



ASSOCIAÇÃO ENTRE A ANÁLISE PALEOAMBIENTAL DA FORMAÇÃO MACACU, GRÁBEN DA GUANABARA (RJ), E A SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA NA MARGEM CONTINENTAL ADJACENTE (PARTE NORTE DA BACIA DE SANTOS)

Fábio de O. Costa & André L. Ferrari Departamento de Geologia – Lagamar UFF, Brasil

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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 the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

This paper aims to analyze the relationship between Paleogene offshore sedimentation from Macacu Basin (Guanabara Graben, RJ - Brazil) and the intense synchronous progradation at offshore Santos Basin. Guanabara Graben system is divided in three main environments: distal alluvial fan (facies association I); debris flow influenced braided river (facies association II); and braided river with episodic over flow (facies association III) in the axial of this system. The analyze of ten multichannel 2D seismic section (6 dip, 4 strike) from contiguous continental margin at the southwest-most Macacu Basin edge shows the development of three depositional sequences since Paleogene. The second sequence is characterized by an oblique progradational prism near the continental border related to the onshore graben. This correlation is supported by paleocurrent data from facies association III.

Introdução

A pouca espessura de sedimentos cenozóicos na Bacia de Santos é creditada ao soergimento das serras do Mar e da Mantiqueira, além da instalação do Rífte Continental do Sudeste do Brasil – RCSB (Riccomini, 1989; figura 1), o que promoveu a conseqüente captura de importantes drenagens (incluindo o próprio rio Paraíba do Sul) que passaram a transportar sedimentos para a Bacia de Campos (Dias *et al.* 1990; Macedo, 1990; Ferrari *et al.*, 1991; Azevedo Jr., 1991). Contudo, os estudos de Ferrari (2001) no Gráben da Guanabara (figura 2), unidade morfotectônica pertencente ao RCSB, mostram que em seu preenchimento sedimentar (Formação Macacu, de idade eocênica a oligocênica – Lima *et al.* 1996), as paleocorrentes fluíam inicialmente de NE para SW, sobre o eixo da bacia (em direção a Bacia de Santos) e, posteriormente, de SW para NE. As conclusões deste autor implicam que, ao longo de algum intervalo de tempo durante a deposição da Formação Macacu, o Gráben da Guanabara captou sedimentos dos altos

fisiográficos adjacentes e os conduziu para a margem continental, na Bacia de Santos.

Em virtude dos resultados obtidos por Ferrari (2001) para a Formação Macacu, este trabalho tem como principal objetivo analisar a possível relação entre depósitos paleogênicos do seguimento norte da Bacia de Santos e depósitos continentais aflorantes no Gráben da Guanabara (Formação Macacu). Busca-se assim caracterizar a contribuição do material proveniente da área emersa, em especial do Gráben da Guanabara, no aporte sedimentar da Bacia de Santos.

Em área emersa, a área de estudo abrange os depósitos da Bacia do Macacu, interna ao Gráben da Guanabara. Estes sedimentos encontram-se aflorantes desde o município de Duque de Caxias (a oeste) até os maciços de Tanguá, Soarinho e Rio Bonito, a leste.

Na região de margem continental, foram selecionadas dez seções sísmicas multicanal em *grid* adjacente ao limite SW do Gráben da Guanabara (junto à baía de Sepetiba), na margem continental adjacente. Destas, seis são ortogonais a linha de costa e quatro paralelas a esta.

Metodologia

Em uma primeira etapa do trabalho, quatro seções estratigráficas e perfis faciológicos verticais foram confeccionados para o melhor entendimento das relações estratigráficas entre os dados de paleofluxo e para promover o refinamento do modelo deposicional descrito na literatura para esta formação. A relação estratigráfica destes dados, aliada à sua distribuição geográfica, proporciona a interpretação de variações na posição do depocentro da bacia ao longo do Paleógeno.

Na segunda etapa do trabalho as seções sísmicas foram interpretadas com o auxílio dos programas *Petrel* e *GeoGraphix Seismic Modeling*. Para tanto foi utilizado como embasamento teórico os conceitos da estratigrafia de seqüências propostos no Memoir # 26 da AAPG (Payton, 1977).

Resultados

Área Continental Emersa

A análise das fácies sedimentares nos depósitos proporcionou a interpretação de três ambientes (figura 3) de sedimentação: leques aluviais distais (associação de fácies I); rios entrelaçados influenciados por fluxos de detritos (associação de fácies II); e rios entrelaçados com afogamentos esporádicos (associação de fácies III).

A Associação de fácies III mostra direções de paleocorrentes axiais à bacia, cujo sentido de fluxo é ora para NE, ora para SW. Tal variação é atribuída a mudanças na posição do depocentro e/ou a compartimentações tectônicas internas à bacia. As associações de fácies interpretadas mostram boa correlação às descritas por Ramos (1997) para a Formação Resende, considerada correlata à Formação Macacu.

Observou-se, ainda, que as direções de paleocorrentes na associação de fácies II são condicionadas pelo paleorelevo local, seja pela presença de antigos altos fisiográficos ou rampas de revezamento, formadas entre as antigas escarpas de falha das bordas da bacia.

A ausência de depósitos rudáceos, referentes a leques aluviais proximais na borda NW da bacia, aliada ao grande desnível topográfico observado, corroboram as inferências propostas por Ferrari (2001) de que houve soerguimento desta borda, após a deposição da Formação Macacu, e conseqüente erosão dos depósitos proximais.

Margem Continental Adjacente

Nas seções sísmicas (figura 4), foram identificados os refletores que representam as grandes descontinuidades da bacia, para dar a estas caráter cronoestratigráfico. Tais refletores foram associados ao topo do embasamento falhado durante a fase rife, à base e ao topo das camadas de sal, bem como às estruturas de deformação por elas geradas e à grande discordância que marca o topo do Cretáceo (figura 5). No pacote associado ao Cenozóico, foi feita a análise sismoestratigráfica das seções, para avaliar possíveis influências da sedimentação paleogênica do Gráben da Guanabara nas acumulações observadas na margem continental adjacente.

Esta análise resultou na interpretação seis sismosseqüências, cada qual interpretada como um trato de sistemas (figura 6). Os tratos então foram agrupados em três seqüências deposicionais individualizadas por discordâncias em seu topo e base (figura 7). As seqüências deposicionais I e II (figuras 8 e 9, respectivamente) foram consideradas de tipo 1 e a seqüência deposicional III de tipo 2, estendendo-se até o atual fundo marinho. No trato de sistemas de mar baixo, na base da seqüência deposicional II, foi identificada uma cunha de progradação oblíqua próxima ao continente (figura 10). Esta cunha tem ocorrência restrita e é associada a um maior aporte sedimentar localizado. Por sua posição, infere-se que este maior aporte tem relação com a presença do Gráben da

Guanabara, que controlou o aporte de sedimentos em direção a Bacia de Santos, como indicam os dados de paleocorrentes observados na associação de fácies III.

Conclusões

Todas as fácies sedimentares caracterizadas na área de estudo indicaram uma grande quantidade de fragmentos de feldspato, o que dá a Formação Macacu um caráter de baixa maturidade textural. Esta quantidade de feldspato pode ser o indicativo de uma deposição durante clima árido;

Não foram descritos depósitos de leques aluviais proximais na borda noroeste da bacia, o que corrobora a inferência de Ferrari (2001) de que tais depósitos foram erodidos durante uma fase de soerguimentos posterior a sua deposição;

As paleocorrentes na associação de fácies II são condicionadas pelas configurações das bordas da bacia, seja com a presença de altos fisiográficos pretéritos (formados por intrusões alcalinas) ou por inflexões na direção da falha de borda, dadas por falhas de transferência e por rampas de revezamento;

As paleocorrentes da associação de fácies III mostram-se axiais a bacia, tendo, em sua maioria, direção SW. Infere-se que neste período o Gráben da Guanabara canalizou sedimentos em direção a margem continental.

Foram definidas seis sismosseqüências, sendo cada uma delas interpretada como um trato de sistemas. Estes tratos foram agrupados em três Seqüências Depositionais, sendo as duas primeiras classificadas segundo Vail & Todd (1981) como de tipo 1 (com base erosiva, incluindo a formação de canais na plataforma) e a terceira de tipo 2 (formação de trato de sistemas de margem de plataforma sobre uma discordância pouco pronunciada).

Na Seqüência Depositional I, o trato de sistemas de mar alto (sismosseqüência C2) mostrou uma geometria heterogênia ao longo da costa onde, a SW, apresenta uma zona de *by-pass* mais alongada e um lóbulo em águas profundas mais expressivo. Esta diferença é interpretada como o resultado de variações no aporte sedimentar ao longo da costa. Infere-se que esta variação é um a conseqüência do tectonismo na área emersa adjacente (soerguimento das serras do Mar e Mantiqueira e instalação do RCSB);

Na base da Seqüência Depositional II, no trato de sistemas de mar baixo (sismosseqüência C3), foi observada uma cunha de progradação restrita arealmente, possivelmente associada a um maior aporte sedimentar localizado. Infere-se que este aporte sedimentar diferenciado tem relação com a presença do Gráben da Guanabara, que carrou sedimentos em direção a Bacia de Santos, seja durante a sedimentação da Formação Macacu, como indicam os dados de paleocorrentes da associação de fácies III, seja posteriormente durante o processo de soerguimento e deundação ocorrido na região.

Uma vez que o intervalo de tempo associado à deposição da Formação Macacu é de aproximadamente 30 Ma (Eoceno – Oligoceno), a correlação direta com

algum trato de sistemas interpretado torna-se pouco precisa, no entanto, a correlação entre o trato de sistemas de mar baixo (sismossequência C3) e a Formação Macacu é plausível, devido às características sedimentológicas (arenitos feldspáticos) desta formação, que apontam para um clima seco durante sua deposição, uma vez que um clima seco também é característica de períodos de nível de baixo gerados por eventos de glaciações.

As interpretações dadas às sismossequências no presente trabalho, apesar de considerá-las como tratos de sistemas deposicionais, levaram em consideração não apenas a variação do nível do mar, mas também a variação no aporte sedimentar para a bacia. Esta variação é associada a eventos tectônicos (instalação do RCSB, soerguimento da Serra do Mar e Maciços Litorâneos), assim como proposto por Azevedo Jr. (1991) que, ao correlacionar a deposição cenozóica nas bacias de Campos e Santos a eventos deformadores do relevo na região continental adjacente, interpretou que a deposição nestas bacias foi, durante este período, bastante influenciadas pelo aporte sedimentar. Este autor ainda afirma que o tectonismo na região teria propiciado a modificação de sistemas de drenagem direcionados para as bacias de Campos e Santos, ocasionando mudanças no percurso do transporte sedimentar ou rejuvenescimentos fluviais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Recursos Humanos (PRH11) da Agência Nacional do Petróleo (ANP), pela concessão da bolsa de mestrado durante o período em que este trabalho foi desenvolvido, bem como a utilização de recursos através de taxa de bancada, além do apoio do projeto "Determinação de Áreas-Fontes para os Níveis de Argilas Esmectíticas das Bacias Tafrogênicas do Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB" do CENPES, com coordenação do LAGEMAR/UFF e participação da UFRJ e da USP e à GAIA Ltda / PGS, pela cessão das linhas sísmicas analisadas neste trabalho.

Referências Bibliográficas

- AZEVEDO JUNIOR, M. F. 1991. Integração entre o preenchimento sedimentar cenozóico das bacias de Campos e Santos e a evolução tectônica e geomorfológica das áreas continentais adjacentes. Ouro Preto, 160p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto.
- DIAS, J. L.; SCARTON, J. C.; ESTEVES, F. R.; CARMINATTI, M.; GUARDADO, L. R. 1990. Aspectos da evolução tectono-sedimentar e a ocorrência de hidrocarbonetos na Bacia de Campos. *In* Origem e evolução de bacias sedimentares, ed. GABAGLIA, G. P. R. & MILANI, E., J. 333-359 p.
- FERRARI, A. L. 2001. *Evolução Tectônica do Graben da Guanabara*. São Paulo. 412p. (Tese de Doutorado, IGc/USP).
- FERRARI, A. L.; SILVA, A.; ALVES, E. C. 1991. Evolução tectônica da Serra do Mar: integração de dados das bacias marginais e do continente. *In*: SIMÓCIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. *Anais...*, Rio de Janeiro, SBG p. 465-466.
- LEEDER, M. R. & GAWTHORPE R. L. 1987. Sedimentary models for extensional tilt-block/half-graben basins. *In*: COWARD, M. P., DEWEY, J. F. HANCOCK, P. L. (eds). Continental extension tectonics. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 28: 139–152.
- LIMA, M. R.; CABRAL JUNIOR, M. & STEFANI, F. L. 1996. Palinologia de sedimentos da Formação Macacu - Rift da Guanabara, Terciário do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Na. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 68 (4): 531-543.
- MACEDO, 1990. Evolução tectônica da Bacia de Campos e área continental adjacente. *In*: *Origem e evolução de bacias sedimentares*, ed. GABAGLIA, G. P. R. & MILANI, E., J. p 361-376.
- PAYTON, C. E. (ed.) 1977. *Sismic Stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Tulsa, AAPG, 99-116. (Memoir # 26).
- POSAMENTIER, H. W. & VAIL, P. R. 1988. Eustatic control on clastic deposition II – sequence and systems tract. *In*: Wilgus, K. C. et al. (eds.): *Sea – level Changes: an Integral Approach*. Tulsa, SEPM, p. 125–154, (SEPM Spec. Publ., 42).
- RAMOS, R. R. C. 1997. *Estratigrafia da sucessão sedimentar terciária da Bacia de Resende, entre Resende e Quatis (RJ), com ênfase na caracterização das litofácies, ciclicidade e paleocorrentes*. Rio de Janeiro. 209p. (Dissertação de Mestrado), Depto. De Geologia – IGEO / UFRJ).
- RICCOMINI, C.; SANT'ANA, L. G.; FERRARI, A. 2004. Evolução geológica do Rift continental do sudeste do Brasil. *In*: MANTESSO – NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. R.; BRITO – NEVES B. B. (ED). Geologia do continente sul – americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo (SP), p. 383–404.
- VAIL, P. R.; AUDEMARD, F.; BOWMAN, S. A.; EISNER, P. N.; PEREZ – CRUZ, C. 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology – an overview. *In*: Einsele, G.; Ricken, W.; Seilacher, A. (eds.). *Cycles and Events in Stratigraphy*. Berlin, Springer – Verlag, 617–659.
- VAIL, P. R. & TODD, R. G. 1981. Northern North Sea Jurassic Unconformities, Chronostratigraphy and Sea – Level Changes from Seismic Stratigraphy. *In*: Institute of Petroleum. *Petroleum Geology of the Continental Shelf of Northwest of Europe*. London, 216 – 235.
- ZALÁN, P. V. 2004. Evolução fanerozóica das bacias sedimentares brasileiras. *In*: MANTESSO – NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. R.; BRITO – NEVES B. B. (ED). Geologia do continente sul – americano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo (SP). p. 595 – 612.

Associação entre a análise paleoambiental da Formação Macacu, Gráben da Guanabara (RJ), e a sedimentação cenozóica na margem continental adjacente



Figura 1: Morfologia da parte norte do RCSB, incluindo as bacias de São Paulo (SP), Taubaté (TB), Resende (RE), Volta Redonda (VR) e Macacu (MC). O Retângulo vermelho marca a área de estudo na parte emersa: o Gráben da Guanabara (modificado de Riccomini *et al.* 2004).

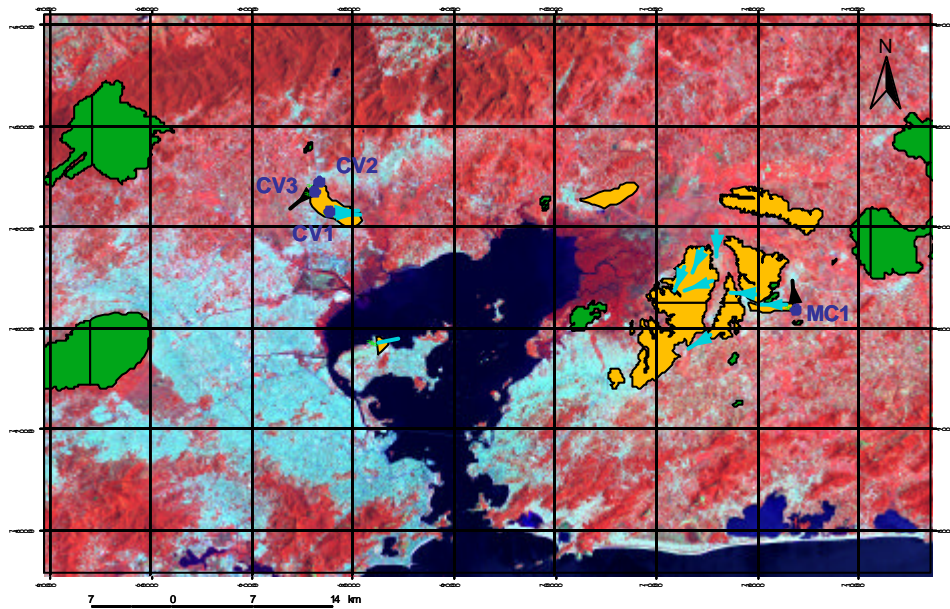


Figura 2: Imagem de satélite (TM landsat7, composição 473) mostrando a localização das seções levantadas na Bacia do Macacu (MC1: Seção Rio Brita; CV1: Seção Jardim Primavera; CV2: Seção Santa Cruz da Serra; CV3: Seção Vila São Judas Tadeu). Em verde encontram-se assinaladas as intrusivas alcalinas mesozóicas – cenozóicas e, em laranja, os depósitos da Formação Macacu. As setas azuis são os dados de paleocorrentes já existentes na literatura (Ferrari, 2001) somados aos dados da associação de fácies III. As setas negras são dados coletados para esta a associação de fácies II.

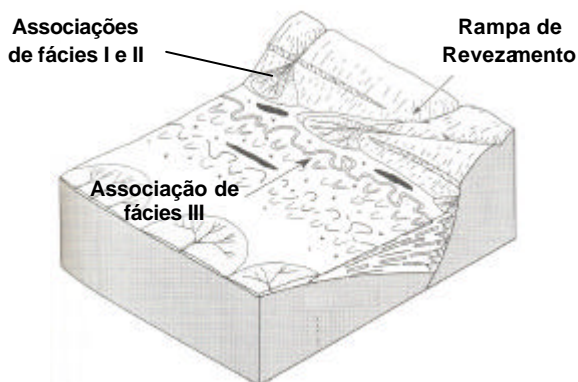


Figura 3: Modelo de sistema deposicional proposto para as associações de fácies descritas: um semi-gráben onde o sistema fluvial desenvolve-se junto à borda ativa do gráben (modificado de Leeder & Gawthorpe, 1987).

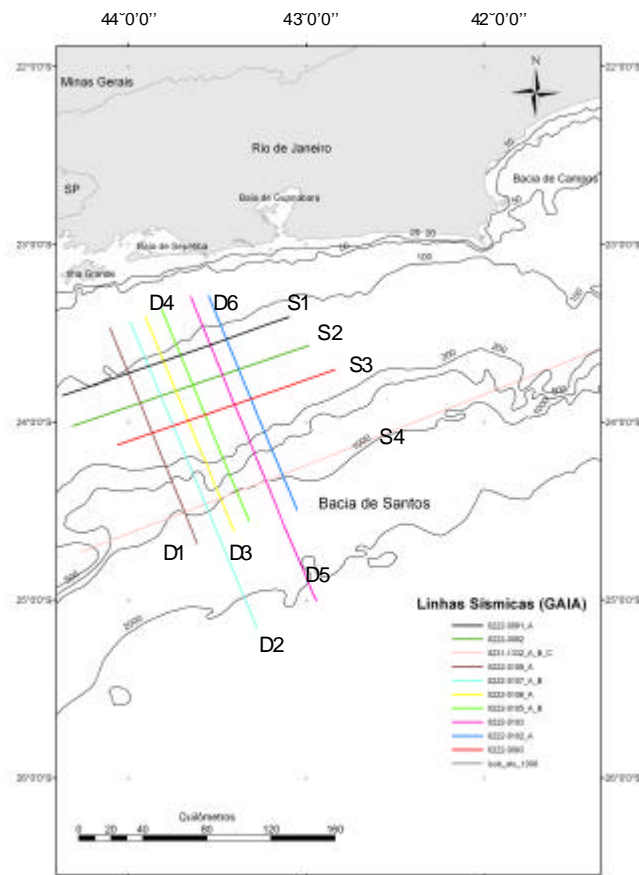


Figura 4: Mapa de localização das linhas cedidas pela GAIA Ltda, na margem continental da Bacia de Santos.

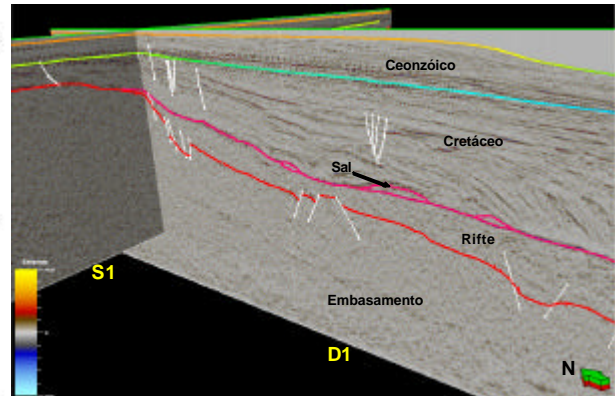


Figura 5: Imagem 3D da intersecção entre as linhas S1 e D1 ilustrando a interpretação dos principais marcos da Bacia de Santos

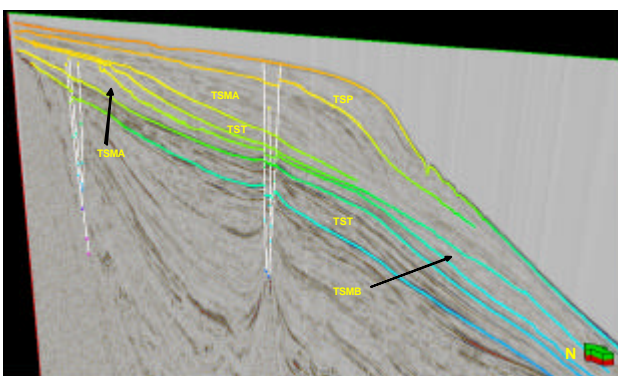


Figura 6: Delineação das seis sisomosseqüências interpretadas como tratos de sistemas (TST – trato de sistemas transgressivo; TSMA – trato de sistemas de mar alto; TSMB – trato de sistemas de mar baixo e TSP – trato de sistemas de margem de plataforma). Linha D1

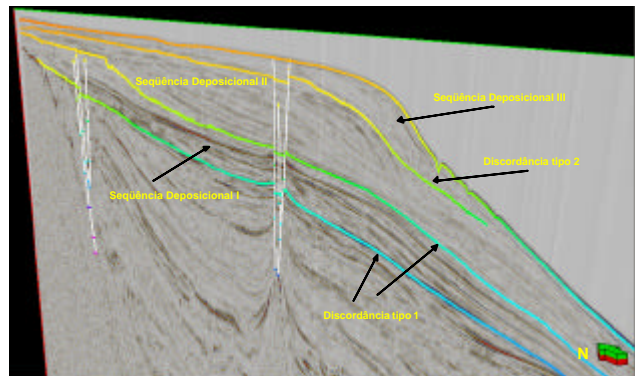


Figura 7: Os tratos de sistemas foram agrupados em três seqüências deposicionais individualizadas por discordâncias.

Associação entre a análise paleoambiental da Formação Macacu, Gráben da Guarabara (RJ), e a sedimentação cenozóica na margem continental adjacente

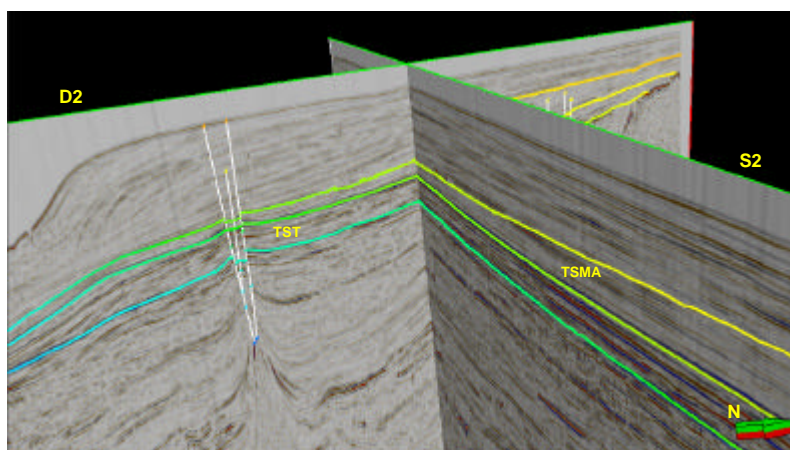


Figura 8: Intercessão das linhas D2 e S2 ilustrando as subdivisões da Seqüência Depositional I.

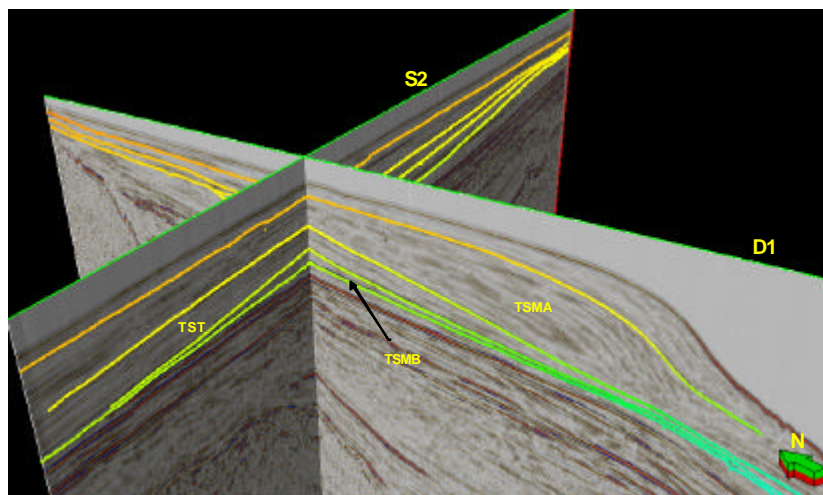


Figura 9: Intercessão das linhas D2 e S2 ilustrando as subdivisões da Seqüência Depositional II.

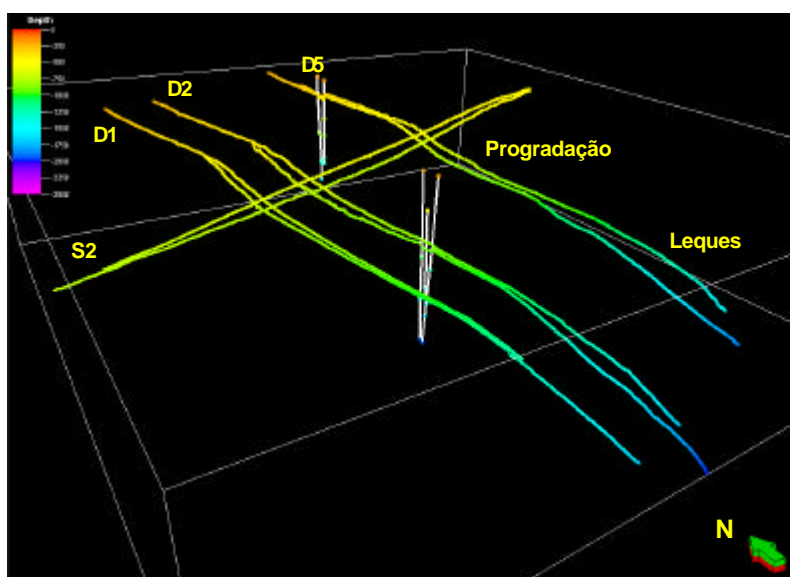


Figura 10: Bloco diagrama mostrando a distribuição do TSMB, atentar para seu afinamento tanto para SW quanto para NE (ao longo da costa). Profundidade em tempo (ms).