

Interpretação geológica e geofísica da Bacia do Espírito Santo e da região de Abrolhos: petrografia, datação radiométrica e visualização sísmica das rochas vulcânicas

Geological and geophysical interpretation of the Espírito Santo Basin and the Abrolhos region: petrography, radiometric dating and seismic visualization of volcanic rocks

Webster Ueipass Mohriak

Palavras-chave: Complexo Vulcânico de Abrolhos | geologia das ilhas de Abrolhos | Bacia do Espírito Santo | petrografia e datação radiométrica | rochas vulcânicas da margem leste brasileira

Keywords: Abrolhos Volcanic Complex | geology of the Abrolhos Islands | Espírito Santo Basin | petrography and radiometric dating | volcanic rocks in the eastern Brazilian margin

resumo

Trabalhos geológicos e geofísicos, que incluíram o detalhamento das feições estruturais, magmáticas e sedimentares aflorantes no Arquipélago de Abrolhos (plataforma continental das bacias do Espírito Santo e Mucuri), e caracterização petrográfica e geocronológica das rochas ígneas que ocorrem na Ilha de Santa Bárbara, identificaram uma seqüência de rochas ígneas (basaltos, diabásios, brechas etc) e sedimentares (arenitos grosseiros e conglomerados em canais,

arenitos com estratificação concordante e localmente discordante com as rochas vulcânicas, siltitos, folhelhos etc) que foram soerguidas após a deposição original entre o Neocretáceo e o Paleogeno. As datações geocronológicas, utilizando-se o método Ar-Ar, sugerem um intervalo de magmatismo entre 40 e 60 Ma. Os trabalhos de campo sugerem que os afloramentos nas ilhas se constituem em exemplo ímpar da sedimentação turbidítica do Terciário Inferior na margem continental brasileira. Foram descritas espessas camadas de arenitos maciços, de geometria externa lobada, que se sobrepõem aos ritmitos, principalmente na porção leste da Ilha de Santa Bárbara, constituindo-se em prováveis depósitos de fluxos densos (hiperpicnais) depositados em ambiente de plataforma média a batial superior. A interpretação tectônica e sismoestratigráfica sugere um evento compressional, provavelmente associado à tectônica de sal, afetando as camadas sedimentares e criando discordâncias angulares que atingem até o Neogeno.

introdução

Este estudo insere-se no projeto “Magmatismo pós-rifte no sul-sudeste brasileiro” realizado entre 2002 e 2003, coordenado por Peter Szatmari (Centro de Pesquisas da Petrobras-Cenpes) e Webster Mohriak (Petrobras-Exploração e Produção E&P), para o qual contou-se com um grupo multidisciplinar de geocientistas da Petrobras e de outras instituições (Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ).

Em 2002, foi feita uma viagem de campo visando coletar as amostras das rochas vulcânicas e realizar o mapeamento geológico expedito das principais feições (Mohriak, 2002). Em 2003, foi realizado novo estudo de campo para análise estratigráfica complementar à análise das rochas vulcânicas existentes nas ilhas do Arquipélago de Abrolhos (Mohriak, 2004). Deve-se destacar que este foi o primeiro estudo integrado das feições aflorantes na região do Arquipélago de Abrolhos, que representa uma janela no Atlântico para a visualização das seqüências estratigráficas que constituem análogos de campo para reservatórios produtores em campos gigantes da margem leste brasileira.

Uma reanálise da interpretação tectono-sedimentar da área é discutida por Mohriak *et al.* (2003), com ênfase em métodos geofísicos. As rochas ígneas foram datadas por métodos radiométricos (Ar-Ar), e os resultados incluídos em relatórios internos da Petrobras e publicados em eventos técnicos (Sobreira e Szatmari, 2001; 2002; 2003; Sobreira *et al.* 2004).

Em 2002, esperava-se constatar uma ilha vulcânica com intrusões ígneas, baseando-se em modelos anteriores (exemplo, Bacoccoli, 1982; Asmus, 1984; Fodor *et al.* 1983; Fodor *et al.* 1989), e análogos de feições geológicas da região de águas profundas das regiões do Espírito Santo e Bahia (Cadeia Vitória-Trindade, e montes submarinos de Abrolhos, Cumuruxatiba e Jequitinhonha).

Datações radiométricas anteriores efetuadas com método K-Ar sugerem uma ampla ocorrência de rochas ígneas e vulcânicas nas bacias marginais com grande intervalo de idades, entre o

Neocretáceo e o Neogeno (Cordani e Blazekovic, 1970; Conceição *et al.* 1994; Mizusaki *et al.* 2002). As rochas ígneas da região marinha de Abrolhos, entre a Bahia e o Espírito Santo, são geralmente interpretadas como associadas a feições intrusivas (Bacoccoli, 1982; Asmus, 1984), mas Parsons *et al.* (2001) sugerem que as vulcânicas teriam um comportamento mais passivo que intrusivo, preenchendo calhas sedimentares formadas durante a evolução da bacia.

Nos trabalhos de campo efetuados entre 2002 e 2003 foram constatadas camadas vulcânicas capeando camadas siliciclásticas com notável mergulho estrutural, feições compressionais, e também possíveis turbiditos ou sedimentos de plataforma numa seqüência de idade cretácea a terciária. Deve-se destacar que a integração dos dados de campo com dados geológicos e geofísicos resultou em novas interpretações tectono-sedimentares para a área, incluindo a proposição da ocorrência de sedimentos com características de reservatórios abaixo das seqüências vulcânicas, e idades do vulcanismo coerentes com o episódio magmático do Neocretáceo-Paleogeno. A interpretação anterior (Sobreira, 1996 e Sobreira *et al.* 2004) sugeria reativação magmática entre o Neogeno e Quaternário, hipótese baseada na ocorrência de rochas vulcânicas na superfície das ilhas e também na identificação da possível presença de diques ígneos nas seções sísmicas. Mohriak *et al.* (2003) apresenta a proposição de que o soerguimento das ilhas é posterior à formação das camadas vulcânicas, estando estas associadas a forças tectônicas compressionais, incluindo também a tectônica de sal, uma vez que também as camadas evaporíticas foram afetadas pela compressão regional.

interpretação tectono-sedimentar

Na figura 1 mostra-se, em escala regional, as principais estruturas da plataforma continental dos estados do Espírito Santo e Bahia (região de Abrolhos), destacando-se a saliência batimétrica que ocorre na região da plataforma continental

em frente a Caravelas, na Bahia (Mohriak, 2004; França, 2004), e o Parcel das Paredes como um alto batimétrico coberto por recifes.

Na figura 2 apresenta-se uma seção geológica esquemática entre a região de Caravelas e a das ilhas do Arquipélago de Abrolhos. A interpretação destaca a ocorrência de rochas basálticas na região emersa da Bacia de Mucuri, em profundidades de cerca de 1 000 m, no poço 2-SBST-1-BA, perfurado em 1958 e que alcançou a profundidade final de 2 388 m. Na interpretação apresentada por Cordani (1970) ocorre a continuidade dessas camadas de rochas vulcânicas para a região da plataforma submarina até a região do

Arquipélago de Abrolhos, as quais estariam soerguidas na região da Ilha de Santa Bárbara, onde foi perfurado o poço 2-SBST-1-BA em 1961.

Na figura 3 apresenta-se a coluna estratigráfica do poço 2-SBST-1-BA, que atravessou cerca de 1 400 m de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas. Exemplos dessas vulcânicas (brechas) são mostradas no detalhe do fragmento de testemunho (fig. 3), coletado à profundidade de 500 m.

Na figura 4 mostra-se o mapa geológico esquemático da Ilha de Santa Bárbara, realizado pelo grupo de trabalho na excursão de campo de 2002. Observa-se a ocorrência de rochas vulcânicas capeando rochas sedimentares, com in-

Figura 1

Mapa geológico mostrando a distribuição de rochas vulcânicas na região de Abrolhos.

Figure 1

Geological map showing the volcanic rock distribution in the Abrolhos region.

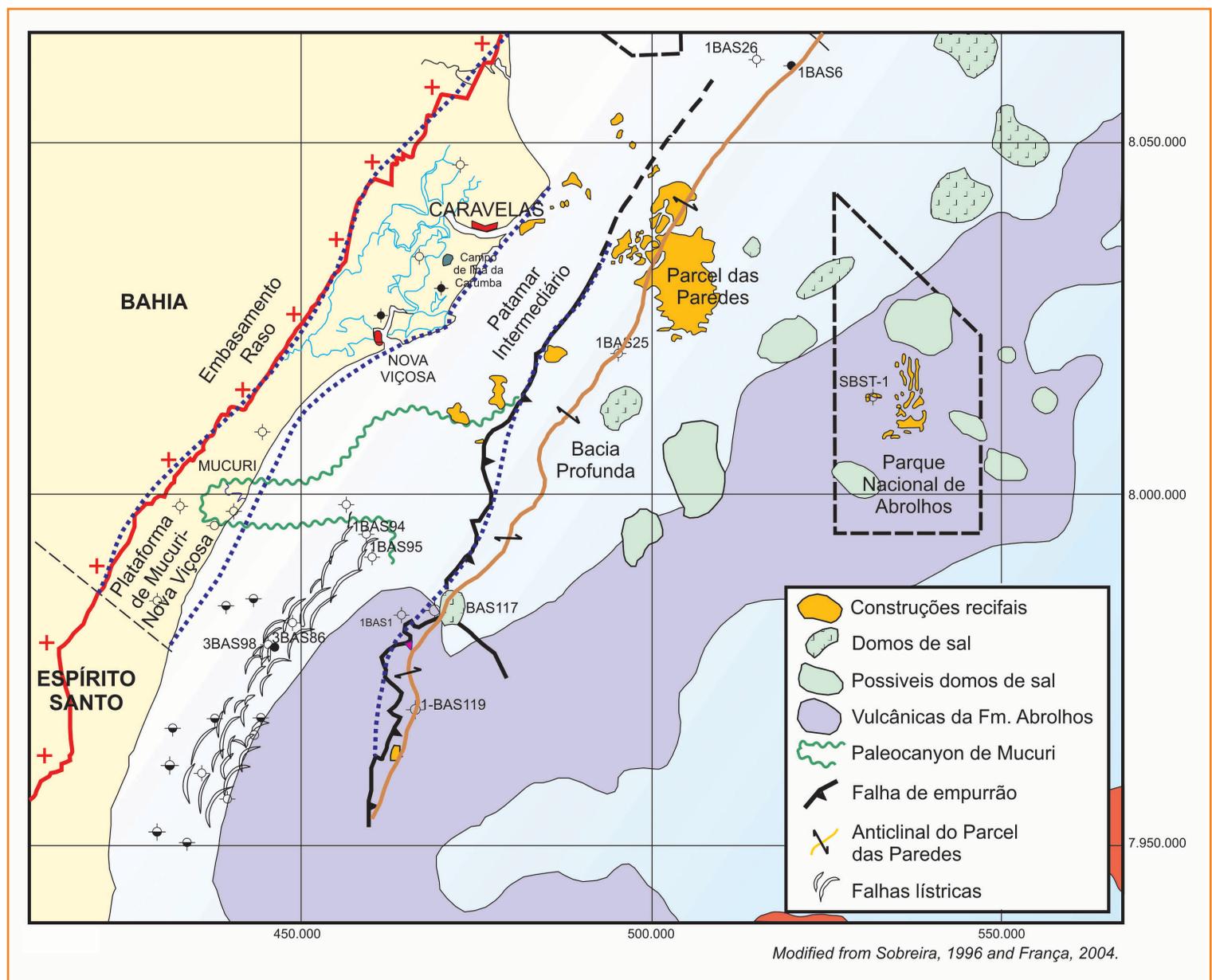


Figura 2

Seção geológica regional entre poços na região emersa (Caravelas) e na plataforma continental (Ilha de Santa Bárbara).

Figure 2

Schematic geological section between the onshore (Caravelas) and offshore (Santa Bárbara) boreholes.

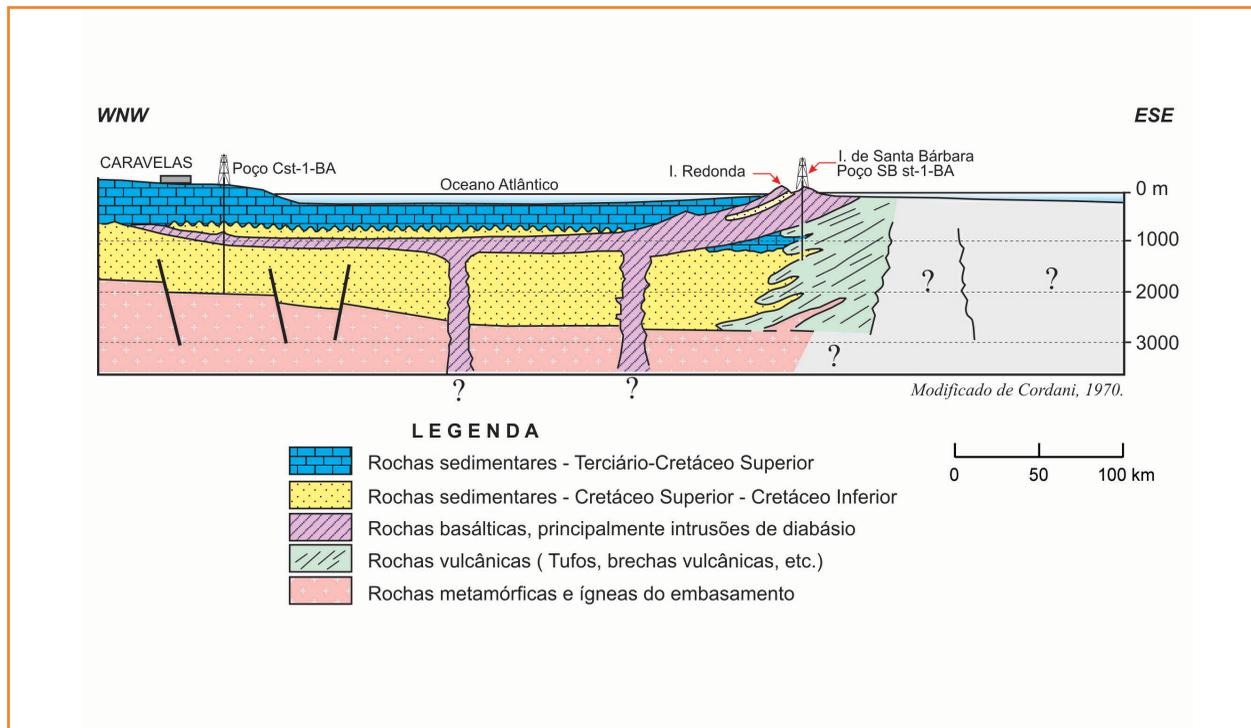
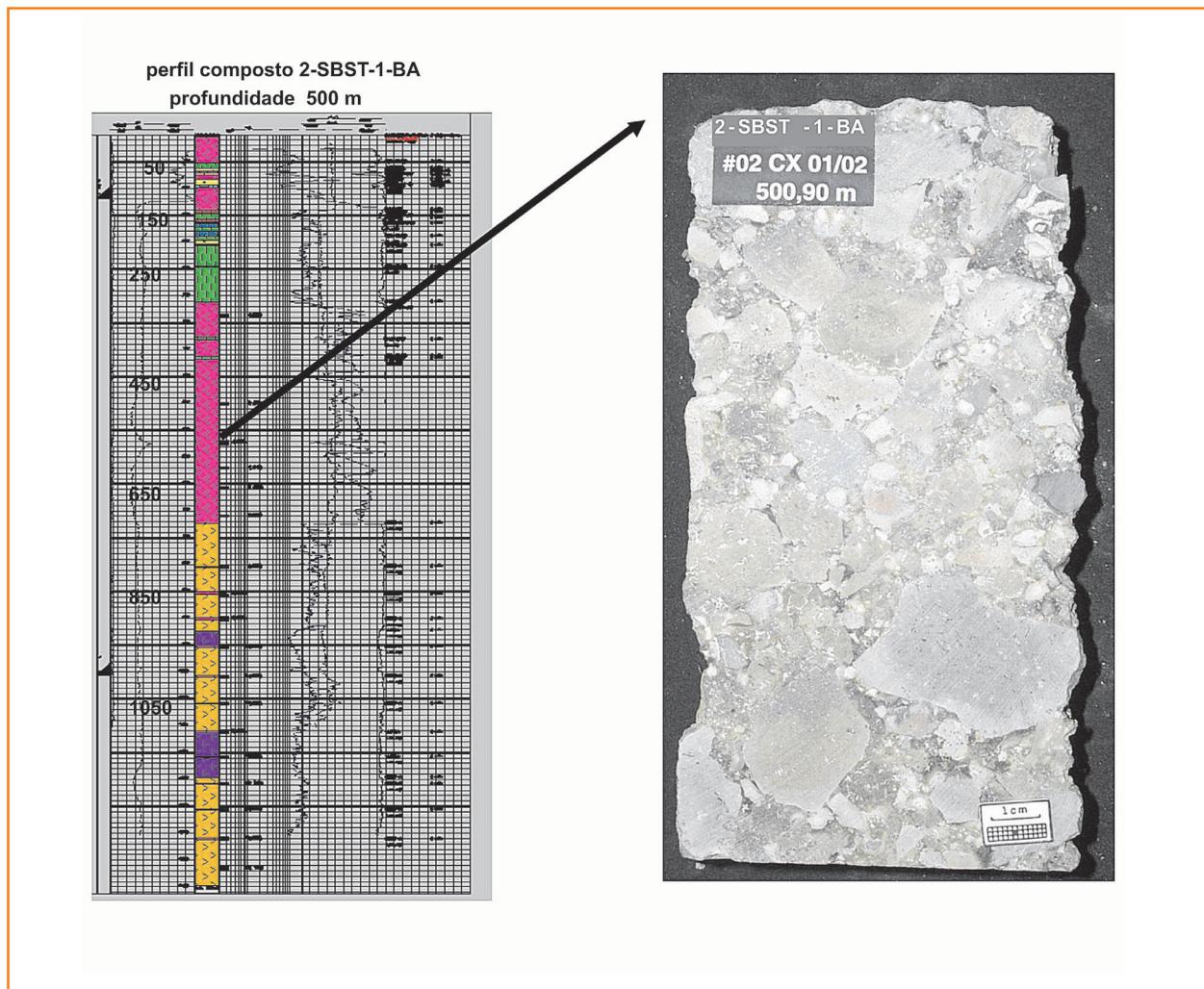


Figura 3

Coluna litológica e detalhe de testemunho mostrando brecha vulcânica no poço 2-SBST-1-BA, à profundidade de 500 m.

Figure 3

Lithologic column and detail of core from volcanic breccia in the well 2-SBST-1-BA, depth 500 m.



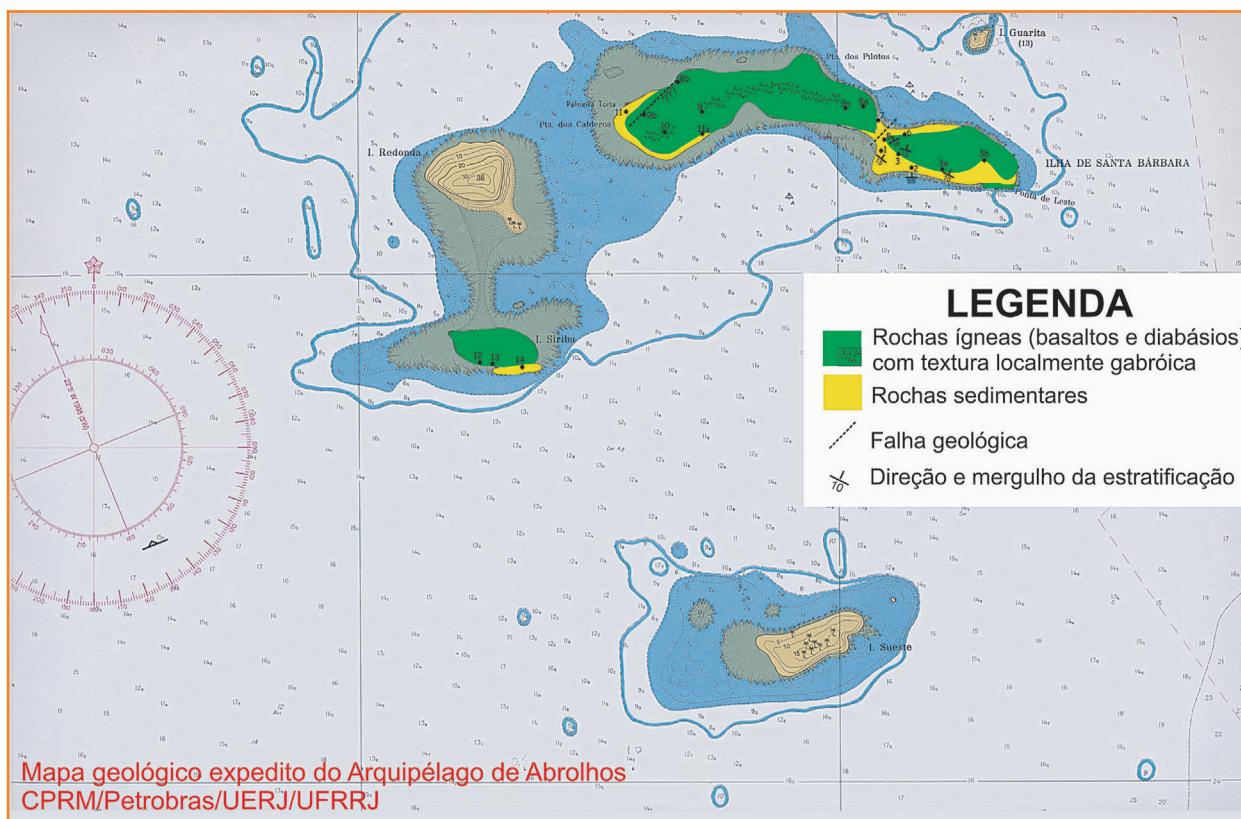


Figura 4
Mapa geológico do Arquipélago de Abrolhos.
Figure 4
Geological map of the Abrolhos Archipelago.

dicações de falhamentos normais, compressionais e direcionais, observados em escala de afloramento.

Na figura 5 mostra-se uma imagem de afloramento típico das ilhas, com camadas de basaltos alterados e fragmentados (tálus) cobrindo rochas sedimentares arenosas a conglomeráticas, com estruturação de mergulho bem marcante. Esses sedimentos siliciclásticos grosseiros, identificados como arenitos finos a muito grosseiros, e também conglomerados, também ocorrem na Ilha Redonda, e localmente apresentam-se intercalados com camadas de ritmitos (siltitos). Localmente observam-se feições erosivas associadas a paleocanais. O contato entre as vulcânicas e os sedimentos sugere, localmente, uma intrusão, embora grande parte das vulcânicas corresponda a basaltos (rochas extrusivas) intercalados na seqüência sedimentar. Na Ilha Siriba podem ser observadas disjunções colunares nas camadas de rochas ígneas, e na Ilha Sueste ocorrem apenas derames de basaltos.

Nos afloramentos das ilhas de Santa Bárbara e Redonda também foram identificadas espessas camadas de arenitos maciços, de geometria exter-

na lobada, que se sobrepõem aos ritmitos, constituindo-se em prováveis depósitos de fluxos marinhos muito densos (hiperpicnais). Essas litologias provavelmente representam um exemplo único desse tipo de sedimento aflorante na margem continental, sendo um magnífico análogo para os reservatórios dos campos de petróleo das bacias de Santos, Campos e Espírito Santo, cujos testemunhos (como, por exemplo, no Campo de Jubarte) também indicam feições sedimentares semelhantes às observadas nos afloramentos.

A interpretação cronoestratigráfica (com base em dados de poços exploratórios das bacias de Cumuruxatiba, Mucuri e Espírito Santo) sugere uma idade entre Neocretáceo e Paleogeno (Eoceno) para essas camadas arenosas, que se mostraram estéreis para fósseis-guia. Em função da ocorrência de níveis muito radioativos em algumas areias, admite-se que a idade mais provável seja eocênica e, em função das observações de caráter sedimentológico, estima-se um ambiente de deposição entre plataforma média e batial superior.

As rochas vulcânicas analisadas durante o projeto incluem amostras de calhas e testemunhos de

Figura 5

Visão geral da porção leste da Ilha de Santa Bárbara, com arenitos intercalados por camadas de siltitos.

Figure 5

General vision of the eastern portion of the Santa Bárbara Island, with sandstone beds intercalated with siltstones.

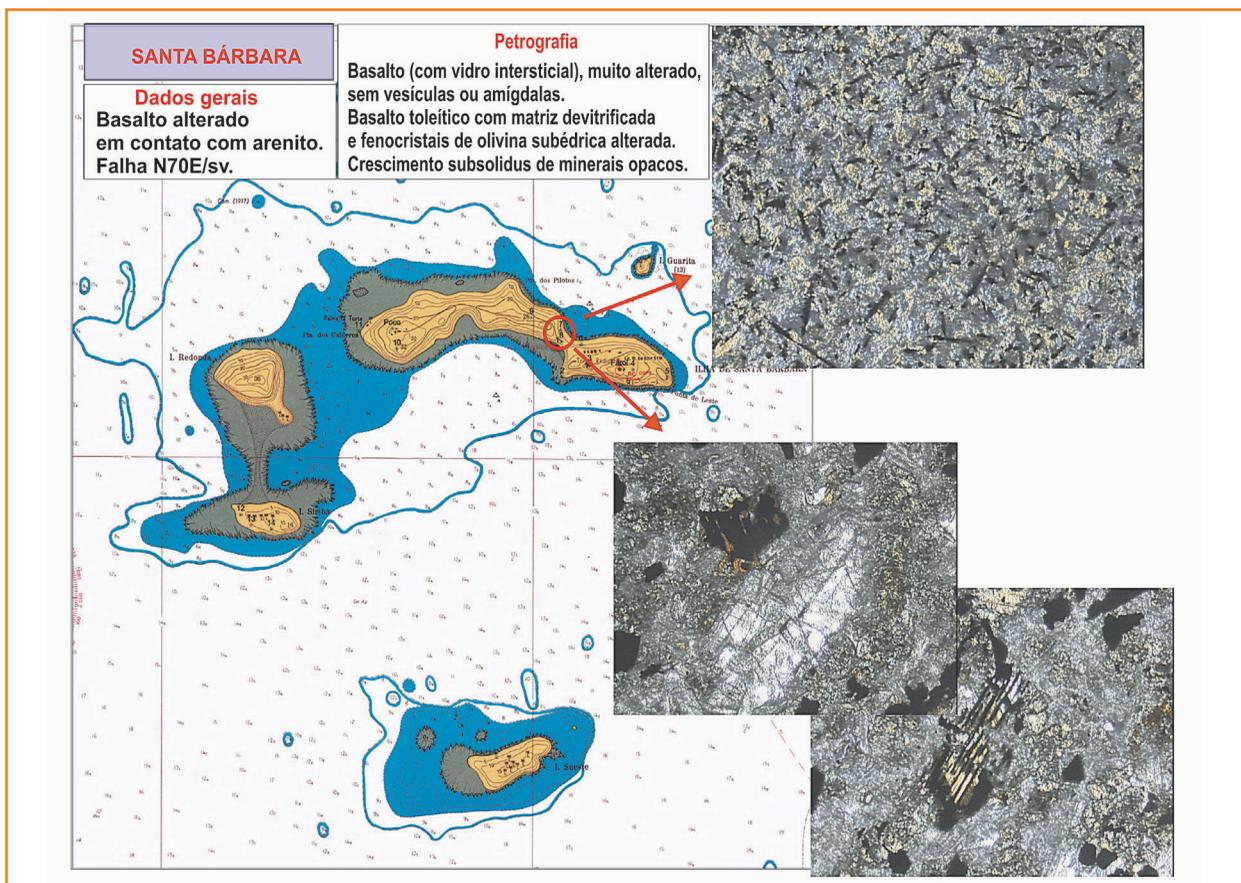


Figura 6

Lâmina petrográfica mostrando basalto coletado na Ilha de Santa Bárbara (descrição de S. Valente, 2003)

Figure 6

Petrographic description of basalt sampled in the Santa Bárbara Island (S. Valente, 2003)



diversos poços exploratórios e também amostras coletadas nos afloramentos das ilhas do Arquipélago de Abrolhos. No poço 2-SBST-1-BA foram descritas diversas seqüências litológicas associadas a vulcanismo, incluindo diabásio amigdaloidal, basaltos, tufos e rochas vulcanoclásticas. Tanto no poço quanto nos afloramentos da ilha reporta-se a ocorrência de basalto e diabásio com textura mais grosseira (cumulado), preliminarmente interpretado no campo como gabro. Na figura 6 ilustram-se alguns dos tipos petrográficos observados nas amostras coletadas em afloramentos da Ilha de Santa Bárbara. As datações Ar-Ar obtidas durante o projeto apresentam idades variando entre 40 e 60 Ma, indicativas de ápice do vulcanismo no Eoceno. As análises de contagem de traços de fissão de apatita indicam que ocorreu um clímax de soerguimento da região no intervalo em torno de 50 Ma, coincidente com as datações radiométricas obtidas pelo método Ar-Ar. Há também indicações de soerguimento mais recente, no Neogeno.

visualização sísmica

As linhas sísmicas nas proximidades da região de Abrolhos (fig. 7) sugerem a ocorrência de feições compressoriais e também registram importantes discordâncias angulares no Neogeno, relacionadas ao soerguimento na Ilha de Santa Bárbara. Deve-se salientar que os mapas sísmicos indicam a ocorrência de altos estruturais compressoriais, incluindo estruturas associadas à tectônica de sal, com estrangulamento de caules de diápiros de sal (Mohriak *et al.* 2003; Mohriak, 2004b).

agradecimentos

À cooperação da Marinha e Ibama pela permissão de desembarque nas ilhas do Arquipélago de Abrolhos para a realização dos trabalhos de campo. Nessas etapas, contou-se com a participação de diversos técnicos da

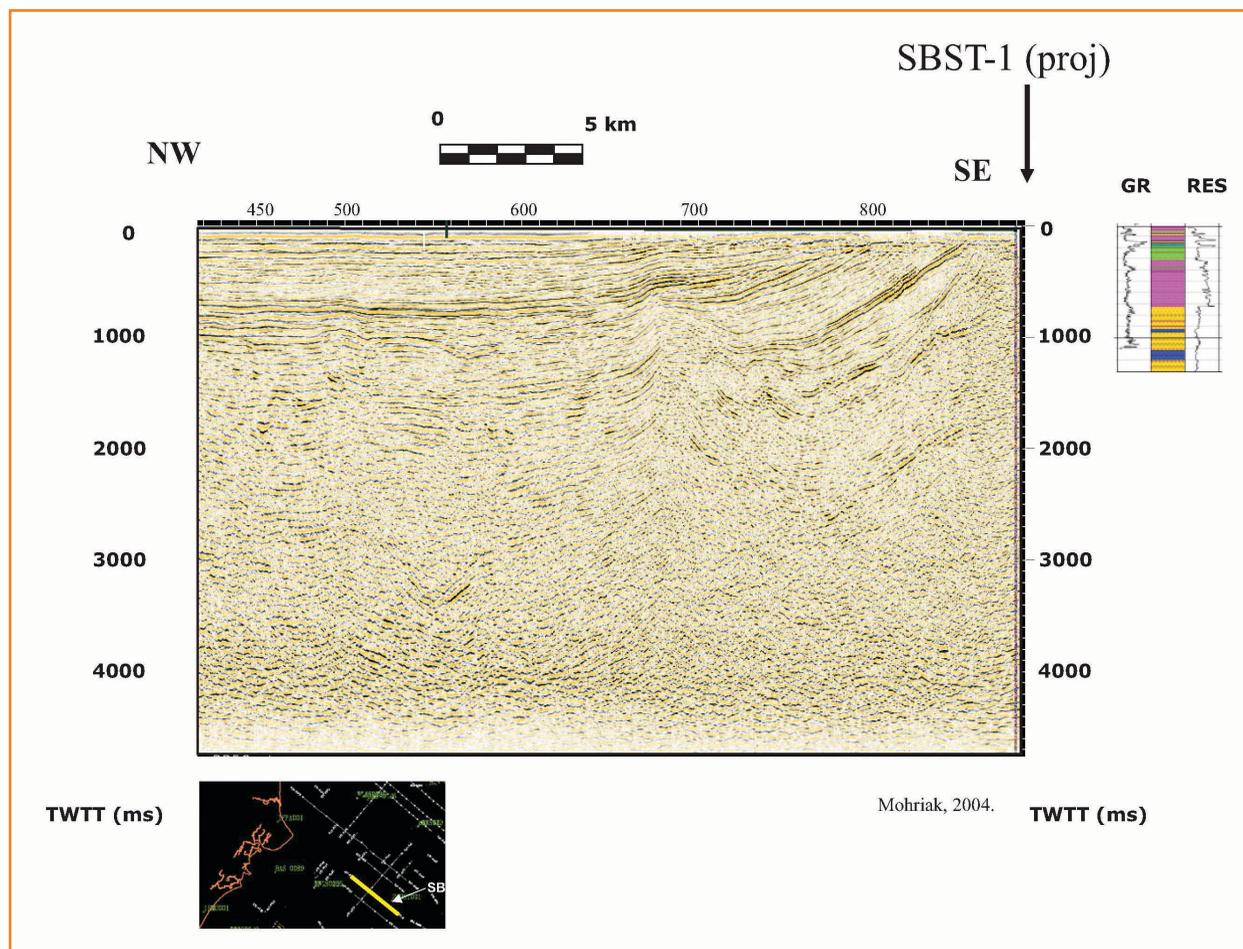


Figura 7

Seção sísmica na região de Abrolhos com o poço 2-SBST-1-BA projetado.

Figure 7

Seismic profile in the Abrolhos region with the borehole 2-SBST-1-BA projected.)

Petrobras (Centro de Pesquisas, Unidades de Negócio-Espírito Santo, Bacia de Campos, Bahia) que executaram diversas atividades durante o projeto, e muito contribuíram para a elaboração dos relatórios técnicos, e de especialistas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ aos quais se agradece pelo mapeamento expedito e pelas análises realizadas em laboratório; ao apoio logístico e efetiva participação da Unidade de Negócio do Espírito Santo - UNES nas diversas etapas do projeto; à Universidade Corporativa da Petrobras, em particular a F. J. Feijó, para a realização do Simpósio sobre Magmatismo em Bacias Sedimentares, em 2005, e ao incentivo de D. B. Alves, do Centro de Pesquisas da Petrobras - Cenpes, para a elaboração deste trabalho; ao apoio gerencial de P. M. M. Mendonça, L. A. Reis e E. Porsche.

referências bibliográficas

ASMUS, H. E. Geologia da margem continental brasileira. In : SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. F.; ASMUS, H. E. (Ed.) **Geologia do Brasil**. Brasília : Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984. cap. XII, p. 443-472.

BACOCOLI, G. Offshore Brazil : twelve years of oil exploration. In : WATKINS, J. S.; DRAKE, C. L. (Ed.). **Studies in continental margin geology**. Tulsa, Okla. : American Association of Petroleum Geologists, 1982. p. 539-546. (American Association of Petroleum Geologists. Memoir, 34).

CONCEIÇÃO, J. C. J.; MIZUSAKI, A. M. P.; ALVES, D. B.; SZATMARI, P. **Controle tectônico do magmatismo meso-cenozóico 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. 96 p. Relatório interno.

CORDANI, U. G. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. **Boletim do Instituto de Geociências e Astronomia**, São Paulo, v. 1, p. 1-80, 1970.

CORDANI, U. G.; BLAZEKOVIC, A. Idades radiométricas

das rochas vulcânicas dos Abrolhos. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. **Anais...** São Paulo : Sociedade Brasileira de Geologia, 1970.

CORDANI, U. G.; BASEI, M. A. S.; SOBREIRO NETO, A. F.; MENDONÇA, P. M. M. Idades Potássio-Argônio da região leste brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1972, Belém. **Anais...** São Paulo : Sociedade Brasileira de Geologia, 1972. p.71-75.

FODOR, R. V.; MCKEE, E. H.; ASMUS, H. E. K-Ar ages and the opening of the South Atlantic Ocean: basaltic rocks from the Brazilian margin. **Marine Geology**, Amsterdam, v. 54, n. 1-2, p. M1-M8, Dec.1983.

FODOR, R. V.; MUKASA, S. B.; GOMES, C. B.; CORDANI, U. G. Ti-rich Eocene basaltic rocks, Abrolhos platform, offshore Brazil, 18 ° South: petrology with respect to South Atlantic magmatism. **Journal of Petrology**, Oxford, v. 30, n. 3, p. 763-786, 1989.

FRANÇA, R. L. Bacia do Mucuri. In : **Bacias sedimentares brasileiras**. Aracajú : Fundação Paleontológica Phoenix, v. 6, n. 62, 2004. 4 p.

MIZUSAKI, A. M. P.; THOMAZ-FILHO, A.; MILANI, E. J.; CÉSERO, P. de. Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, v. 15, n. 2, p. 183-198, 2002.

MOHRIAK, W. U. **Geologia da região de Abrolhos Ilhas de Santa Bárbara e Siriba**. Rio de Janeiro : PETROBRAS. GEDOC, 2002. 24 p. Relatório Interno.

MOHRIAK, W. U. **Geologia da região de Abrolhos : estratigrafia e sedimentologia das ilhas de Santa Bárbara e Redonda**. Rio de Janeiro : PETROBRAS. E&P. TI/TI. E&P-DTEP, 2004. 94p. Relatório Interno.

MOHRIAK, W. U. Recursos energéticos associados à ativação tectônica mesozóica-cenozóica da América do Sul. In : MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Ed.). **Geologia do continente sul-americano** : evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo : Beca, 2004b, Cap. XVII, p. 293-318.

MOHRIAK, W. U.; PAULA, O.; SZATMARI, P.; SOBREIRA, J. F.; PARSONS, M.; MACQUEEN, J.;

UNDLI, T. H.; BERSTAD, S.; WEBER, M.; HORSTAD, I. Volcanic provinces in the Eastern Brazilian margin : geophysical models and alternative geodynamic interpretations. In : INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 8., 2003, Rio de Janeiro. **Proceedings**... Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Geofísica, 2003. 1 CD-ROM, 4f.

PARSONS, M.; MACQUEEN, J.; UNDLI, T. H.; BERSTAD, S.; HORSTAD, I. A tale of three methods : volcanics in the Abrolhos Bank, Brazil. In : INTERNATIONAL CONGRESS OF THE SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS, 2001, **Abstract volume**..., 2001.

SOBREIRA, J. F. F. Complexo Vulcânico de Abrolhos : proposta de modelo tectono-magmático. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador, 1996, **Anais**... [São Paulo] : Sociedade Brasileira de Geologia, 1996. v. 5, p. 387-391.

SOBREIRA, J. F. F.; SZATMARI, P. Novas datações Ar-Ar para as rochas vulcânicas de Abrolhos e implicações para a evolução da Margem Continental Leste Brasileira. In : SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 8., 2001, Recife. **Anais**... [Recife] : Sociedade Brasileira de Geologia, [2001]. p. 31.

SOBREIRA, J. F. F.; SZATMARI, P. Datações Ar-Ar das rochas vulcânicas de Abrolhos e implicações para a evolução da Margem Continental Leste Brasileira no Terciário. In : Congresso Brasileiro de Geologia, 41., 2002, João Pessoa, Pa. **Anais**... João Pessoa : Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo do Nordeste, 2002. p. 395.

SOBREIRA, J. F. F.; SZATMARI, P. Idades Ar-Ar para as rochas ígneas do Arquipélago de Abrolhos, margem sul da Bahia. In : Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 9., 2003, Búzios. **Boletim de Resumos**... 2003, p. 382-383.

SOBREIRA, J. F. F.; SZATMARI, P.; MOHRIAK, W. U.; VALENTE, S. C.; YORK, D. Recorrência, em diferentes escalas, do magmatismo paleogênico no Arquipélago de Abrolhos, Complexo Vulcânico de Abrolhos. XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 2004, Araxá, MG. **Anais**... Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo de Minas Gerais, 2004. 1 CD-ROM.

abstract

Geologic and geophysical interpretation of structural, magmatic and sedimentological features outcropping in the Abrolhos Archipelago (offshore of the Espírito Santo – Mucuri basins along the eastern Brazilian margin), and petrographic and geochronologic studies of igneous rocks, characterized a sequence of volcanic (basalts, diabase, breccia, etc.) and sedimentary rocks (fine grained to coarse grained sandstones and conglomerates in channels, sandstones with concordant stratification and locally discordant with the volcanic rocks, siltites, silty shales, etc.) which were uplifted after their original deposition between the Late Cretaceous and the Paleogene. The geochronological dating, based on

the Ar-Ar method, suggests an interval of magmatism between 40 and 60 Ma. The field works suggest that siliciclastic rocks outcropping in the islands constitute a unique example of Paleogene Tertiary turbidite sedimentation in the Brazilian continental margin. Thick layers of massive sandstones with an external lobate geometry, overlying silty rhythmities, particularly in the eastern portion of the Santa Bárbara Island, are probable deposits of dense flows (hyperpycnal) deposited in mid platform to upper bathyal environments. The tectonic and seismic-stratigraphic interpretation suggests that these rocks were uplifted in a compressional event, probably associated with salt tectonics, affecting the sedimentary layers and creating angular unconformities that reach up to the Neogene.

autor



Webster Ueipass Mohriak

E&P Exploração

Gestão de Projetos Exploratórios - Sul / Sudeste

e-mail: webmohr@petrobras.com.br

Webster Ueipass Mohriak nasceu em São Paulo, graduando-se em Geologia na Universidade de São Paulo em 1977. Após ingressar na Petrobras em 1980, desenvolveu trabalhos nas bacias de Campos e Espírito Santo e, a partir de 1982, passou a trabalhar em projetos de análise de bacias na sede da Companhia no Rio de Janeiro. Em 1984 foi designado para o doutorado no exterior, tendo obtido, em 1988, o grau de PhD em Geologia na Universidade de Oxford, Inglaterra. Sua área de atividades inclui a condução e gerenciamento de diversos projetos regionais de análise de bacias na Petrobras, com ênfase na evolução tectônica das bacias atlânticas da margem leste, incluindo regiões de novas fronteiras em águas profundas. Foi um dos editores técnicos da Sociedade Brasileira de Geólogos de Petróleo e principal editor do livro *Atlantic Rifts and Continental Margins*, publicado pela *American Geophysical Union* em 2000, incluindo diversos trabalhos da margem brasileira e africana, além do Atlântico Norte e Golfo do México. Seus interesses principais incluem geologia do petróleo, tectônica de sal e estruturas profundas em bacias sedimentares.