NA PORÇÃO OCEÂNICA

A análise da sísmica de reflexão na porção oceânica ocidental permitiu caracterizar a parte fóssil da Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT), definida por uma configuração morfotectônica formada por uma calha e um alto do embasamento oceânico alinhado ao sul desta zona de fratura (Figura 5). Esta calha da ZFVT, com relevo em “V” e com profundidade máxima da ordem de 1100 m, representada pelo baixo gravimétrico (Figura 1), se prolonga até a margem continental. Próximo da longitude de 20°W, entre as latitudes de 19° e 20°S, a zona de fratura sofre uma inflexão na sua orientação de um padrão geral E-W para NE-SW, na direção da Cadeia Vitória-Trindade (Figuras 1, 2 e 5). Esta inflexão corresponde ao modelo previsto por Sibuet & Mascle (1978) para as zonas de fratura do Atlântico Sul, em seu modelo cinemático de abertura do Atlântico Sul.

Próximo da longitude de 25°W, entre as latitudes de 20° e

21°S, a calha correspondente ao compartimento morfotectônico da ZFVT encontra-se parcialmente soterrada por sedimentos pelágicos (Figura 5). Esta calha, com desnível médio de 400 m, vai perdendo sua definição topográfica gradativamente para oeste. Sua extensão em direção à margem continental, a partir da longitude de 28°W, corresponde à Cadeia Vitória-Trindade, definida sísmicamente pela continuidade de altos topográficos individualizados característicos de picos vulcânicos (Figuras 6 e 7).

A sismoestratigrafia da ZFVT mostra que a Cadeia Vitória-Trindade (Figuras 6 e 7) limita domínios com sedimentação de características e espessuras sísmicamente distintas (Gorini & Carvalho, 1984), e diferentes profundidades de embasamento. É interessante notar nas figuras 6 e 7, que além do desnivelamento do embasamento, observa-se que os altos submarinos, que representam a cadeia, separam províncias distintas de sedimentação. Ao sul sedimentos de características hemipelágicas são retrabalhados pela AABW (Correntes de Fundo da Antártica), enquanto que ao norte os sedimentos são estritamente terrígenos (Figura 6 - C11-02). Este alinhamento de altos submarinos ao longo da Cadeia Vitória-Trindade, com marcantes desníveis crustais de mais

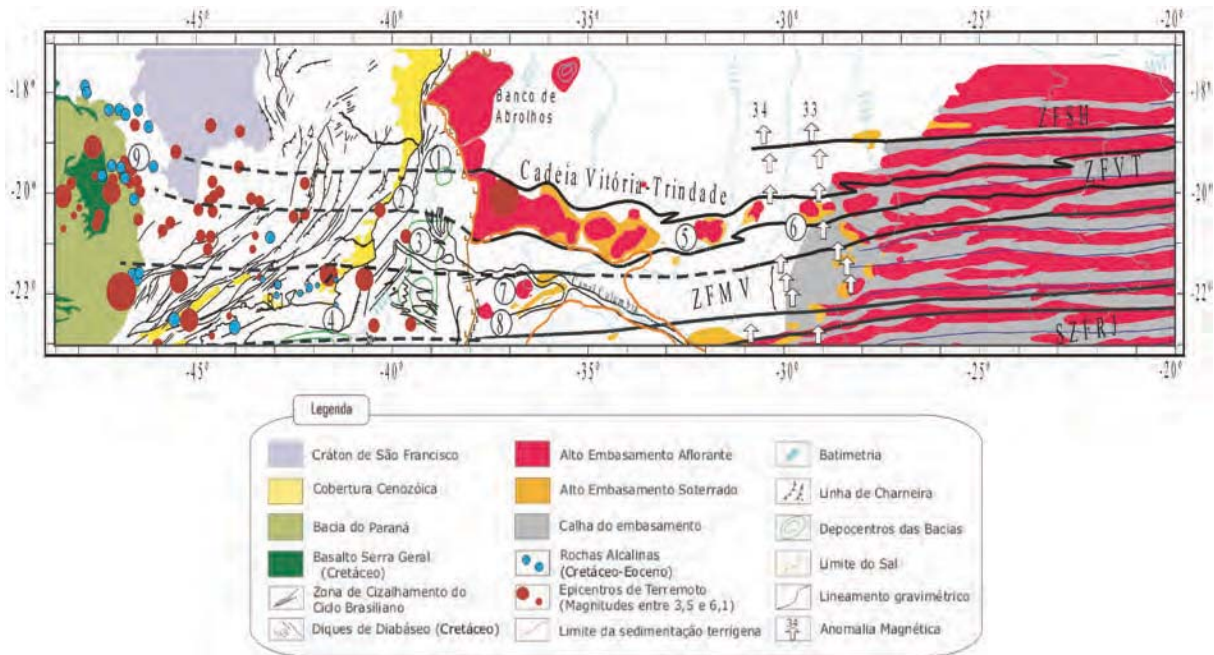


Figura 2 – Mapa Estrutural do Atlântico Sudeste e do Bordo Continental Adjacente do Brasil, modificado de Alves (2002). Neste mapa observa-se o traçado das Zonas de Fratura de Vitória Trindade (ZFVT), de Santa Helena (ZFSH), de Martim Vaz (ZFMV) e de parte do Sistema de Zona de Fratura do Rio de Janeiro (SZFRJ). Os números representam a localização das seguintes províncias geológicas: 1 - Bacia do Espírito Santo, 2 - Alto de Vitória, 3 - Bacia de Campos, 4 - Alto de Cabo Frio, 5 - Monte Submarino Columbia, 6 - Ilhas de Trindade e Martim Vaz, 7 - Monte Submarino São Tomé; 8 - Monte Submarino Almirante Saldanha, 9 - Províncias ígneas de Paxoréu e Alto do Paranaíba. A continuidade para leste do magmatismo alcalino das províncias ígneas de Paxoréu e Alto do Paranaíba passando pelo Alto de Vitória e a Cadeia Vitória Trindade, coincidente com o alinhamento de epicentros de terremotos, representa o Lineamento Sismo-Magmático Alcalino de Trindade – Paxoréu / Alto do Paranaíba.

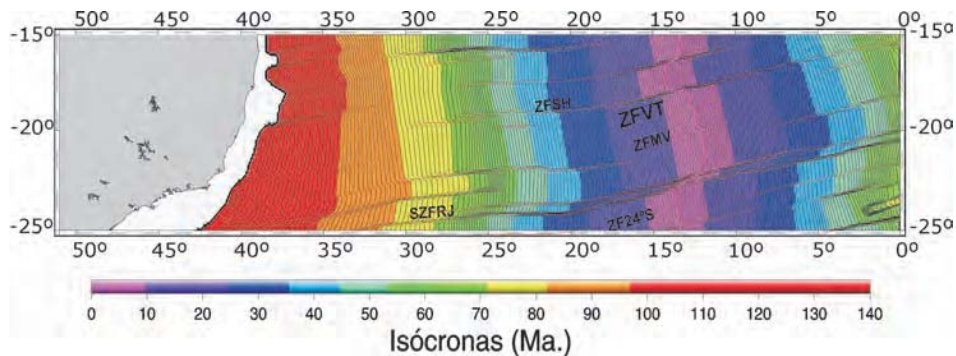


Figura 3 – Mapa de Isócronas da crosta oceânica baseado na magnetoestratigrafia de Muller et al. (1997). Traçado das zonas de fratura de Sta. Helena (ZFSH), Vitória-Trindade (ZFVT), Martim Vaz (ZFMV) e de 24°S (ZF24°S) e o Sistema de Zona de Fratura do Rio de Janeiro (SZFRJ).

de 400 m entre os domínios norte e sul, se reflete também na profundidade do assoalho oceânico (Figuras 6 e 7). No embasamento, o desnível ocorre em degraus que correspondem aos diversos patamares da elevação vulcânica. Observam-se falhamentos com rejeitos normais e reversos, em detalhe em torno do Pt 12500 na linha do LEPLAC 514 (Figura 7) e entre os plotes

horários 17:00 e 20:00 da linha sísmica de monocal de CENTRATLAN H82-VII (Figura 6). A presença desses falhamentos afetando níveis bastante rasos da coluna sedimentar denota uma fase de reativação tectônica mais recente ao longo da ZFVT.

A figura 7 apresenta uma visão detalhada da instabilidade tectônica da ZFVT nessa região da Cadeia Vitória-Trindade,

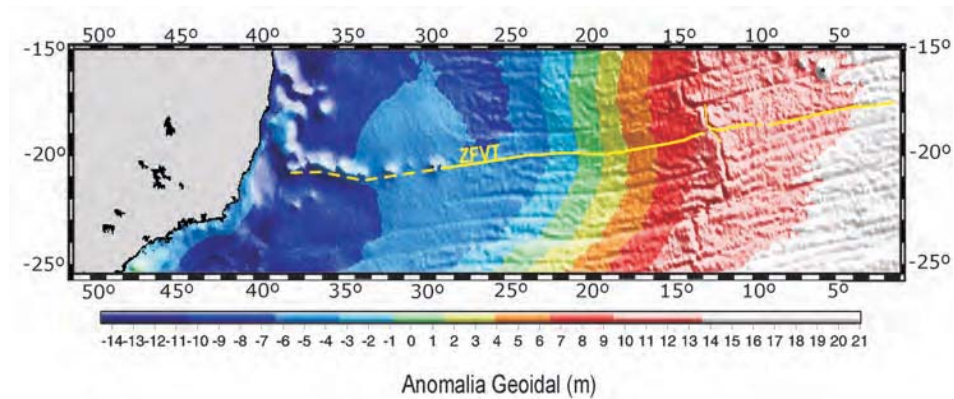


Figura 4 – Mapa de Anomalia Geoidal derivado da altimetria de satélite (Sandwell & Smith, 1997), mostrando uma grande anomalia geoidal ao norte da região. Traçado da Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT).

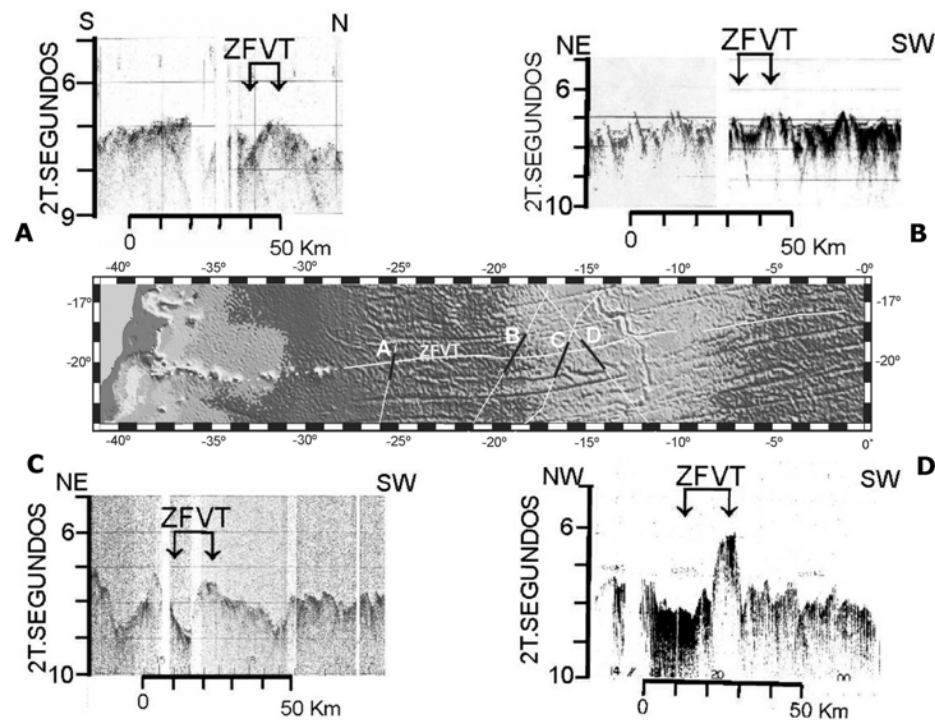


Figura 5 – Perfis de sísmica de reflexão monocanal cruzando a Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT). As linhas sísmicas foram levantadas pelos seguintes navios: Hayes do cruzeiro científico H82-IV (A), Vema através dos cruzeiros V31-01 (B) e V26-04 (C); Conrad através do cruzeiro C08-01 (D).

onde se pode observar além dos falhamentos intensa atividade vulcânica. Este vulcanismo, representado pela intrusão de inúmeros diques, alguns deles aflorando na superfície, e sills, entremeados ao pacote sedimentar, provocou intensa movimentação de toda a cobertura sedimentar da região. Estas intrusões de pequeno porte provavelmente estão intimamente relacionadas a

episódios vulcânicos recentes, assim interpretados por não mostrarem qualquer cobertura sedimentar posterior. Em respaldo a essas afirmações, registros de datações para as ilhas de Trindade e Martim Vaz apresentam idades variáveis de ~ 3, 4 Ma até o Holoceno (Cordani, 1970; Cordani & Blazekovic, 1970; Dalrymple, 1974; Valencio & Mendia, 1974). Portanto, podemos considerar

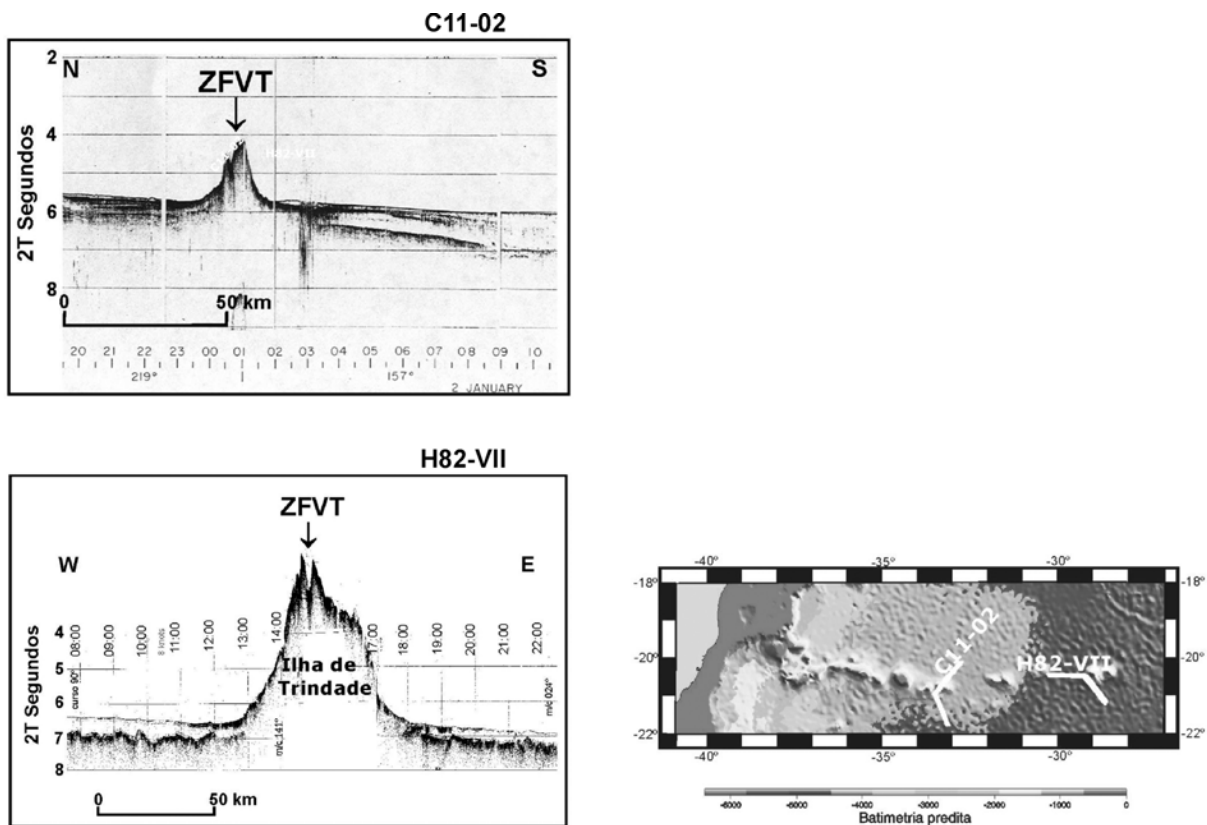


Figura 6 – Os perfis de sísmica de reflexão, cruzando a Zona de Fratura de Vitória – Trindade (ZFVT), mostram províncias de sedimentação com características e espessuras sísmicamente distinta. No perfil C11-02 observa-se o alto submarino, representante da Cadeia Vitória-Trindade, separando domínios de sedimentos terrígenos e hemipelágicos entre os flancos norte e sul da ZFVT. No perfil H82-VII nota-se, além da mudança na profundidade no assoalho oceânico e na espessura do pacote sedimentar (mais de 400 m), falhamentos e intrusões afetando toda a coluna sedimentar.

que as reativações tectôno-magmáticas ainda podem ser atuantes ao longo da ZFVT.

Na figura 8 além do magmatismo e da reativação de antigas falhas distensivas, se observa também estruturas associadas à transpressão, que podem ser possíveis movimentos de *strike-slip* (estruturas em flor). Estas estruturas em flor elevam localmente toda a coluna sedimentar e até o assoalho oceânico, em cerca de 100/m (75 m), numa extensão de aproximadamente 10 km, indicando um tectonismo recente na região.

Movimentações de natureza transpressiva já foram observadas em outras zonas de fratura, como no segmento oriental da Zona de Fratura de Romanche (Lehner & Bakker, 1983; Bonatti et al., 1994), na porção ocidental da Zona de Fratura de São Paulo (Silveira, 1993; Silveira et al., 1994) e no flanco sul da Cadeia de Fernando de Noronha, que teria sua origem vinculada à reativação magmática da Zona de Fratura Chain (Gomes et al., 2000). Estas feições associadas às zonas de fratura oceânicas (ZFOs) já haviam sido anteriormente sugeridas por DeLong et al. (1977) e

Bonatti (1978). Diversas outras estruturas de transpressão que sugerem a atuação de um regime *strike-slip* foram observadas nos registros de sísmica de reflexão que cruzam as ZFOs na margem continental sudeste (Alves, 2002; Alves et al., 2002). Estas feições de movimentações de natureza transpressiva associadas ao magmatismo caracterizam que a ZFVT constitui sítios favoráveis à reativações recentes da crosta oceânica, mostrando uma recorrência sísmica que pode compreender esforços alternantes, ora compressivos ora distensivos, associados a vulcanismos e falhamentos normais.

O prolongamento para oeste da ZFVT (Figuras 1, 2 e 4) na plataforma continental foi anteriormente inferido por Guazelli & Carvalho (1981) através de seu comportamento magnético. Para Gorini & Carvalho (1984), este prolongamento está representado por altos do embasamento soterrado que se confundem com diápiros de sal e muito provavelmente se associam ao Alto de Vitória, que separa as bacias marginais de Campos e Espírito Santo (Figura 2). De acordo com Sobreira (1993), a região do

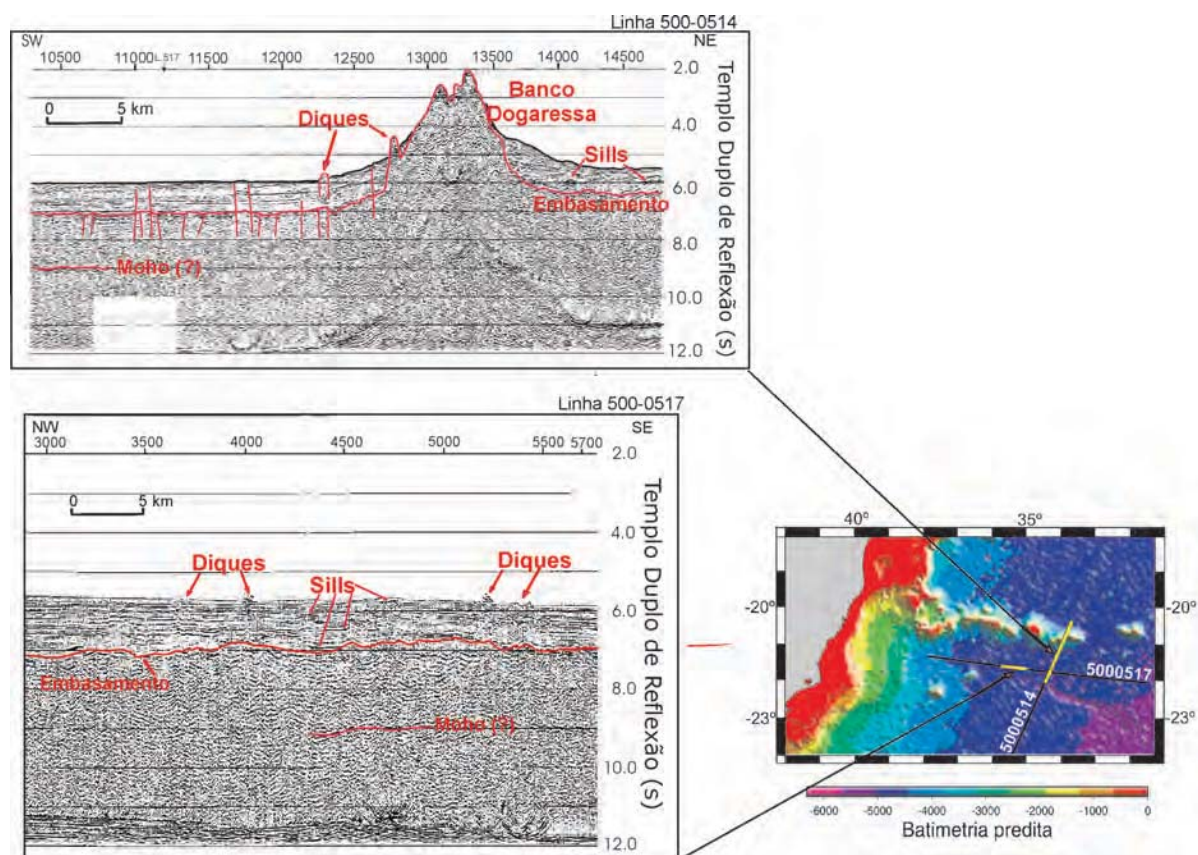


Figura 7 – Os perfis de sísmica de reflexão mostram falhamentos, dobramentos e intrusões do pacote sedimentar circunvizinho à Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT). No detalhe da Linha do LEPLAC 500-0514 se nota o desnível crustal de mais de 400 m e as mudanças nas províncias de sedimentação com características e espessuras sísmicamente distintas, entre os domínios norte e sul da ZFVT.

Alto de Vitória define uma zona de transferência entre a Bacia de Campos e a Bacia do Espírito Santo, capaz de ser periodicamente reativada através de um regime regional de esforço. O limite sul da Bacia do Espírito Santo está definido pelo Banco de Abrolhos, que se constitui numa plataforma anormalmente extensa (240 km de largura, Guazelli & Carvalho, 1981) e por uma crosta bastante estendida ($\beta = 2, 80$, Chang & Kowsmann, 1984). Segundo Sobreira (1993), estas características podem indicar a presença de uma descontinuidade litosférica desde sua implantação.

Coincidente com o prolongamento para oeste da ZFVT, observa-se na Cadeia Vitória Trindade, na plataforma continental e na região do Bordo Continental Sudeste adjacente a presença de um alinhamento de epicentros de terremotos identificados pelo Catálogo de Sismo do IAG/USP (Figura 2). O maior destes epicentros está localizado na sua porção noroeste da ZFVT (na Cadeia Vitória-Trindade), detectado em 1955 com magnitude de 6.1 na escala Richter e representa um dos mais fortes registrados no Brasil (Assumpção & Suarez, 1988).

CORRELAÇÃO TECTONO-ESTRUTURAL DA ZFVT COM O BORDO CONTINENTAL SUDESTE

A região do Bordo Continental Sudeste (Figura 2), na porção litorânea sul da Bacia do Espírito Santo, a partir de dados de sísmica de multicanal mostrou atividade tectônica recente (Neogeno / Quaternário) caracterizada por falhamentos *strike-slip*, com direções preferenciais E-W e NW-SE (Sobreira, 1993 e 1996). Para Sobreira (1993) esta atividade neotectônica iniciou-se durante o Eoceno e provavelmente está associada ao controle estrutural do sistema atual de drenagem da região. Fato similar foi anteriormente descrito por Szatmari & Mohriak (1995) e Conceição et al. (1996) para as zonas de cisalhamento de idade pré-cambriana, reativadas na direção ENE no bordo continental sul-leste brasileiro.

Com base na análise sísmica da Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT) associada às estruturas geológicas, pode-se sugerir que são marcantes as evidências de uma descontinuidade crustal no Bordo Continental Sudeste associada ao prolonga-

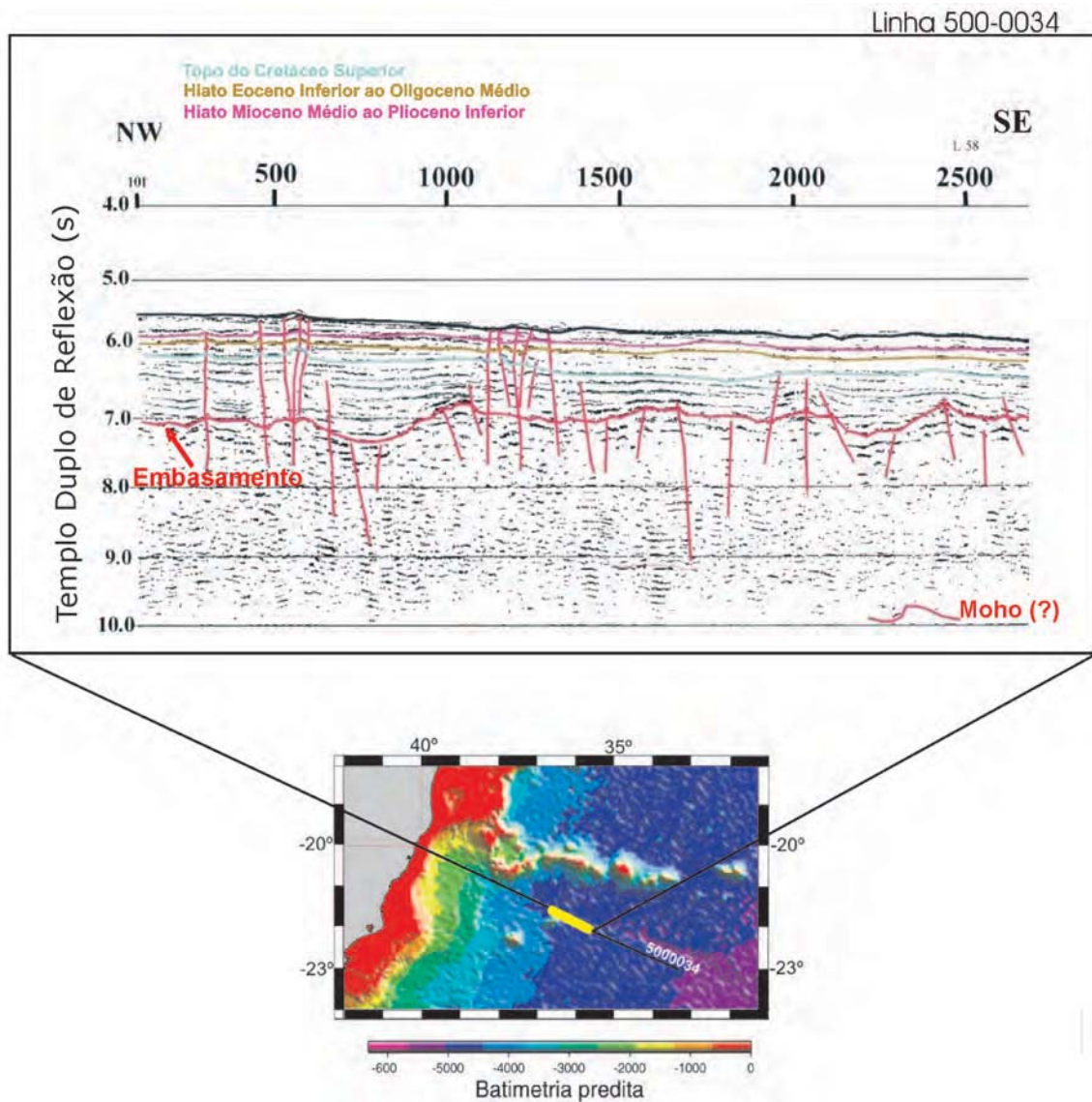


Figura 8 – Detalhe da seção sísmica mostrando estruturas associadas a transpressão (estruturas em flor). A porção noroeste da seção faz parte da área circunvizinha da Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT). Neste local as reativações atingem a superfície do assoalho oceânico, indicando um tectonismo recente na região.

mento da ZFVT (Figura 2). Tal discontinuidade constitui-se um sítio favorável a reativações recentes da crosta. A partir de dados geoquímicos analisados por diversos autores (O'Connor & Duncan, 1990; Fodor & Hanan, 2000 e Siebel et al., 2000), os processos de erupção vulcânica formadores da Cadeia Vitória-Trindade estão geneticamente associados à Pluma Mantélica de Trindade (também chamada de Martim Vaz) com a passagem da Placa Sul-Americana sobre ela. Desta forma, pode-se considerar que este vulcanismo foi controlado pela reativação da ZFVT em conjugação com o *Hotspot* de Trindade, como anteriormente aventado por

Szatmari & Mohriak (1995), Conceição et al. (1996) e Ferrari & Riccomini (1999). Portanto, considerando-se as evidências sismoestratigráficas, geológicas, geoquímicas e sismológicas (alinhamento de epicentros de terremoto), pode-se concluir que a ZFVT ainda continua atuando como uma zona de fraqueza, canalizando os processos de erupções vulcânicas relacionados à Pluma Mantélica de Trindade em função da passagem da Placa Sul-Americana.

No bordo continental adjacente associado ao prolongamento da ZFVT coincidente ao alinhamento de epicentros de terre-

motos (Figura 2), define-se uma zona de fraqueza relacionada ao lineamento formado pela continuidade do magmatismo das províncias ígneas de Paxoréu e Alto do Paranaíba no Cráton de São Francisco (~ 85 Ma, Gibson et al., 1997). Este lineamento sismo-magmático alcalino, denominado de Lineamento Sismo-Magmático Alcalino Trindade-Paxoréu / Alto do Paranaíba, está relacionado química e isotopicamente à Pluma Mantélica de Trindade (Fodor & Hanan, 2000; Siebel et al., 2000). Neste prolongamento ocorrem rochas alcalinas, kimberlitos e carbonatitos na região de Paxoréu e Alto do Paranaíba, com idade média de 85 Ma (Gibson et al., 1997), considerada como a cabeça da pluma (O'Connor & Duncan, 1990; Fodor & Hanan, 2000; Siebel et al., 2000). Neste conjunto, mostrando idades decrescentes na margem continental, destaca-se o vulcanismo basáltico do Banco de Abrolhos, com idades entre 52 e 41 Ma (Cordani, 1970; Cordani & Blazekovic, 1970; Dalrymple, 1974; Valencio & Mendia, 1974), relacionado à porção média da cabeça da pluma. A porção distal da Pluma de Trindade está associada ao vulcanismo do Monte Submarino Columbia (~ 10Ma, Fodor & Hanan, 2000) e das Ilhas de Trindade e Martim Vaz com idades a partir de ~ 3, 4Ma até o Holoceno (Cordani 1970; Cordani & Blazekovic 1970; Dalrymple, 1974; Valencio & Mendia, 1974). Segundo Siebel et al. (2000), as análises químicas e isotópicas destas rochas poderiam refletir diferentes graus de fusão parcial de uma mesma fonte, que sugeririam uma diminuição do fluxo térmico da Pluma Mantélica de Trindade através do tempo. Importante citar que este alto fluxo térmico da Pluma Mantélica de Trindade está refletido por uma grande anomalia geoidal que se estende principalmente a norte da Cadeia Vitória-Trindade entre as longitudes de 34°W e 26°W (Figura 5). Esta área denominada de Alto Geoidal Leste Brasileiro (Pessanha et al., 2001) é representada também por um de alto valor gravimétrico (de até 220 mGal) como pode ser observado na Figura 1. Segundo Alves (2002), provavelmente devido a esta anomalia térmica não se evidencia a continuidade para oeste do segmento fóssil da Zona de Fratura de Santa Helena nesta região (Figuras 2 e 4).

As variações de orientação verificadas através do prolongamento da zona de deformação refletida no bordo continental, marcada pelo Lineamento Sismo-Magmático Alcalino Trindade-Paxoréu / Alto do Paranaíba, podem ser reflexo das variações de velocidade de expansão e secundariamente uma variação na posição do pólo de rotação da placa. De acordo com Ferrari & Riccomini (1999) estas variações causaram uma mudança no campo de esforços Plio-pleistocênicos na região com uma extensão ENE-WSW a NW-SE.

CONCLUSÃO

A Zona de Fratura de Vitória-Trindade (ZFVT) na Cordilheira Mezoatlântica, localizada na latitude de 18°40'S, é caracterizada por um pequeno rejeito em torno de 6 km e uma diferença de idade aproximada de 0,5 Ma entre os segmentos da cordilheira. Estas características no deslocamento do eixo da cordilheira mesoceânica mostram que a ZFVT corresponde atualmente a uma descontinuidade de segunda ordem.

A partir do eixo da cordilheira nota-se uma depressão gravimétrica que constitui o segmento assísmico da ZFVT que se prolonga tanto para leste, em direção a margem continental africana, quanto para oeste, na margem continental brasileira. Com base em dados de sísmica de reflexão, observa-se que a porção assísmica ocidental da zona de fratura se prolonga até a Margem Continental Brasileira. Sua extensão para oeste na margem continental corresponde a Cadeia Vitória-Trindade, definida sísmicamente pelo alinhamento de altos topográficos individualizados (característicos de picos vulcânicos), e províncias de sedimentação de características e espessuras sísmica distintas. Esse alinhamento, limitando desníveis crustais de mais de 400 m entre os segmentos norte e sul, está representado por diversos patamares da elevação vulcânica e também estão associados a falhamentos com rejeitos normais e reversos. A presença desses falhamentos afetando níveis bastante rasos da coluna sedimentar denota uma fase de reativação tectônica mais recente ao longo da ZFVT.

No seu prolongamento junto à margem continental pode-se observar intensa atividade vulcânica junto à Cadeia Vitória-Trindade, com inúmeros diques, alguns deles aflorando no assoalho oceânico, e *sills* entremeados ao pacote sedimentar. Além da movimentação de falhas distensivas, notam-se também estruturas transpressivas associadas a movimentos *strike-slip* (estruturas em flor), resultando na elevação de toda a coluna sedimentar e do assoalho oceânico. Estas reativações recentes da crosta oceânica caracterizam a ZFVT como um sítio favorável a esforços alternantes, ora compressivos ora distensivos, associados a vulcanismos e falhamentos normais.

Evidências geofísicas e geológicas, além do mapeamento do alinhamento de epicentros de terremotos, sugerem que o prolongamento da ZFVT para a plataforma continental está associado à zona de deformação do bordo continental adjacente. Esta região corresponde ao Alto de Vitória e ao tectonismo e magmatismo alcalino representado pelo Lineamento Sismo Magmático Alcalino Trindade-Paxoréu / Alto do Paranaíba.

Propõe-se pelas observações acima que a descontinuidade crustal definida pelo prolongamento da ZFVT atuou e continua atuando como um conduto para o magmatismo da Pluma de Mantélica de Trindade.

AGRADECIMENTOS

Aos Drs. Adalberto da Silva e José Antônio Baptista Neto do Departamento de Geologia / LAGEMAR / UFF. Ao Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (Projeto LEPLAC) da Marinha do Brasil e PETROBRAS pela permissão de publicação dos dados sísmicos. Aos consultores da Revista Brasileira de Geofísica pela revisão crítica do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- ALVES EC. 2002. Zonas de Fratura Oceânicas e suas Relações com a Compartimentação Tectônica do Sudeste do Brasil. PhD Tese, Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 247 p.
- ALVES EC, MAIA M & WIEDEMANN CM. 2002. Zona de Fratura Trindade – Hotspur Atlântico Sudeste e suas implicações tectônicas. In: Congr. Bras. Geol., XLI., 2002, João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBG, 2002. 1: 616.
- ASSUMPTÃO M & SUAREZ G. 1988. Source mechanism of moderate size earthquakes and stress orientation in mid-plate South America. *Geophys. J., England*, 92: 253–267.
- BONATTI E. 1978. Vertical tectonism in oceanic fracture zones. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 37: 369–379.
- BONATTI E, LIGI M, GASPERINI L, PEYEVE A, RAZNITSIN Y & CHEN YJ. 1994. Transform migration and vertical tectonics at Romanche fracture zone, equatorial Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 99(B11): 133–144.
- CANDE SC, LABRECQUE JL & HAXBY WB. 1988. Plate kinematics of the South Atlantic – chron 34 to present. *J. Geophys. Res.*, 93: 13.479–13.492.
- CHANG HK & KOWSMANN RO. 1984. Subsidiência térmica e espessura crustal na Bacia de Santos. In: Congr. Bras. Geol., XXXIII., 1984, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBG, 1984. 1: 110–121.
- CONCEIÇÃO JCJ, MIZUSAKI AMP, ALVES DB & SZATMARI P. 1996. Controle tectônico do magmatismo do Complexo Vulcânico de Abrolhos, Bacia do Espírito Santo. In: Congr. Bras. Geol., XXXIX., 1996, Camboriú. Anais... Camboriú: SBG, 1996. 5: 384–387.
- CORDANI UG. 1970. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. *Bol. Geoc. Astron.*, 1: 9–75.
- CORDANI UG & BLAZEKOVIĆ A. 1970. Idades radiométricas das rochas vulcânicas dos Abrolhos. In: Congr. Bras. Geol., XXIV., 1970, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBG, 1970. 1: 265–270.
- DALRYMPLE GB. 1974. Critical tables for conversion of K-Ar ages from old to new constants. *Geology*, 7: 558–560.
- DELONG SE, DEWEY JF & FOX PJ. 1977. Displacement history of oceanic fracture zones. *Geology*, 5: 199–202.
- FERRARI A & RICCOMINI C. 1999. Campo de esforços Plio-Pleistocênico na Ilha de Trindade (Oceano Atlântico Sul, Brasil) e sua relação com a tectônica regional. *Rev. Bras. Geoc.*, 29(2): 195–202.
- FODOR RV & HANAN BB. 2000. Geochemical evidence for the Trindade Hotspot trace: Columbia seamount ankaramite. *Lithos*, 51: 293–304.
- GIBSON SA, THOMPSON RN, WESKA RN, DICKIN AP & LEONARDOS OH. 1997. Late Cretaceous rift-related upwelling and melting of the Trindade starting mantle plume Brazil. *Contrib. Mineral. Petr.*, 126: 303–314.
- GOMES PO, GOMES BS, PALMA JJC, JINNO K & SOUZA JM. 2000. Ocean-continent transition and tectonic framework of the oceanic crust at the Continental Margin off NE Brazil: Result of LEPLAC Project. In: MOHRIAK WU & TALWANI M. (Editors). *Atlantic Rifts and Continental Margins*. Geophysical Monograph Series, American Geophysical Union, 115: 261–291.
- GORINI MA & CARVALHO JC. 1984. Geologia da margem continental inferior brasileira e fundo oceânico adjacente. In: SCHOBENHAUS C, CAMPOS DA, DERZE GR & ASMUS HE. (Editores). *Geologia do Brasil; Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente*, incluindo depósitos minerais – Escala 1:2500000 Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília, p. 473–489.
- GRINDLAY NR, FOX PJ & MACDONALD KC. 1991. Second-order ridge axis discontinuities in the South Atlantic: morphology, structure and evolution. *Mar. Geophys. Res.*, 13: 21–49.
- GUAZELLI W & CARVALHO JC. 1978. A extensão da Zona de Fratura de Vitória-Trindade no oceano e seu possível prolongamento no continente. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES/DINTEP Série PROJETO REMAC, 4: 31–38.
- GUAZELLI W & CARVALHO JC. 1981. Estruturas da Margem Continental Leste Brasileira e das áreas oceânicas e continentais adjacentes. In: ASMUS HE. (Editor) *Estruturas e tectonismo da margem continental brasileira e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais*. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES/DINTEP, Série PROJETO REMAC, 9: 145–70.
- LEHNER P & BAKKER G. 1983. Strike-slip tectonics in a Equatorial Fracture Zone (Romanche Fracture Zone). In: BALLY AW. (Editor), *Seismic Expression of Structural Style*. Amer. Assoc. Petr. Geol. B., Stud. Geol., 3: 4.2/25–4.2/29.
- MULLER RD, ROEST WR, ROYER JY, GAHAGAN LM & SCLATER JG. 1997. Digital isochrones of the world's ocean floor. *J. Geophys. Res.*, 102: 3211–3214.

- O'CONNOR JM & DUNCAN RA. 1990. Evolution of the Walvis Ridge – Rio Grande rise hot spot system: Implication for African and South American plate motions over plumes. *J. Geophys. Res.*, 95: 17475–17502.
- PESSANHA IB, PALMA JJC & DIAS MS. 2001. Morphology Structure and gravimetry of Eastern Brazilian Continental. In: Intern. Congr. Braz. Geophys. Soc., VII., 2001, Salvador. Anais eletrônicos... Salvador: SBGf, 2001. CD-ROM.
- SANDWELL DT & SMITH WHF. 1997. Marine gravity anomaly from GEOSAT and ERS 1 satellite altimetry. *J. Geophys. Res.*, 102: 10,039–10,054.
- SEMPÉRÉ JC, LIN J, BROWN HS, SHOUTEN H & PURDY GM. 1993. Segmentation and morphotectonic variations along a slow-spreading center: The Mid-Atlantic Ridge (24°00'N–30°40'). *Mar. Geophys. Res.*, 15: 153–200.
- SIBUET JC & MASCLE J. 1978. Plate kinematics implications of Atlantic Equatorial Fracture Zone trends. *J. Geophys. Res.*, 83(B7): 3.401–3.421.
- SIEBEL W, BECCHIO R, VOLKER F, HANSEN MAF, VIRAMONTE J, TRUMBULL RB, HAASE G & ZIMMER M. 2000. Trindade and Martin Vaz Islands, South Atlantic: Isotopic (Sr, Nd, Pb) and trace element constraints on plume related magmatism. *J. Amer. Earth Sci.*, 13: 79–103.
- SILVEIRA DP. 1993. Interessantes estruturas geológicas interpretadas em linhas sísmicas do “LEPLAC Equatorial”. In: Congr. Intern. Soc. Bras. Geofis., III., 1993, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBGf, 1993. 2: 1231–1236.
- SILVEIRA DP, GOMES BS, SUAREZ CR & GOMES PO. 1994. Projeto LEPLAC: Interpretação integrada de dados geofísicos do “LEPLAC Equatorial”. In: Congr. Bras. Geol., XXXVIII., 1994, Camboriú. Anais... Camboriú: SBG, 1994. 2: 35–37.
- SMITH WHF & SANDWELL DT. 1997. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, 277: 1956–1962.
- SOBREIRA JFF. 1993. Análise termo-mecânica da região do Alto de Vitória. In: Congr. Intern. Soc. Bras. Geofis., III., 1993, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBGf, 1993. 2: 1116–1121.
- SOBREIRA JFF. 1996. Complexo vulcânico de Abrolhos proposta de modelo tectono-magmático. In: Congr. Bras. Geol., XXXIX., 1996, Camboriú. Anais... Camboriú: SBG, 1996. 5: 387–390.
- SZATMARI P & MOHRIAK WU. 1995. Plate model of post-breakup tectono-magmatic activity in SE Brazil and the adjacent Atlantic. In: Simp. Nac. Est. Tecton., 5., 1995, Gramado. Anais... Gramado: SBG/Núcleo Rio Grande do Sul, 1995. 1: 213–214.
- VALENCIO DA & MENDIA JE. 1974. Paleomagnetism and K-Ar ages of some igneous rocks of the Trindade Complex and Valado Formation, from Trindade Island, Brazil. *Rev. Bras. de Geoc.*, 4: 124–132.

NOTAS SOBRE OS AUTORES

Eliane da Costa Alves graduada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1974; Mestre em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 1977; DSc, especialidade em geologia e geofísica, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2002. Seu maior campo de interesse está associado ao significado geotectônico das Zonas de Fratura Oceânicas na compartimentação do Sudeste do Brasil. Atualmente é Professora do Departamento de Geologia / LAGEMAR no Instituto de Geociências e Coordenadora do Curso de Graduação em Geofísica da Universidade Federal Fluminense.

Márcia Maia graduada pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro; PhD, especialidade em Geofísica, pela Universidade de Paris XI, Orsay, 1990; Habilitation à Diriger des Recherches, pela Universidade da Bretanha Ocidental, França, em 2003. Seu maior campo de interesse está associado aos estudos geofísicos das Cordilheiras Mesoceânicas. Atualmente é pesquisadora do Instituto Universitário Europeu do Mar, Universidade da Bretanha Ocidental, Plouzané / França.

Susanna Eleonora Sichel graduada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1975 e pela Universidade de Clausthal-Zellerfeld, Alemanha; Mestre em Geologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1983; PhD em Oceanografia pela Universidade de Rhode Island, USA; Pós-doutorado pela Universidade da Bretanha Ocidental em 2004. Seu maior campo de interesse está associado petrologia e geoquímica das Cordilheiras Mesoceânicas. Atualmente é Professora do Departamento de Geologia / LAGEMAR no Instituto de Geociências e Chefe do Depto. de Geologia da Universidade Federal Fluminense.

Cristina Maria Pinheiro de Campos graduada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1973; PhD pela Universidade de Maximilian, Munique, em 1981; Pós-doutorado em 1983. Seu maior campo de interesse está associado aos estudos petrofísicos de rochas basálticas. Atualmente é Professora do Instituto de Mineralogia, Petrologia e Geoquímica da Universidade Ludwig-Maximilians – Univ. Munique / Alemanha. Ref. Bibliográficas WIEDEMANN, CM.