



Processamento e Interpretação de Linhas Sísmicas de Reflexão Multicanal Aplicados ao Estudo da Elevação do Rio Grande, Atlântico Sul.

*Ricardo de C.C. Nascimento Lab2m/COPPE/UFRJ, Luiz Antônio P. Gamboa e Eduardo Lopes de Faria Petrobrás S/A, Brasil

Copyright 2003, SBGf – Sociedade Brasileira de Geofísica.

This paper was prepared for presentation at 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society, held in Rio de Janeiro, Brazil September 14 – 18, 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of International Congress of The Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

In the beginning of eighties, multichannel seismic and drilling data collected in the Leg 72 promoted by Deep Sea Drilling Project (DSDP) allowed several studies with the objective to understand the nature of the Rio Grande Rise, a prominent aseismic rise localized in the southwest Atlantic. The seismic data was processed up to the stacking stage and the profiles permitted to delineate the top of basement and the main surfaces that divide the sedimentary cover, but they had many diffractions. In this work the time migration of the digital data was done, step that permitted to define better the nature of the main reflection surfaces, and to correlate them with the lithostratigraphic column correspondent to Site 516. It was possible to recognize Seaward Dipping Reflectors (SDR) into the basement, to divide the sediment pile present in the NW-SE graben that cross the rise and to correlate the erosional events with the global sea level fluctuations occurred in the Oligocene and Miocene.

Introdução

Existe no assoalho oceânico feições geomorfológicas caracterizadas pela ausência de atividades sísmica ou vulcânica, localizada em regiões onde a espessura crustal varia entre 20 e 40Km (Condie, 1989). Tais feições podem ser consideradas vulcões inativos gerados em centros de espalhamento de cadeias mesoocênicas e que foram abandonadas às bacias oceânicas como consequência do movimento de divergência entre as placas litosféricas (Wilson, 1965). A Elevação do Rio Grande (ERG) (figura 1) é uma província ígnea que se adequa ao modelo evolutivo proposto por Wilson *op cit.*, esteve emersa acima do nível do mar no Cretáceo Superior, quando foi originada provavelmente em um segmento do centro de espalhamento do Atlântico Sul entumescido pela presença da pluma térmica Tristão da Cunha e, no Eoceno, foi palco de intenso vulcanismo

intraplaca que provocou novo soerguimento da feição acima do nível do mar e um incremento do seu gradiente topográfico, fato que deflagrou um regime sedimentar terrígeno e gerou o *graben* que atravessa a ERG, onde estão presentes falhas distencionais produzidas nesta época (Barker *et al.*, 1983; Gamboa & Rabinowitz, 1984). A análise das mostras provenientes do embasamento indicam que este é constituído por basaltos toleíticos do tipo transicional (Thompson *et al.* 1983) com uma idade radiométrica igual a 86.0 ± 4 Ma (Musset & Barker, 1983). A ERG foi alvo de trabalhos de pesquisa conduzidos durante a Campanha 72 promovida pelo DSDP, quando foram atravessados 1250m de cobertura sedimentar e penetrados 18m de embasamento (Site 516) em um setor crustal limitado a oeste pela anomalia magnética 34 (Barker, 1983). O presente trabalho consiste da migração dos dados sísmicos de reflexão multicanal 2D coletados durante a campanha acima referida e da interpretação dos perfis gerados, fato que permitiu imagear e definir melhor as reflexões intra-embasamento e aquelas localizadas na cobertura sedimentar. A correlação entre os perfis migrados, dados magnetométricos e radiométricos permitiu associar o vulcanismo que gerou a ERG com o fenômeno magmático global denominado superpluma ocorrido no Cretáceo. Com relação à cobertura sedimentar, foi possível estabelecer a associação entre quedas globais do nível do mar e algumas das superfícies refletoras principais e dividir a pilha de sedimentos existente no *graben* NW-SE.

Processamento dos dados

O processamento constou, basicamente, da análise de velocidades, onde foram obtidos valores da ordem de 2200 a 4140 m/s para o embasamento e 1515 a 2000 m/s (referentes às velocidades de migração) para as camadas que formam a cobertura sedimentar. Após o empilhamento, foi aplicada a migração dos dados, utilizando-se o algoritmo de *Kirchhoff*. A migração proporcionou o colapso das difrações e um melhor posicionamento das superfícies refletoras. Às seções finais foi ainda aplicado um filtro de frequência.

Interpretação

Neste trabalho foram utilizados os refletores estabelecidos por Barker *et al.* (1983) identificados nas seções sísmicas migradas da seguinte maneira:

- 1) topo do embasamento: superfície refletora A (Cretáceo Superior-vermelho);
- 2) cobertura sedimentar: superfície refletora B (Terciário Inferior-laranja), superfície refletora

C (Eoceno Médio-verde), superfície refletora D (Oligoceno Médio-marrom), superfície refletora E (Oligoceno Superior-azul) e superfície refletora F (Mioceno Inferior-púrpura). O setor SW adjacente ao *graben* que corta a ERG e a própria região relativa à calha careciam de um mapeamento mais detalhado (figura 2 e 3). Era plausível supor que neste setor poderiam ser encontrados registros do magmatismo anômalo que originou o platô e as superfícies refletoras identificados no quadrante NE, e por estar localizado na região mais rasa da província, a cobertura sedimentar também poderia conter evidências do regime sedimentar terrígeno que ocorreu no Eoceno. Assim, procedeu-se a análise dos perfis WSA 11, 13A e 13B, sendo que este último perfil representa a seção onde foi estabelecido o Site 516 e penetrado o embasamento (figuras 4 e 5), e depois feita a comparação entre estes e os perfis WSA 9C e 10.

Embasamento

Observou-se nas porções mais inferiores deste o predomínio de reflexões não coerentes, caóticas e com forte amplitude. Entretanto, sobre estas destacam-se em ambos os quadrantes, NE e SW adjacentes ao *graben*, superfícies refletoras aproximadamente paralelas entre si, que exibem amplitude e continuidade lateral elevadas, uma geometria convexa e apresentam-se empilhadas umas sobre as outras. Estas superfícies são semelhantes a aquelas identificadas na costa da Noruega (Mutter *et al.*, 1982) e também no Platô Kerguelen (Coffin, & Eldholm, 1994), conhecidas universalmente como *Seaward Dipping Reflectors* (SDR). No setor NE da ERG estas superfícies refletoras terminam abruptamente contra o topo do embasamento (superfície refletora A), fato que evidencia a presença de truncamento erosivo. A presença de SDR no embasamento da ERG é uma evidência de que essas superfícies refletoras também podem ser encontradas em feições isoladas (*offshore*), como ocorre no Platô Kerguelen, e não apenas em margens passivas. A presença de SDR no domínio marinho é representativa de atividade vulcânica e acreção crustal excessivas e transientes quando há o desenvolvimento de crosta oceânica em centros de espalhamento que podem até emergir acima do nível do mar (Mutter *et al.*, 1982). A espessura crustal (25Km) estimada sob o setor onde se localiza a ERG segundo Aguiar (1997), a natureza inferida para as rochas constituintes do embasamento do platô (basaltos toleíticos) e a sua origem associada a um incremento anômalo do processo de fusão sob a litosfera permitem adequar esta cadeia assísmica ao conceito *Large Igneous Province* (LIP) estabelecido por (Coffin, & Eldholm, 1994). A existência de SDR e as estimativas radiométrica e magnetométrica estabelecidas para a idade da ERG sugerem que o magmatismo que gerou esta província ígnea foi representativo, no Atlântico Sul, do evento global superpluma ocorrido entre 125-83Ma, quando, durante o intervalo *Cretaceous Normal Polarity Interval*, predominou a polaridade normal para o campo magnético remanente registrado no assaolho marinho. O platôs Kerguelen e Ontong Java (Pacífico), os derrames basálticos de Etendeka (Namíbia) da Bacia do Paraná e a Cadeia Walvis também foram originados neste intervalo geológico.

Cobertura Sedimentar

A cobertura sedimentar depositada sobre a área compreendida pelo corpo oeste da Elevação do Rio Grande está dividida por 5 superfícies refletoras que podem ser mapeadas em ambos os setores SW e NE. Nota-se de uma maneira geral que tanto a sequência que recobre imediatamente o embasamento como aquelas depositadas acima do refletor C apresentam continuidade lateral elevada e predomínio de reflexões plano-paralelas com fraca amplitude que geralmente diminui da base para o topo. Estas sequências registram o predomínio da sedimentação pelágica na área ocupada pelo platô. Porém, é notória na porção mediana do pacote a presença de uma sequência singular limitada pelos refletores B e C, que apresenta uma fácies sísmica constituída por reflexões muito caóticas. Este pacote representa o regime terrígeno deflagrado no Eoceno, em consequência de um aumento do gradiente topográfico provocado pelo vulcanismo intraplaca que ocorreu no setor crustal em que se localiza a ERG. Exceto a superfície refletora C, que representa um nível de base deposicional (em que cessa um determinado regime sedimentar e outro começa a vigorar), todas as outras representam truncamentos erosionais. A superfície refletora B evidencia a remoção parcial do registro sedimentar pre-vulcanismo intraplaca provocada pela progradação dos fragmentos terrígenos sobre este pacote. Considerando a idade estabelecida para as superfícies D e F, é plausível supor que estas foram produzidas como consequência das duas quedas globais sucessivas do nível do mar, uma registrada na segunda metade do Oligoceno e a outra, no início do Mioceno. O pacote sedimentar existente no interior do *graben* carecia de uma divisão e de um detalhamento mais precisos. A presença de duas superfícies de truncamento identificadas graças a terminação abrupta das reflexões internas contra estes refletores permitiu o reconhecimento de três sequências sísmicas distinguidas com base na existência ou não de reflexões internas divergentes entre si. De acordo com Cartwright (1992) reflexões internas divergentes entre si indicam que subsidência e suprimentos de sedimentos são fenômenos contemporâneos, já aquelas que são aproximadamente paralelas denotam preenchimento correspondente a um período de inatividade tectônica. O suporte desse critério possibilitou inferir que a sequência basal é representativa de um regime deposicional sintectônico, quando vigorou o soerguimento da ERG no Eoceno; já os pacotes sobrejacentes representam o registro de um evento deposicional pos-tectônico.

Conclusão

A migração em tempo (*kirchhoff*) aplicada aos dados sísmicos mostrou-se uma ferramenta eficaz para a eliminação das difrações incorporadas aos perfis empilhados e permitiu delinear com maior segurança as sequências e refletores anteriormente mapeados com base em perfis empilhados, bem como identificar feições não vislumbradas anteriormente. Observou-se *Seaward Dipping Reflectors*, e a presença de truncamentos erosivos, *onlaps* e *downlaps* permitiram caracterizar melhor a natureza das superfícies refletoras que dividem a cobertura sedimentar. A presença de SDR e as estimativas magnetométrica e radiométrica para a idade

da ERG permitem associar o surgimento desse platô ao evento global denominado superpluma. O aumento do gradiente batimétrico mais uma abrupta deposição provocaram uma remoção parcial do depósito sedimentar imediatamente subjacente ao embasamento. Pode-se observar *dowlaps* sutis acima da superfície refletora B e truncamento das reflexões internas abaixo da mesma, o que evidencia progradação sobre os sedimentos depositados até o Terciário Inferior. A presença de truncamentos localizados sob a superfície refletora D e de *onlaps* acima desta, bem como a terminação abrupta contra a superfície refletora F das reflexões imediatamente inferiores sugerem que houve a passagem de um regime erosional para um evento deposicional e nova remoção da cobertura sedimentar, sucessão que provavelmente registra as quedas globais do nível do mar ocorridas no final do Oligoceno e no início do Mioceno. Graças ao padrão geométrico das reflexões internas ao pacote que preenche o *graben* que corta o corpo oeste da ERG, concluiu-se que houve uma sedimentação sin-tectônica contemporânea ao falhamento propiciado pelo evento termotectônico Eocênico e posterior preenchimento da calha condicionado por inatividade ou mínima atividade tectônica, ocorrendo nova atividade erosional, posteriormente.

Referências

- Aguar, A. C. K. V.**, 1997, Estudo Gravimétrico da Morfologia e da Estrutura Crustal 3D da Porção Ocidental do Atlântico-Sul entre os Paralelos 18° e 40° S. Tese de Mestrado. Pós-Graduação em Geofísica. Observatório Nacional. 113 p
- Barker, P. F.**, 1983, Tectonic Evolution and Subsidence History of The Rio Grande Rise. *In* Barker, P. F., Carlson, R. L., and Johnson, D. A., 1983. *Init. Repts DSDP, 72*: Washington (U. S. Govt. Printing Office).
- Barker, P. F.**, 1983, Seismic Reflection Study of The Rio Grande Rise. *In* Barker, P. F., Carlson, R. L., and Johnson, D. A., 1983. *Init. Repts DSDP, 72*: Washington (U. S. Govt. Printing Office).
- Barker, P. F. and Carlson, R. L.**, 1983, Regional Tectonic Setting of The Southwestern Atlantic. *In* Barker, P. F., Carlson, R. L., and Johnson, D. A., 1983. *Init. Repts DSDP, 72*: Washington (U. S. Govt. Printing Office).
- Cartwright, J.**, 1992, The Application of Seismic Stratigraphic Methods in Structural Interpretation. Londres, Royal School of Mines. 36 p.
- Coffin, M. F. and Eldholm. O.**, 1994, Large Igneous Province: Crustal Structure, Dimensions, and External Consequences. *Reviews of Geophysics*, 32: 1-36 p.
- Coffin, M. F., Frey, F., Wallace, P., and The Scientific party.**, 2000, Development of an Intra-Oceanic Large Igneous Province: The Kergulen Plateau and Broken Ridge, Southern Indian Ocean, 26: 5 - 9 p.
- Condie, K. C.**, 1989, Plate Tectonics and Crustal Evolution, 3^a ed. Oxford, Pergamon Press. 476 p.
- Gamboa, L. A. P. and Rabinowitz, P. D.**, 1984, The Evolution of the Rio Grande Rise in The Southwest Atlantic Ocean. *Marine Geology*, 58: 35-58
- Gallagher, K. and Hawkesworth, C.**, 1994, Mantle Plume Continental Magmatism and Asymmetry in the South Atlantic. *Earth and Planetary Science Letters*. 123: 105 – 117 p.
- Kumbrein, W. C and Sloss, L. L.**, 1963, Stratigraphy and Sedimentation, 2^a ed. San Francisco, W. H. Freeman. 660 p.
- Kent, R.**, 1991, Litospheric Uplift in Eastern Gondwana: Evidence for a Long-Lived Mantle Plume System ? *Geology*, 19: 19-23 p.
- Larson, R. L. and Olson, P.**, 1991, Mantle Plumes Control Magnetic Reversal Frequency. *Earth Planetary Science Letters*, 107: 437 – 447 p.
- Mitchum, R. M., Vail, P. R., and Thompson, S.**, 1977, Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 2: The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis. *In*: PAYTON, C. E. Eds., Seismic Stratigraphy – Application to Hydrocarbon Exploration. Tulsa, American Association of Petroleum Geologist Memoir 26, p. 53 – 62.
- Mutte, J. C., Talwani, M., and Stoffa, P. L.**, 1982, Origin of Seaward-Dipping Reflectors in Oceanic Crust off The Margin by Subaerial Sea-Floor Spreading. *Geology*, 10: 353-357 p.
- Musset, A. E. and Barker, P. F.**, 1983, ⁴⁰Ar/ ³⁹Ar Age Spectra of Basalts, *Deep Sea Drilling Project* site 516. *In* Barker, P. F., Carlson, R. L., and Johnson, D. A., 1983. *Init. Repts DSDP, 72*: Washington (U. S. Govt. Printing Office).
- Thompson, G., Humphris, S., and Schilling, J. G.**, 1983, Petrology and Geochemistry of Basaltic Rocks from Rio Grande Rise, South Atlantic: *Deep Sea Drilling Project* Leg 72, Hole 516. *In* Barker, P. F., Carlson, R. L., and Johnson, D. A., 1983. *Init. Repts DSDP, 72*: Washington (U. S. Govt. Printing Office).
- Yilmaz, O.**, 1987, Seismic Data Processing. Tulsa, Seg. 526 p.

Agradecimentos

A Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) que gentilmente cedeu as suas dependências para que fosse realizado o processamento dos dados sísmicos digitais utilizados neste trabalho.



Figura 1-Mapa regional do Atlântico Sul que mostra a localização da ERG (modificado de Barker & Carlson, 1983).

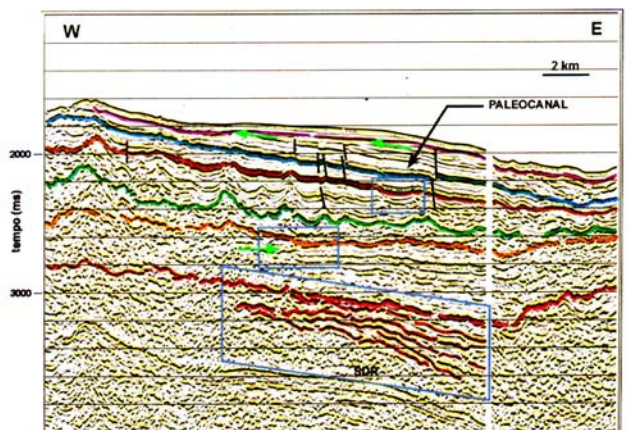


Figura 4 - Perfil WSA 11

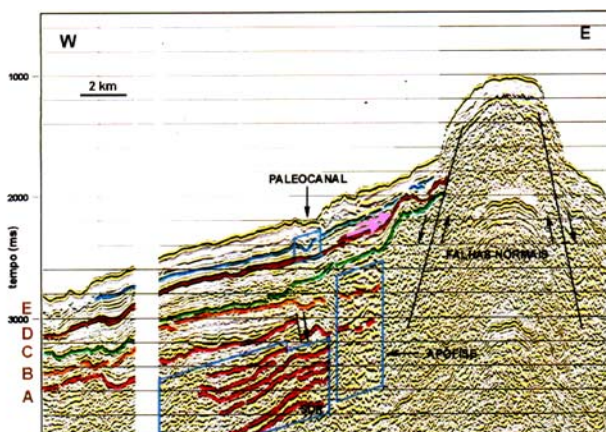


Figura 2 - Perfil WSA 9C.

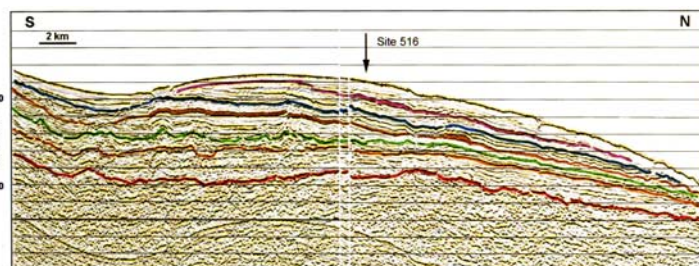


Figura 5 - Composição dos perfis WSA 13 A e B

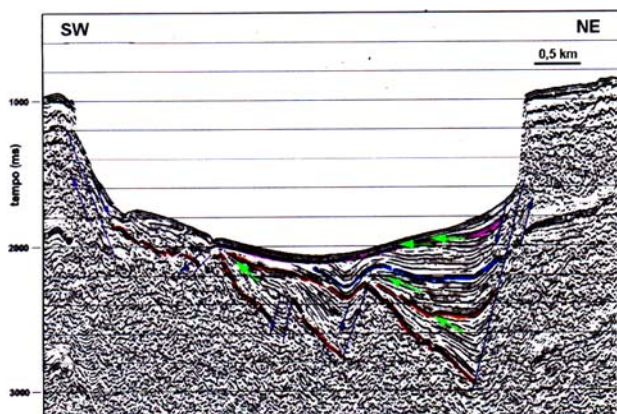


Figura 3 - Perfil WSA 10

Sísmica de reflexão multicanal aplicada ao estudo da ERG