



CARACTERIZAÇÃO DE DEPOCENTROS PELA ANÁLISE DE ESTRATIGRAFIA SÍSMICA NA PORÇÃO NORTE DA BACIA DE SANTOS

Igor Lima de Jesus (Paradigm)

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 14th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 3-6, 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14th 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 the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Resumo

A interpretação sismoestratigráfica da porção norte da bacia de Santos permitiu a subdivisão do intervalo sedimentar (idade, base e topo) em sete sequências estratigráficas. Da base para o topo da bacia foram identificadas: o embasamento; a sequência rifte; a sequência aptiana; a sequência albiânica sobrepondo a aptiana; o Cretáceo Superior; o Paleoceno-Eoceno e o Oligoceno. Estas subdivisões foram interpoladas para gerar mapas de isópacas e mapas estruturais em 3D. A partir destes mapas, foram identificados depocentros que permitem deduzir alguns fatores que atuaram durante a deposição sedimentar, por exemplo, a influência de domos salinos que agiram como barreira à deposição em áreas mais distais, bem como o aumento da taxa de sedimentação após o soerguimento da Serra do Mar e do Alto de Cabo Frio limitando a deposição entre a bacia de Santos e Campos.

Introdução

Localizada na margem atlântica brasileira, encontra-se a Bacia de Santos, geologicamente delimitada ao Norte pela Bacia de Campos (Alto de Cabo Frio) e ao Sul pela Bacia de Pelotas (Alto de Florianópolis), apresentando uma área total aproximada de 350.000 km² que abrange os litorais dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (figura 1).

Desde meados dos anos 70, a margem continental brasileira vem sendo alvo de intensas pesquisas, com destaque para a bacia de Santos que após as descobertas de campos gigantes de petróleo, tornou-se uma das regiões mais pesquisadas do planeta (Bigarella & Andrade, 1965; Gonçalves *et al.*, 1979).

A carta estratigráfica da bacia de Santos tem seus primeiros esboços por estudos de Ojeda & Cesero (1973) *apud* Gonçalves *et al.* (1979), seguido por Pereira & Macedo (1990), Pereira & Feijó (1994), Mesling *et al.* (2001), ANP (2003), Modica & Brush (2004) e Moreira *et al.* (2007).

Para a confecção deste trabalho foram utilizados dados geofísicos de sísmica 2D de multicanal, calibradas com poços verticais. Estes dados pertencem ao projeto “Análise Morfo-tectônica e Significado Estratigráfico dos altos Estruturais que Segmentam as Bacias da Margem Continental Sudeste Brasileira”, feito em parceria entre a empresa REPSOL Y.P.F e o Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense. Com isso, importantes informações acerca da variação de nível de mar na bacia de Santos foram identificadas.

Portanto, este trabalho buscou investigar a evolução tectonosedimentar da porção norte da bacia de Santos levando em conta a influência das variações de nível de mar através da estratigrafia de sequências.

Metodologia

O trabalho referido baseou-se na caracterização das variações de nível de mar e identificação de depocentros. Para isso foi analisado um conjunto de dados de sísmica 2D multicanal e poços verticais (amostragem e perfis geofísicos). Esses dados foram adquiridos junto ao Banco de Dados de Exploração e Produção (BEDEP/ANP) a partir de um consórcio entre o Departamento de Geologia LAGEMAR-UFF e a companhia operadora de petróleo e gás REPSOL visando investigar a evolução tectono-sedimentar da margem continental sudeste do Brasil.

Neste trabalho foram utilizadas 25 seções sísmicas multicanal e 05 poços (figura 2). A metodologia utilizada nas interpretações foi baseada em informações acadêmicas de sismoestratigrafia (Mitchum & Vail, 1977), levando em consideração a geometria interna e externa das camadas e continuidade do horizonte sísmico. Além disto, foi considerada a metodologia de Van Wagoner (1991) no que se refere a variação eustática. Para interpretação das seções sísmicas foi utilizado o software *Seisearch XV*, pertencente a *Paradigm Geophysical* do Brasil.

A exata calibração dos intervalos interpretados nas seções sísmicas em relação as fases de deposição estratal se deu a partir de poços verticais. No caso das seções que não cruzam poços, os dados foram integrados por projeções baseadas no aumento do alcance da captação dos dados de poço pela sísmica. Para seções que se encontravam a grandes distâncias dos poços, a calibração foi feita cruzando seções sísmicas já calibradas, para que estes dados servissem de base, definindo assim, intervalos de linhas distantes daqueles poços.

A interpretação dos horizontes foi correlacionada com o trabalho de Assine *et al.* (2008). Seguindo a interpretação desses horizontes foram confeccionados mapas de profundidade bem como mapas de isópacas.

Resultados

A partir da integração da análise sismoestratigráfica com os registros geológicos extraídos dos poços foram definidos sete domínios cronoestratigráficos relacionados a discordâncias e/ou superfícies de inundação. Embasamento (Neocomiano), Seção Rifte, Aptiano, Albiano, Cretáceo Superior Paleoceno e Oligoceno.

Com este estudo sismoestratigráfico foi possível identificar falhas normais sintéticas e antitéticas que foram geradas durante o processo de rifteamento e em alguns casos reativadas nas fases pós-rifte. Posteriormente, a halocinese, causada pela carga sedimentar depositada acima da sequência Aptiana, gerou falhas lístricas. A figura 3 mostra uma seção interpretada identificando as sequências descritas neste trabalho.

Dentre os resultados, podemos identificar:

- Adelgaçamento decorrente da extrusão total ou parcial de evaporitos do Aptiano (Gap do Albiano), em conformidade com a proposição de Modica e Brush (2004).
- Aptiano, com adelgaçamento em regiões proximais e gigantescas muralhas em regiões mais distais, consequentes da notável plasticidade dos evaporitos e grande aporte sedimentar oriundo do continente.
- Em alguns trechos não há registro do Paleoceno-Eoceno. Para Assine *et al.* (2008), isto está relacionado a estruturas salinas que representaram um obstáculo a passagem de sedimentos em áreas mais profundas (figura 4).

Mapas Estruturais e de Isópacas

Após a interpretação das seções sísmicas 2D que foram amarradas com os dados de poço, foi feito um processo de interpolação geoestatística (figura 5) utilizando o método de vizinhos mais próximos. Este processo tem como objetivo gerar mapas estruturais (caracterizando diferenças altimétricas) e de isópacas (variação de espessura vertical existente entre diferentes mapas estruturais) que permitam caracterizar a migração de depocentros e identificar a evolução tectono-sedimentar frente a variação de nível de mar.

Desta forma, alguns mapas se destacam:

- O mapa estrutural do embasamento (figura 6), a partir de diferenças altimétricas possibilitou identificação de estrutura como Alto de Cabo Frio, que esteve presente desde o início da ruptura do Supercontinente Gondwana.
- Mapa de Isópacas da sequência aptiana (figura 7) demonstra a diferença de espessura nos

blocos da falha de cabo frio. Além disso, observamos linhas de muralhas de sal em porções mais distais.

- Pelo mapa Estrutural do topo do Cretáceo Superior (figura 8) fica claro que o aporte sedimentar encontrou nos domos de sal uma barreira intransponível durante este período, em áreas mais distais. Moreira *et al.* (2007), associa essa elevada taxa de suprimento sedimentar com o soerguimento da Serra do Mar, em especial na parte norte da bacia.
- O Mapa de Isópacas Total (figura 9) propõe uma estimativa de como ocorre a distribuição sedimentológica a partir da ruptura do Supercontinente Gondwana até o período recente. O mapa mostra os maiores altos e depocentros da área estudada considerando a história geológica da bacia de Santos. A partir da análise deste mapa conclui-se que o Alto de Cabo Frio atuou como um segregador no transporte sedimentar interbacia durante um grande período da evolução da bacia. E também que a porção intermediária atuou como um depocentro sedimentar. Além disso, esses depocentros tiveram relação com a mobilidade dos sedimentos aptianos devido a grande aporte sedimentar ocorrido durante períodos como o Paleoceno.

Do ponto de vista tectônico, o mapa de isópaca Total mostra a influência da deformação ocorrida na fase rifte haja vista a compatibilidade entre os modelos propostos para este período e o referido mapa. Isto leva a crer em uma pouca expressividade tectônica nas fases posteriores (transicional e pós-rifte), insuficiente para mudar de forma latente o registro geológico da área.

É possível a identificação de alinhamentos NW-SE. Estes alinhamentos coincidem com as zonas de transferência propostas por Meisling *et al.* (2001); Mohriak (2004); Souza (2008) e apresentam a mesma orientação. Para estes autores, essas zonas se formaram durante a fase rifte com reativação de algumas durante a formação de fraturas oceânicas, ilustrada na figura 10.

Conclusões

A partir das seções sísmicas analisadas, foi possível a identificação de sete sequências sísmicas. Essas sequências foram delimitadas por discordâncias e identificadas por padrões de terminações dos seus refletores e, também, através de truncamentos erosivos.

A porção norte da bacia de Santos teve sua evolução sedimentar influenciada por diversos fatores. Dentre eles alguns merecem destaque, como o Alto de Cabo Frio, limitando esta bacia com a de Campos, surgimento da Serra do Mar, que ao longo do tempo tornou-se um grande fornecedor de sedimentos para esta bacia, além das muralhas de sal, geradas a partir da deformação e acumulação dos sedimentos aptianos.

A análise e interpretação dos dados de sísmica 2D amarrados com dados de poço permitiram a identificação dos depocentros e sua migração ao longo da história da bacia.

A deposição aptiana ocorreu em um ambiente com relativa quiescência tectônica haja vista a ausência de falhas nessa sequência. Contudo, devido a grande capacidade plástica dos evaporitos e a intensa deposição das sequências sobrepostas houve uma extraordinária mobilidade dos sedimentos evaporíticos em áreas mais proximais com conseqüente acúmulo na parte mais distal da área de estudo, gerando as muralhas de sal identificadas. Algumas muralhas exerceram uma espécie de bloqueio à migração de sedimentos para áreas mais distais da bacia.

Com os mapas estruturais foi possível perceber a influência do Alto de Cabo Frio na configuração deposicional da bacia de Santos. Além disto, com o auxílio desses mapas foi possível estimar os planos de algumas falhas, dentre elas, a Falha de Cabo Frio.

Estruturalmente, a margem continental do sudeste brasileiro na área de estudo apresenta uma evolução tectônica distensional, com orientação preferencial na direção NE-SW. Isto fica evidenciado pela identificação no mapa estrutural do topo do embasamento e no mapa de isópaca total de alinhamentos nesta mesma direção. Estes alinhamentos coincidem com as zonas de transferência proposta por Meisling *et al.* (2001).

Os mapas de isópacas permitiram a compressão de componentes como influxo sedimentar e variação de nível de mar na sedimentação e evolução da área de estudo. A partir da análise dos mapas é possível observar que a espessura sedimentar depositada na região do Alto de Cabo Frio é inferior as regiões adjacentes. A movimentação dos evaporitos, formando as muralhas na área mais distal, permitiu a criação de depocentros que foram preenchidos pelo grande aporte sedimentar gerado pelo surgimento da Serra do mar.

Agradecimentos

O autor agradece à UFF pela liberação dos dados. À Paradigm pelo suporte para confecção deste trabalho.

Referencias

ANP, 2003. Interpretação e mapeamento dos sistemas petrolíferos da Bacia de Santos. *Relatório ANP/FUNDUNESP* tomo 1:1-170.

ASSINE, M.L.; CHANG, H.K.; CORRÊA, F.S., 2008. Migração de Depocentros na Bacia de Santos: Importância na Exploração de Hidrocarbonetos. *Revista Brasileira de Geociências* v38, nº2. Junho/2008 p111-127.

Bigarella J.J. & Andrade G.O. 1965. Contribution to the study of the Brazilian quaternary. *Geological Society Special Publication*, 84:433-451.

GONÇALVES, A.; OLIVEIRA, M. A. M. D.; MOTTA, S. D. O., 1979. Geologia da bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 22:157-174.

JESUS, I.L., 2012. Identificação de Depocentros na Porção Norte da Bacia de Santos a Partir da Análise de Estratigrafia Sísmica. 107p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense.

MEISLING, K. M.; COBBOLD, P. R.; MOUNT, V. S., 2001. Segmentation of obliquely rifted margin, Campos and Santos basins southeastern Brazil. *AAPG Bulletin*, 85:1903-1924.

MITCHUM, R. M. JR; VAIL, P.R., 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, part 1: The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis. In: PAYTON, C.E. (Ed.). *Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbons Explorations* (Memoir # 26), 53-62.

MODICA, C. J. & BRUSH, E. R. 2004. Postrift sequence stratigraphy, paleogeography, and fill history of deepwater Santos Basin, offshore southeast Brazil. *AAPG Bulletin*, 88:923-945.

MOHRIAK, W. U., 2004. Recursos Energéticos Associados à alteração Tectônica Mesozóico-Senozoico da América do Sul. In: Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. XLXII Congresso Brasileiro de Geologia, Axará, p(270-296), 2004.

MOREIRA, J. L. P.; MADEIRA, C. V.; MACHADO, M. A. P., 2007. Bacia de Santos 2007. *Boletim de Geociências da petrobras*. Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 531 -549, Maio/Nov 2007.

OJEDA, H.A., SILVA, A.B., 1975. Bacia de Santos e Pelotas: relatório de progresso. Relatório Interno, PETROBRAS – DEPEX., No.1232.

PEREIRA, M. J.; FEIJÓ, F. J., 1994. Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 8, n. 1, p. 219-234.

PEREIRA, M. J.; MACEDO, J. M., 1990. A bacia de Santos: perspectivas de uma nova provincial petrolífera na plataforma continental sudeste brasileira. *Boletim Geociências da petrobras*, 4:3-11.

SOUZA, I. A., 2008. Falhas de Transferência da porção norte da Bacia de Santos interpretadas a partir de dados sísmicos: sua influência na evolução e deformação da bacia. Rio Claro – SP. 182p Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

CARACTERIZAÇÃO DE DEPOCENTROS NA PORÇÃO NORTE DA BACIA DE SANTOS 4

VAN WAGONER, J.C., MITCHUM Jr., R.M., CAMPION, K.M., RAHMANIAN, V.D., 1990. Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Core, and Outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. AAPG Methods in Exploration Series 7, 55 pp.

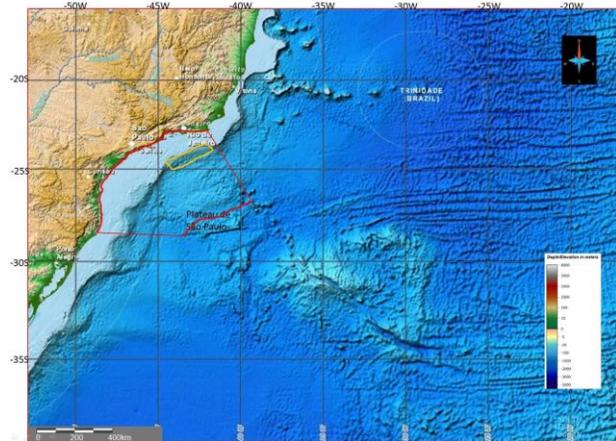


Figura 1: Mapa de localização da bacia de Santos, destacada em vermelho. Em laranja, a área de estudo. (Fonte: <http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/bathymetry/>).

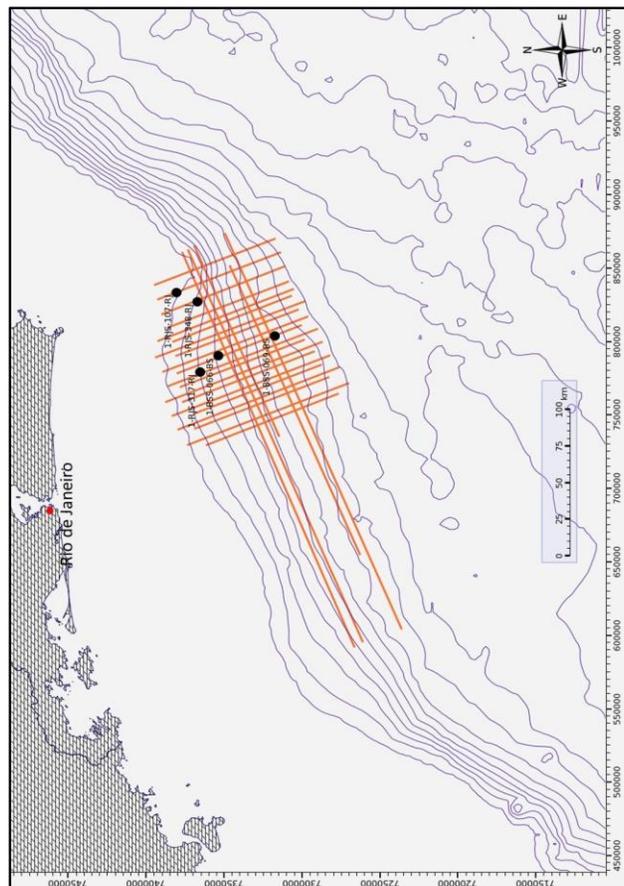


Figura 2: Localização das linhas sísmicas e dos poços utilizados neste trabalho (software Seisearch – Paradigm).

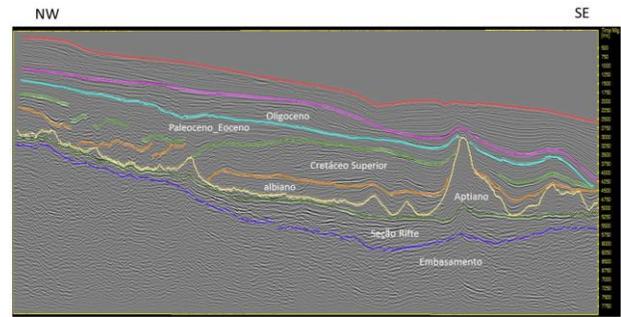


Figura 3: Trecho de seção sísmica estudada, ilustrando as sequências identificadas neste trabalho.

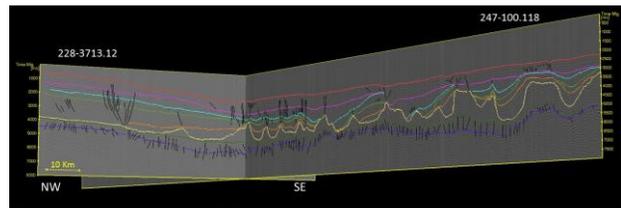


Figura 4: Trecho da seção strike evidenciando domos de sal da sequência aptiana. Observar falhas geradas pela halocinese atuando até em sequencias mais recentes. Linha laranja indica interseção de uma seção dip.

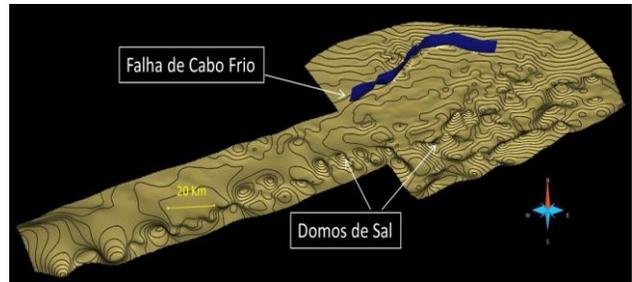
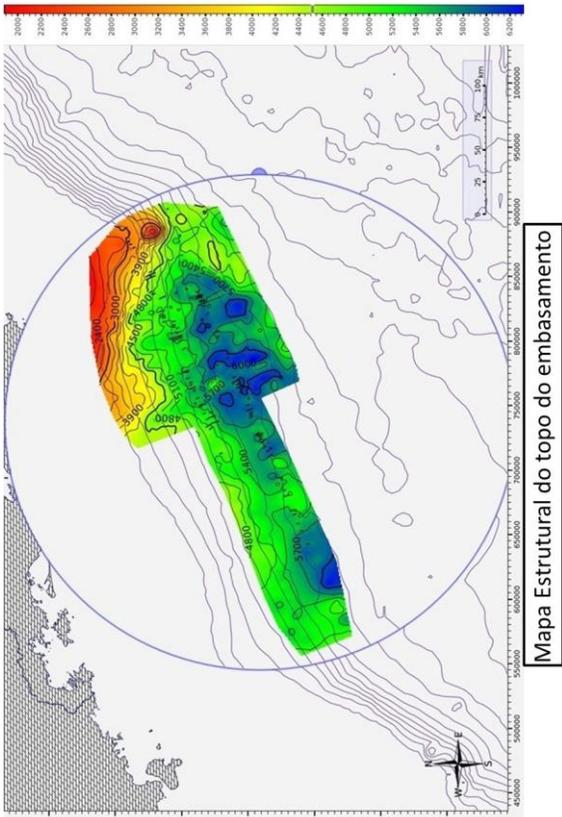
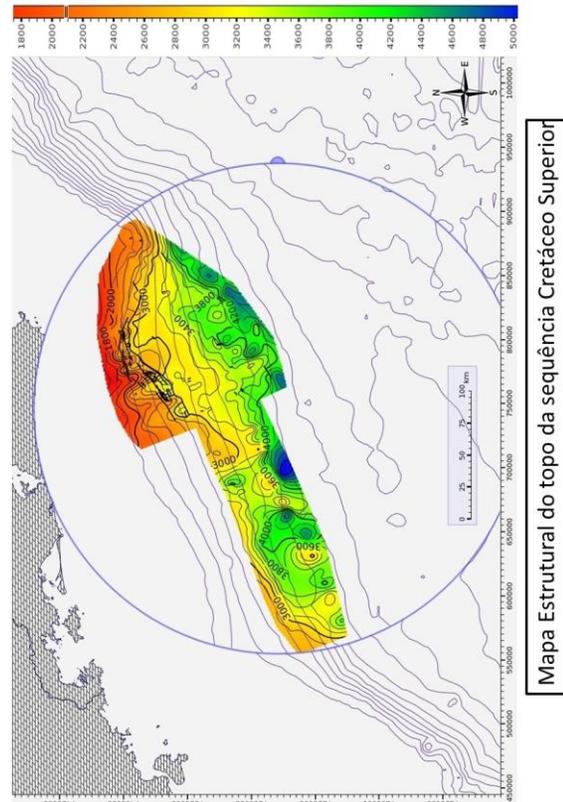


Figura 5: superfície em 3d gerada a partir da interpolação do horizonte aptiano interpretado das seções 2d. Profundidade em (ms). Falha de Cabo Frio, plano azul.



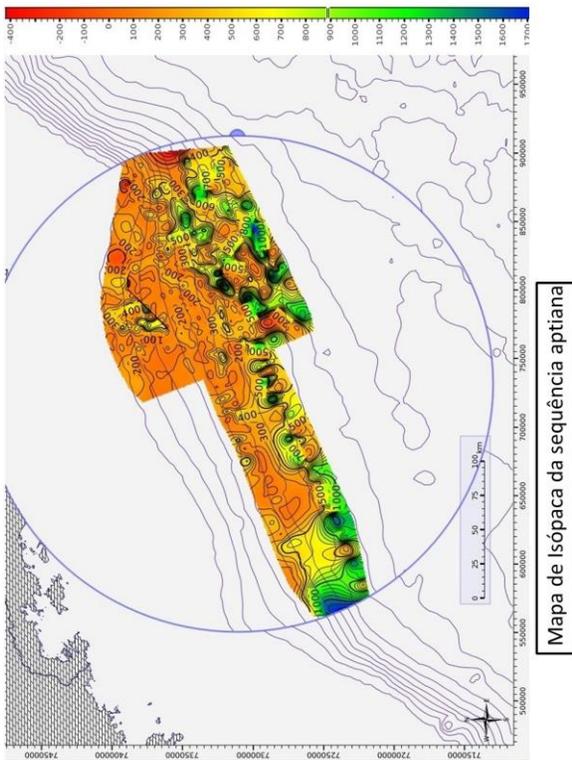
Mapa Estrutural do topo do embasamento

Figura 6: Mapa estrutural do topo do embasamento. Observar que Alto de Cabo Frio se encontra presente neste periodo.



Mapa Estrutural do topo da sequência Cretáceo Superior

Figura 8: Mapa estrutural do topo do Cretáceo superior. Evaporitos do Aptiano bloquearam avanço de sedimentos à áreas mais distais.



Mapa de Isópaca da sequência aptiana

Figura 7: Mapa de Isospaca da sequência aptiana. Murallas de Sal em Porções mais distais.

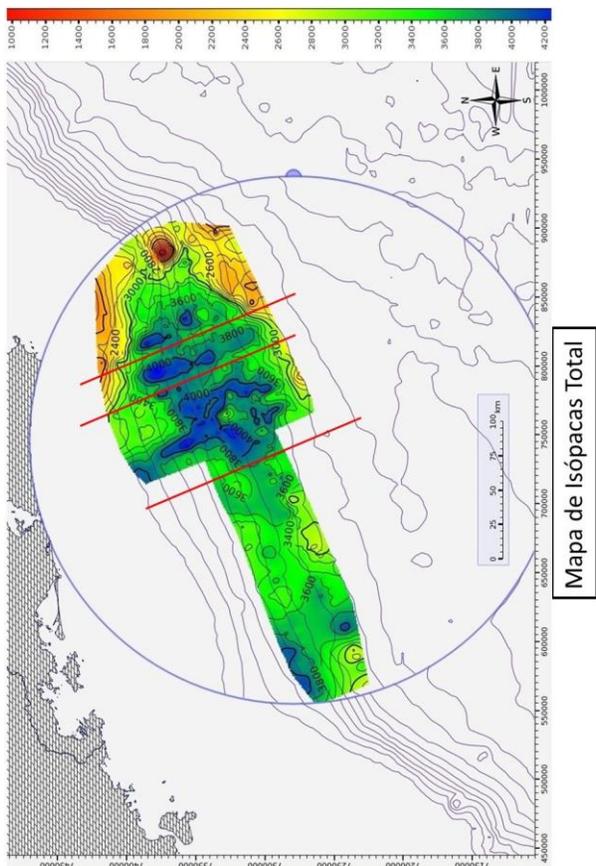


Figura 9: Mapa de Isópacas Total. alinhamentos NW-SE. Estes alinhamentos coincidem zonas de transferência propostas por Meisling *et al.* (2001

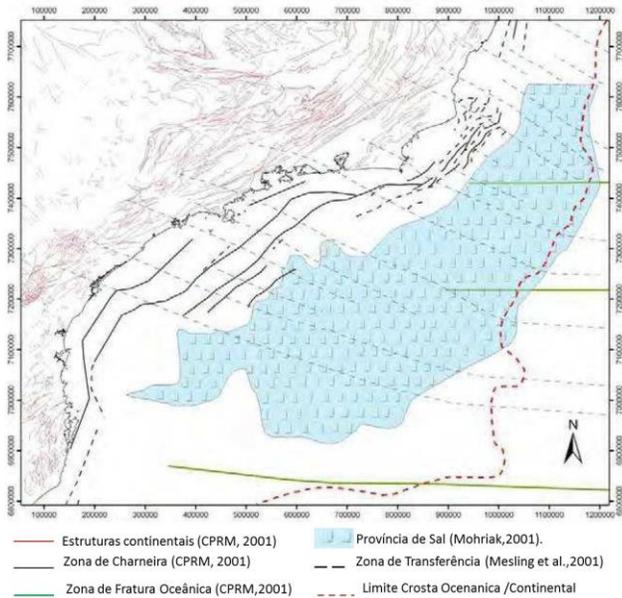


Figura 10: Zonas de transferência propostas por Meisling *et al.* (2001).