

CARACTERIZAÇÃO DA GEOMETRIA DE DEPÓSITOS SEDIMENTARES DA FORMAÇÃO AÇU NA BORDA SUDOESTE DA BACIA POTIGUAR, NE DO BRASIL.

Yoe Alain Reyes Pérez¹, Francisco Pinheiro Lima Filho², Leonardo Menezes³, Jorge Luís Porsani⁴, Ciro Jorge Appi⁵, Verônica Dantas de Araújo⁶, Anderson de Medeiros Souza⁶.

RESUMO:

No presente trabalho foi analisado o potencial de uso de algumas técnicas com o objetivo de identificar geometrias deposicionais e subsidiar os estudos de reconstrução paleogeográfica da borda sudoeste da Bacia Potiguar. Para tanto, foram identificadas duas áreas e selecionados alguns afloramentos para estudos integrados de geologia e geofísica. As principais técnicas utilizadas foram: análises de fácies, sensoriamento remoto, perfis geofísicos com GPR e levantamentos de perfis de raios gama em afloramentos. Esta abordagem metodológica se mostrou eficiente no que tange ao uso do método de análise de fácies para identificação de geometrias 2D. Os perfis de raios gama também apresentaram uma boa resposta, justificando seu uso na identificação de geometria 1D e 2D. Entretanto, o GPR não mostrou suficiente contraste para a identificação de refletores de interesse geológico nos afloramentos Apodi e Olho d' Água da Bica.

ABSTRACT:

This study focuses on the potential of several techniques used to identify depositional geometries and paleogeographical investigation on the SW border of the Potiguar Basin. Two areas were selected for an integrated geological and geophysical study. The main used techniques were facies analysis, remote sensing, ground penetrating radar (GPR) and gamma-ray in outcrops. These methodological approaches were very efficient in the facies analysis of 2D geometries. Gamma-ray profiles also presented good results, which justify their use in 1D and 2D geometric analysis. However, GPR profiles were not able to identify geological reflectors in the Apodi and Olho d' Água da Bica outcrops.

Palavras-Chave: Bacia Potiguar, Formação Açú, geometria deposicional

¹ Doutorando pelo PPGG, Bolsista CAPES, UFRN, Caixa Postal 1669, Natal/RN, e-mail: yoealain@yahoo.com

² PPGG, Dep. Geologia, UFRN, Caixa Postal 1669, Natal/RN, e-mail: pinheiro@geologia.ufrn.br

³ Mestrando pelo PPGG, Bolsista ANP, UFRN, Caixa Postal 1669, Natal/RN, e-mail: leonardo@geologia.ufrn.br

⁴ IAG-USP, Rua do Matão, 1226, São Paulo/SP, e-mail: porsani@iag.usp.br

⁵ PETROBRAS/CENPES, C.Univ, Quadra7, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro/RJ. e-mail: appi@cenpes.petrobras.com.br

⁶ Curso Geologia, Bolsista ANP, UFRN, Caixa Postal 1669, Natal/RN

Introdução:

Estudos sobre geometrias deposicionais e arquitetura sedimentar, em afloramentos, aplicando técnicas de imageamento, GPR e raios gama têm sido realizados em quase todos os sistemas deposicionais. A partir do final da década de 80 houve um importante incremento neste tipo de pesquisa, entretanto, pode-se citar dois marcos: os trabalhos de Miall (1985, 1988) e o Meeting promovido pela *Geological Society of London* denominado de *Quantification of Sediment Body Geometries and their internal heterogeneities*, realizado em 1988. No Brasil os trabalhos de Menezes e Lima-Filho (2001), Lima-Filho *et al.* (2002), Poletto *et al.* (2002), Reyes-Pérez (2003) utilizaram esta metodologia integrada (geologia /geofísica).

Na caracterização de depósitos influenciados por marés podem ser destacados os trabalhos de Bristow (1995), McMechan *et al.* (1997), Yoshida *et al.* (1999), Willis e White (2000) e Willis *et al.* (2001), bem como os desenvolvidos pelos membros do projeto Tidal Sandstone Reservoir Characterization, FORCE/ Imperial College. No Brasil podem ser ressaltados os trabalhos de Bagnoli e Farias (1989), Farias *et al.* (1990), Bagnoli (1992), Castro (1992), Bagnoli *et al.* (1994), Apolucemo (1995), Córdoba (2001), Reyes-Pérez *et al.* (2002) e Reyes-Pérez (2003).

O objetivo principal do presente trabalho é estudar a geometria e arquitetura de fácies de depósitos terrígenos, controlados por marés, da Formação Açú (unidade Açú-4), ocorrendo na borda Sudoeste da Bacia Potiguar.

Geologia da Área de estudo.

A área de estudo situa-se na porção sudoeste da Bacia Potiguar, abrangendo a região da transição da Formação Açú a Formação Jandaíra. Nesta região foram selecionados afloramentos nos municípios de Apodi no Rio Grande do Norte e Tabuleiro do Norte no Ceará (Figura 01).

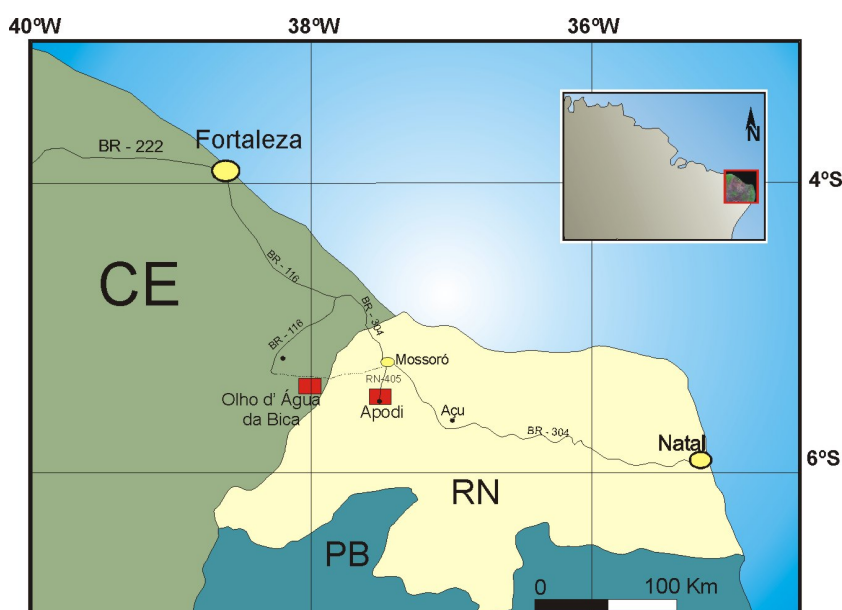


Figura 01 Mapa de localização das áreas de estudo.

A Bacia Potiguar, situada no extremo nordeste do Brasil, abrange uma área estimada entre 48000 Km², (Bertani *et al.* 1990); e 60000 Km², (Araripe e Feijó 1994); englobando o norte do Estado do Rio Grande do Norte e uma porção do Estado do Ceará. Deste total, cerca de 40% emersos e 60% na plataforma e talude continentais.

A Formação Açú, foi definida por Kreidler e Andery (1949), e formalizada por Sampaio e Schaller (1968), para designar os arenitos finos a grossos, intercalados com folhelhos, argilitos e siltitos, os quais sobrepõem-se discordantemente a Formação Alagamar e interdigitam-se lateralmente com as rochas das Formações Ponta do Mel e Quebradas, estando sotopostos concordantemente com as rochas carbonáticas da Formação Jandaíra.

A partir da análise de perfis elétricos, descrição de afloramentos e testemunhos, as rochas da Formação Açú são classificadas informalmente em quatro unidades, denominadas de Açú I a Açú IV, associadas respectivamente aos sistemas deposicionais leques aluviais, sistemas fluviais entrelaçados e meandantes, e estuarino (Vasconcelos *et al.* 1990).

A unidade operacional Açú 4, objetivo deste trabalho, corresponde à porção superior da Formação Açú. É caracterizada por arenitos médios a muito finos, argilitos, folhelhos, siltitos, e eventualmente, calcilitos e margas dolomitizados. O sistema deposicional desta unidade representa a implantação de um sistema litorâneo estuarino com desenvolvimento de ilhas barreiras, cortadas por canais de maré com laguna na retaguarda (Vasconcelos *et al.* 1990; Córdoba, 2001). O Membro Mossoró, equivalente ao Açú 4, foi estudado em detalhe por Castro (1992), o qual propõe quatro sistemas deposicionais: fluvial meandrante, planície deltáica, planície de maré e marinho raso. Bagnoli (1992), estudando os arenitos do mesmo membro localizados no Campo de Canto do Amaro, identificou também canais de maré, planície de maré, laguna, delta e pântanos desenvolvidos durante um período de subida do nível relativo do mar com linha de costa de direção NE-SW. Trabalhos importantes relacionados com esta unidade são os desenvolvidos por Castro e Barrocas (1981), Bagnoli e Farias (1989), Farias *et al.* (1990), Bagnoli (1992) e Reyes-Pérez (2003).

Metodologia

A metodologia aqui utilizada foi sintetizada em três etapas principais que envolvem desde a seleção das áreas de trabalho, a escolha dos afloramentos, aquisição e tratamento de dados até a análise e interpretação dos sistemas deposicionais (Figura 02).

Na primeira etapa foram empregadas imagens do Landsat TM-7, para caracterização geológica regional e elaboração de mapas geológicos, na escala 1:100 000 e 1:50 000, para delimitação das áreas maiores onde o trabalho de busca dos afloramentos foi realizado.

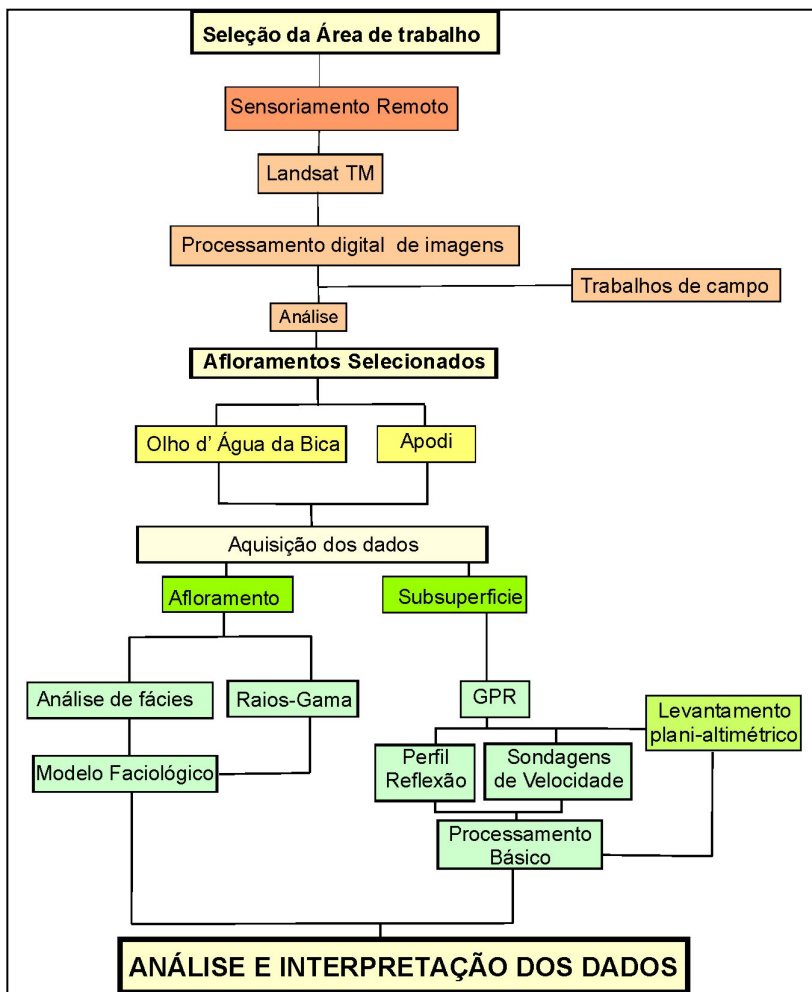


Figura 02. Fluxograma mostrando os principais tópicos da metodologia utilizada neste trabalho.

Para o processamento digital de imagens foi empregada a versão 3.6.01 do *software* SPRING (Câmara *et al.* 1996). As composições coloridas RGB mais adequadas para a interpretação das diferentes litologias presentes na área são: a 752 para ressaltar os depósitos recentes, os quais tem uma coloração mais clara e uma textura mais rugosa; as 542 e 432, com contraste de raiz quadrada, para delimitar o embasamento assim como as áreas ocupadas por calcário e áreas onde afloram rochas siliciclásticas da Formação Açú.

A segunda etapa começou com a seleção dos afloramentos onde seriam realizados os estudos de geometria deposicional, finalizando com a aquisição dos dados. Os estudos de caracterização da geometria envolveram duas abordagens diferentes, ambas objetivando a obtenção de informações bidimensionais (2D). Em afloramentos, com o uso de técnicas modernas de mapeamento, e em subsuperfície, a partir de sondagens geofísicas rasa com o Radar de Penetração no Solo (GPR).

A terceira e última etapa dos trabalhos compreendeu a interpretação, análise e integração dos dados obtidos.

Aquisição dos dados:

Dados dos Afloramentos:

Nos afloramentos foram levantadas seções colunares com respectivos perfis de raios gama, sendo montado um arcabouço do afloramento a partir de fotografias e elaboração de painéis, permitindo a visualização das feições associadas às geometrias deposicionais.

Os levantamentos fotográficos foram realizados com um distanciamento adequado dos afloramentos, de forma a permitir um recobrimento mínimo de 40%, que em alguns casos chegou a 65%. Desta forma, minimiza-se as deformações na borda da fotografia. Para reduzir as distorções foram observadas outras recomendações metodológicas de imageamento propostas por Arnot *et al.* (1997) e Caracuel *et al.* (2000). Empregou-se na aquisição das imagens uma máquina digital Nikon Copix 950, com resolução de 3,2 megapixel.

No presente trabalho foi utilizado o espectrômetro portátil de raios gama GR-320 enviSPEC da *Exploranium Radiation Detection Systems* para levantar perfis de radiação de raios gama ao mesmo tempo em que eram descritas seções colunares com o objetivo de identificar padrões de radiação característicos para os afloramentos estudados. Foram medidas as concentrações individuais do K, U, Th bem como os valores de contagem total. Na aquisição dos dados foram seguidas duas metodologias: 1) recomendada pelo fabricante, onde foram realizadas leituras a cada 30 cm, com um tempo de aquisição de 30 segundos; 2) adaptada neste trabalho, que consistiu na tomada de dados com espaçamento definido em função das variações litológicas ou texturais ao longo da seção levantada, com tempo de aquisição de 30 segundos. Para determinação do *background* da região e posterior correções das curvas obtidas, foram realizadas medidas próximas da lâmina de água no centro de um açude localizado na região.

Investigações de subsuperfície empregando o GPR.

O GPR (*Ground Penetrating Radar*) gera imagens de alta resolução, com base no registro do tempo de viagem das ondas eletromagnéticas (Annan 1992). No presente trabalho foi empregado o RAMAC/GPR da MALA GeoScience. Este equipamento compõe-se de uma unidade de controle UC II, antenas de 50, 100 e 200 MHz, seis baterias, um transmissor e um receptor eletrônico. Na aquisição de algumas linhas foi empregada uma unidade de controle UC I, bem como um transmissor e receptor do Instituto de Astronomia e Geofísica da USP.

O processamento de dados de GPR pode ser dividido em básico e avançado (Davis e Annan 1989, Porsani 2002). Para os perfis de reflexão adquiridos foi realizado um processamento básico empregando o *software* GRADIX versão 1.11 com a seqüência que será descrita a seguir: Drift Removal, Dewow, Ajuste do tempo zero, Ganho, Filtros passa-banda, Declip, Conversão em profundidade e Correção topográfica.

Discussão dos Resultados.

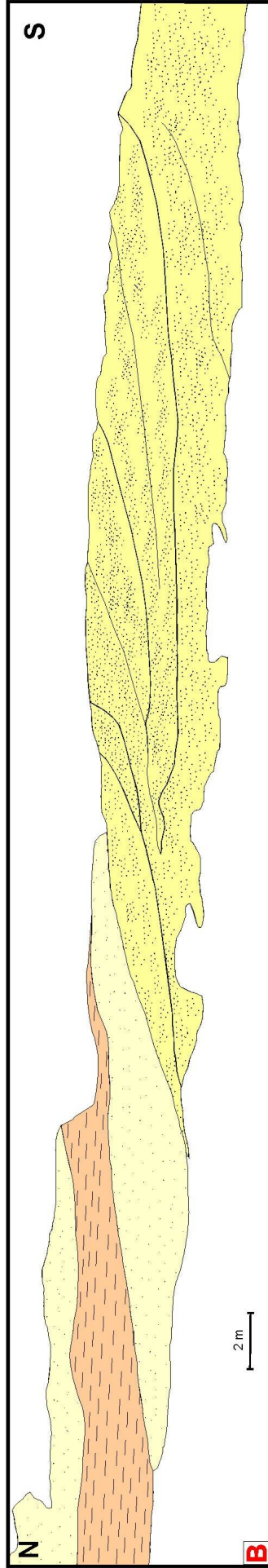
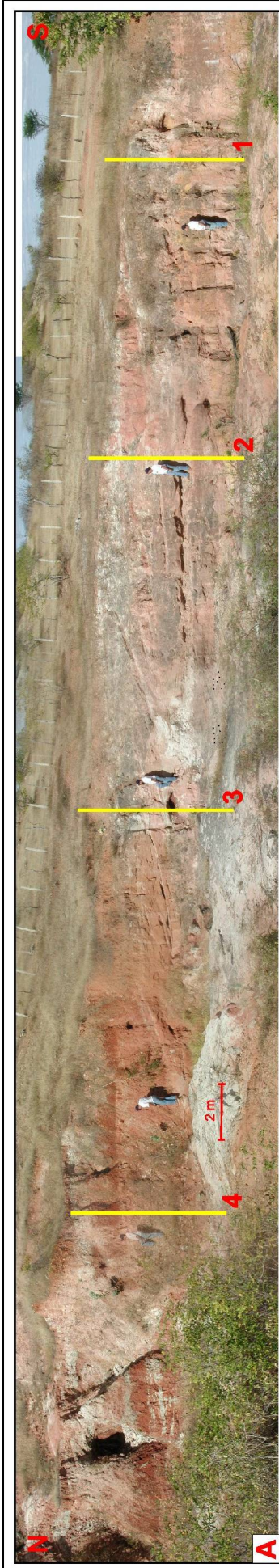
Afloramento Apodi:

O afloramento de melhor exposição da área encontra-se localizado na escarpa da Chapada do Araripe, a três quilômetros da cidade de Apodi-RN. Este afloramento foi interpretado como originado a partir de sistema fluvial meandrante (Castro e Barrocas 1981) e, posteriormente, re-interpretado como depositado em ambiente transicional, relacionado a sistemas influenciados por marés (Bagnoli e Farias 1989); (Bagnoli 1992).

O afloramento, que apresenta uma extensão de aproximadamente 1 km, expõe na base, rochas da Formação Açú (Unidade Açú-4) e na porção superior calcários da Formação Jandaíra. Na base ocorrem conglomerados com estratificação cruzada acanalada e tabular, marcada por clastos de argilas e raramente seixos de quartzo; arenito grosso, médio, fino e muito fino com estratificação cruzada, mostrando uma variação regular tanto no mergulho quanto na espessura (*tidal bundles*) e argilito laminado. Nestas rochas podem ser observadas outras estruturas sedimentares primárias das quais podem ser destacadas as laminações cruzadas de pequeno porte (marcas onduladas reversas), os pares conjugados de argila (*mud couplets*) e as superfícies de reativação. A presença associada destas diferentes feições pode ser empregada como critério diagnóstico da influência da ação de correntes de marés.

Com o imageamento digital foram identificadas as principais geometrias deposicionais 2D, denominadas de sigmóide (Figura 03). As mesmas correspondem à superposição de diferentes barras de maré, com paleocorrente preferencial para norte, relacionadas à maré vazante. Percebe-se também a presença de laminação cruzada de pequeno porte, com sentido de paleocorrente para sul, mostrando o caráter bidirecional do fluxo. As sigmóides devem representar a entrada de barras de marés no mar, onde a diminuição brusca de energia, gerada pelo atrito do fluxo da água do canal de maré no mar, leva a deposição de corpos sedimentares com a forma lobada.

Os perfis de reflexão foram adquiridos com objetivo de identificar as geometrias dos estratos de forma a representá-los em três dimensões (3D). Os perfis geofísicas com GPR foram realizadas na porção inferior da escarpa com antenas de 50 e 100 Mhz, espaçamento de 0,5 e 0,25 m em duas linhas paralelas, e uma perpendicular (Figura 04). Em todas foram realizados levantamentos altimétricos de precisão com Estação Total. Foram também levantadas 04 seções colunares e, respectivos, perfis de raios gama. Este levantamento foi realizado exclusivamente sobre rochas da Formação Açú (unidade Açú-4). Na porção superior da escarpa, sobre calcários da Formação Jandaíra, foram realizadas dos perfis GPR com espaçamento de 0,25m, perpendiculares entre si.



- Legenda**
- Arenito com estratificação cruzada
 - Arenito muito fino com intercalação de siltito
 - Siltito
 - Conglomerado com estratificação cruzada acanalada e tabular
 - Arenito com estratificação cruzada acanalada
 - Siltito argiloso com estratificação plano- paralela
 - Conglomerado com clastos de arenito

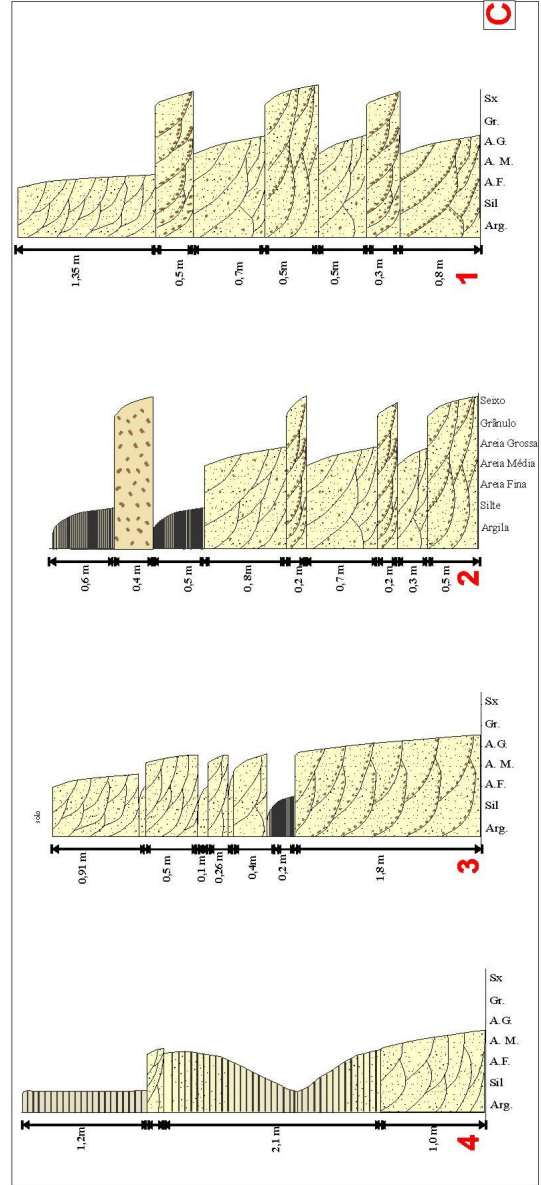


Figura 03 Afloramento Apodi.
 A- Fotomosaico do afloramento ressaltando as áreas onde foram realizadas as seções colunares e perfis de raios gama.
 B- Principais geometrias identificadas predominando os sigmoides originados, provavelmente, na desembocadura do canal de maré.
 C- Seções colunares mostrando a tendência de formação de ciclo com grano-decrescência ascendente e diminuição textural para norte.



Figura 04 Detalhe dos perfis geofísicas com GPR, na porção inferior da escarpa.

Nos radargramas, não foram evidenciados refletores ou padrões de radar fácies que subsidiassem as interpretações geológicas. Para descartar a possibilidade da ausência de refletores relacionada a problemas na aquisição dos dados de campo, foram analisados todos os espectros de amplitude versus frequência nos perfis adquiridos. Esta análise mostrou a boa qualidade dos dados adquiridos já que todos os perfis mostraram uma gaussiana quase perfeita. Acredita-se que este problema deva-se ao pequeno contraste existente entre a constante dielétrica das rochas analisadas

Os perfis de raios gama mostraram que os maiores valores de contagem total e de potássio estão relacionados à presença de conglomerados com clastos de argilas, arenitos com seixos de argilas e argilitos e siltitos laminados. Os menores valores estão associados, principalmente, com arenitos finos a muito finos, com estratificação cruzada acanalada. Em alguns casos, os picos dos perfis de raios gama encontraram-se “defasados” de camadas ricas em argila como, por exemplo, nos valores de argilito siltoso da figura 05. Os deslocamentos dos picos das camadas de argila, em relação aos respectivos picos dos raios gama, podem ser explicados como ruído derivado da coleta de dados, como mostrado no trabalho de Svendsen e Hartley (2001).

Durante o levantamento de perfis radioativos em afloramentos, foi observado um problema gerado pelo procedimento metodológico recomendado pelo fabricante do cintilômetro. Ele sugere a aquisição dos dados a partir da leitura de pontos regularmente espaçados a cada 30 cm. Comparando-se os perfis obtidos segundo este procedimento (Figura 06A) e outros, cuja aquisição foi controlada pelas variações texturais das camadas, percebe-se, claramente, a melhor correlação entre os argilitos e conglomerados com clastos de argila e os picos de raios gama, obtidos no segundo procedimento metodológico (Figura 06B). Com o levantamento de perfis de raios gama, usando espaçamento não fixo, percebe-se também que há um melhor detalhamento das variações das contagens totais de raios gamas, como pode ser comparado nas curvas da figuras 06 A e B.

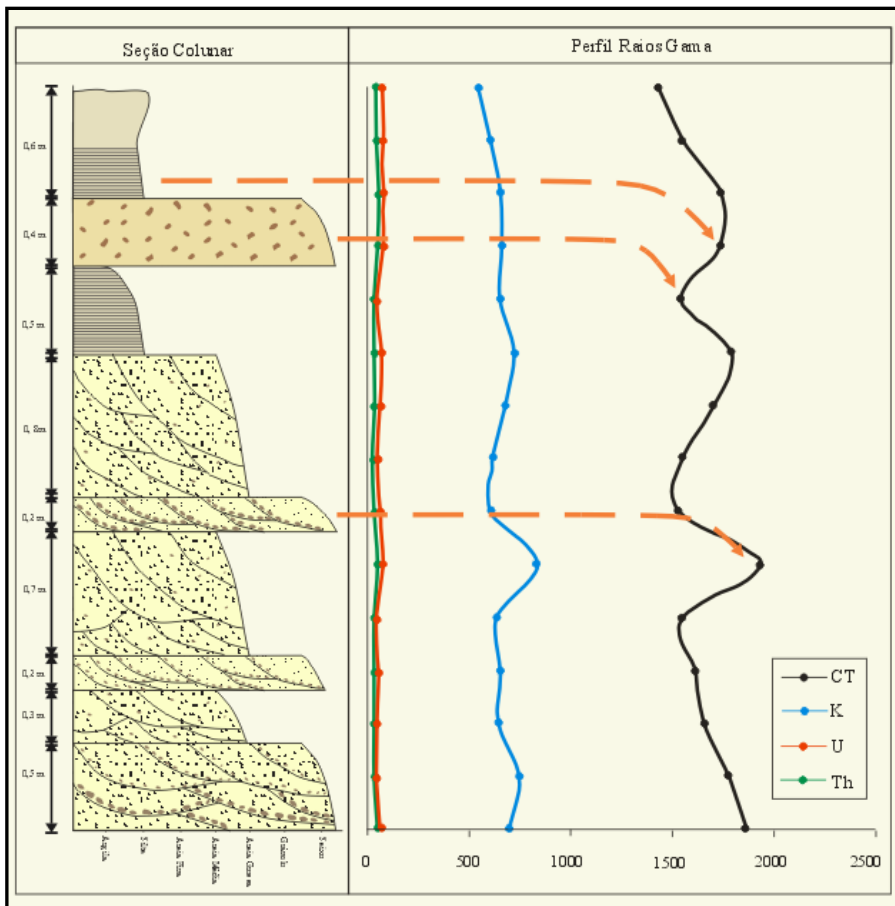


Figura 05 Seção colunar e perfil de raios gama levantados no afloramento ressaltando os picos defasados das respectivas camadas argilosas e conglomeráticas.

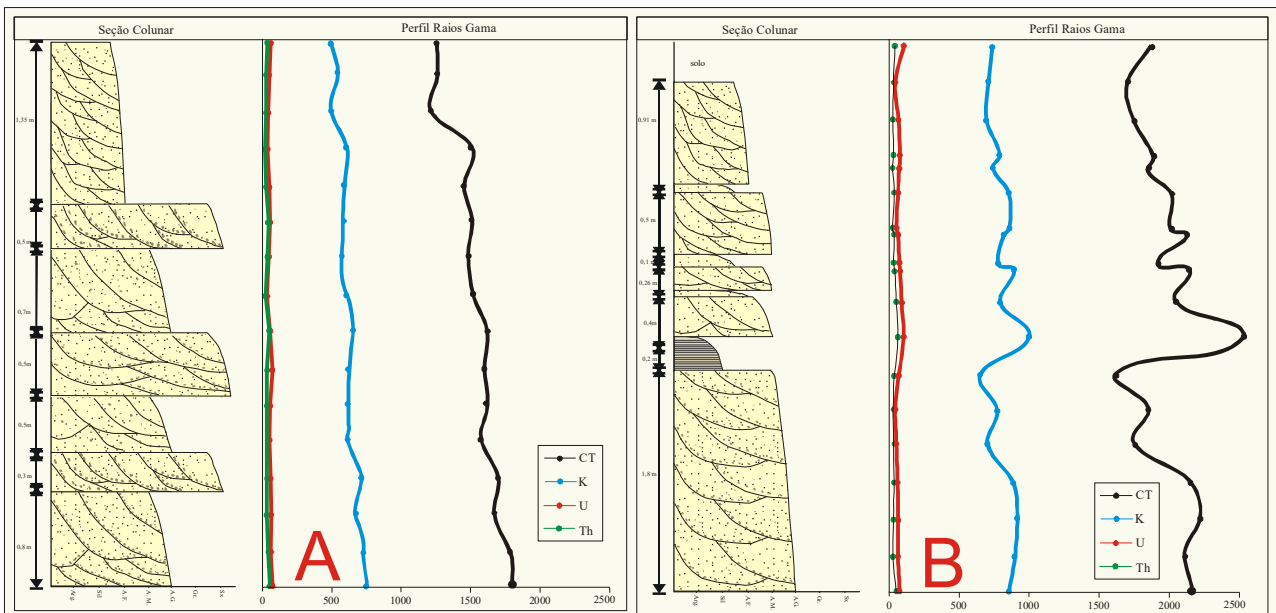


Figura 06 A- Perfil de raios gama obtido com espaçamento de 30cm, onde percebe-se que a curva apresenta poucas inflexões. B- Perfil de raios gama obtido segundo as variações texturais das camadas, a curva mostra melhor as variações litológicas.

Afloramento Tabuleiro do Norte.

O afloramento de melhor exposição da área encontra-se localizado no povoado Olho d'Água da Bica. Neste afloramento ocorrem conglomerados com clastos de argilas marcando a estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte, arenito com textura média, mostrando estratificação cruzada acanalada de médio porte, arenito fino com estratificação cruzada de pequeno porte e siltitos-argilitos laminados .

As estruturas sedimentares mais freqüentes são *flaser*, laminação ondulada (*wavy*), laminação lenticular (*linsen*) e estratificação cruzadas que formam seqüências de bundles de marés com diferentes mergulhos e espessuras (*tidal bundles*). Encontram-se também pares conjugados de argila (*mud couplets*) e estratificação cruzada do tipo espinha-de-peixe (*herringbone*).

A presença de estratificação cruzada do tipo espinha-de-peixe, neste afloramento (Figura 07), mostra que em um determinado momento as marés de enchentes e de vazantes tiveram a mesma capacidade de transporte. Esta situação não é comum em outros afloramentos da bacia, uma vez que são encontradas com freqüência camadas onde se interpreta claramente a presença de uma corrente dominante e outra subordinada. Neste afloramento a corrente dominante corresponde à maré vazante, uma vez que o padrão de paleocorrente principal tem direção predominante para o norte, onde se localizava a paleolinha da costa no Cretáceo.

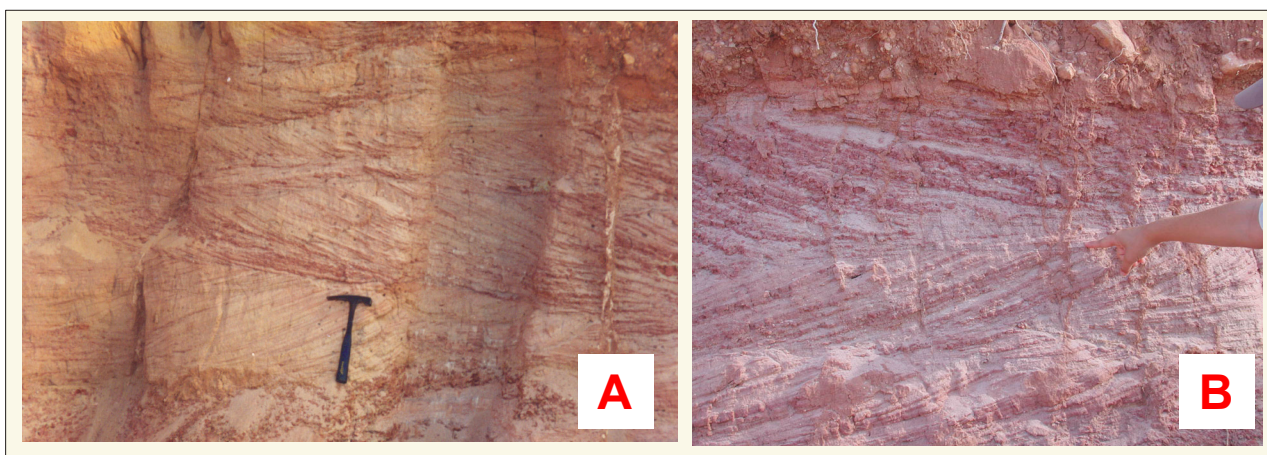


Figura 07. Fotos da estrutura espinha de peixe do afloramento Olho d'Água da Bica. A- Trincheira realizada para comprovar as paleocorrentes da estrutura. B- Detalhe da variação de paleocorrente.

No afloramento observa-se geometrias interpretadas como a migração de barras de maré, evidenciando uma seqüência incompleta de *tidal bundles* limitadas por superfícies de 2ª e 3ª ordens (Figura 08). A variação da espessura e mergulho dos *bundles* é controlada pela ação de marés de sizígia e quadratura. No afloramento foi interpretada a presença dos depósitos gerados durante a ação de correntes de duas marés de quadratura e uma maré de sizígia (Figura 08).

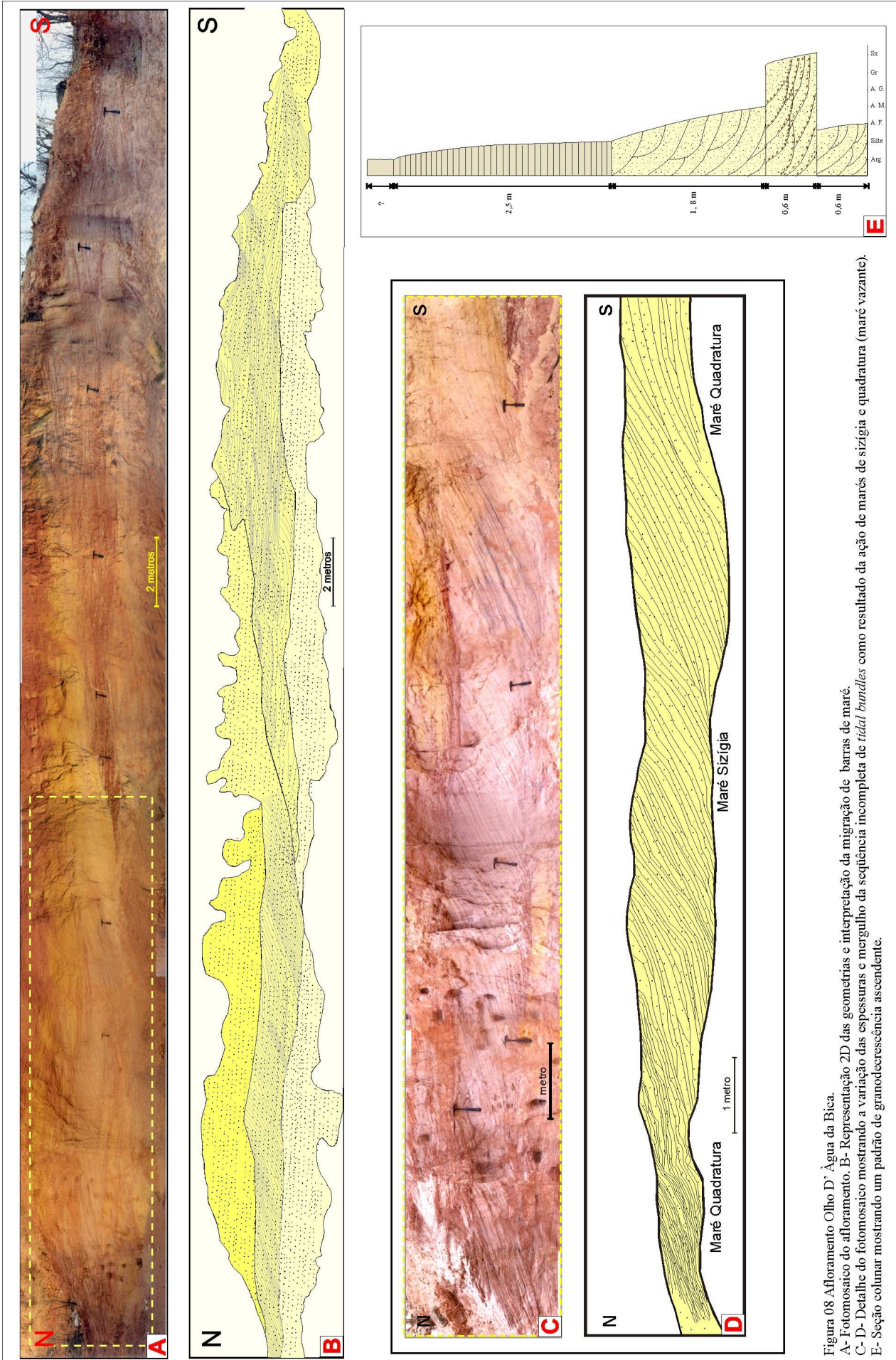


Figura 08 Afloramento Olho D'Água da Bica. A- Fotomosaico do afloramento. B- Representação 2D das geometrias e interpretação da migração de barras de maré. C- D- Detalhe do fotomosaico mostrando a variação das espessuras e mergulho da seqüência incompleta de *tidal bundles* como resultado da ação de marés de sizigia e quadratura (maré vazante). E- Seção colunar mostrando um padrão de grandecrescência ascendente.

Na aquisição dos dados GPR foi empregada apenas a antena de 100 MHz, com espaçamento de 0,25 m e de 0,20 m. Os perfis de reflexão foram realizados em uma trincheira aberta numa altura de aproximadamente 8 m acima da base da escarpa. Os dados obtidos mostraram-se de qualidade inferior, com os sinais apresentando uma intensa reverberação, possivelmente causada pela reflexão da onda aérea nas paredes da trincheira.

Neste afloramento, o levantamento de perfis de raios gama mostrou que os picos de máxima radioatividade também mostraram uma boa correlação com os conglomerados ricos em clastos de argilas e com siltitos. Entretanto, o pico de raios gama que representa as camadas mais argilosas na porção superior da seção colunar, mostra uma defasagem, colocando-se um pouco abaixo da posição da camada (Figura 09). Os deslocamentos dos picos das camadas de argila, em relação aos respectivos picos dos raios gama, também podem ser explicados como ruído derivado da coleta de dados.

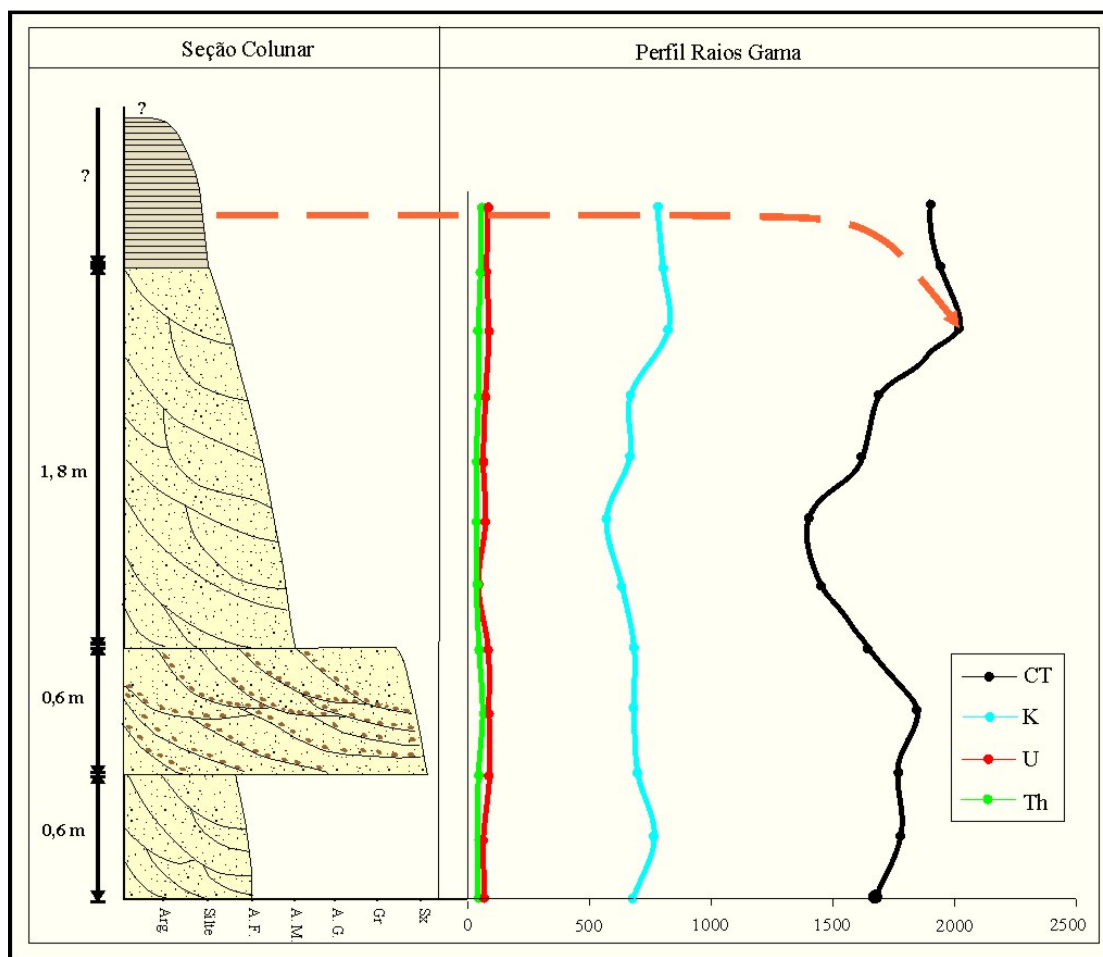


Figura 09. Seção colunar e perfil de raios gama levantados no afloramento Olho D' Água da Bica, ressaltando-se a presença de dois picos de contagem total (CT) em conglomerados com clastos argilosos e em pelitos. Na porção superior percebe-se uma defasagem da camada pelítica e seu pico respectivo.

Outro aspecto que deve ser ressaltado é a presença de picos positivos de radiação em rochas de textura grossa como, por exemplo, os conglomerados e arenitos, com clastos de argila. Caso não sejam definidas corretamente as litologias correspondentes aos respectivos picos, podem ser feitas interpretações equivocadas como: espessuras de parassequências, conjuntos de parassequências e, conseqüentemente, a própria interpretação da posição dos estratos na curva de variação relativa do nível do mar.

Conclusões:

Os trabalhos no afloramento Apodi, com perfis de raios gama mostraram que os maiores valores de contagem total e de potássio estão relacionados à presença de conglomerados com clastos de argilas, arenitos com seixos de argilas e argilitos e siltitos laminados. Recomenda-se que em trabalhos futuros, a aquisição de dados de raios gama siga o procedimento metodológico aqui proposto, onde a amostragem é realizada sem espaçamento pré-definido dependendo das variações texturais das camadas estudadas.

Com o imageamento digital no afloramento de Apodi, foram identificados sigmóides que correspondem à superposição de diferentes barras de maré, com paleocorrente preferencial para norte. Percebeu-se também a presença subordinada de estratificação cruzada de pequeno porte, com sentido de paleocorrente para sul, mostrando o caráter bidirecional do fluxo.

Os levantamentos realizados no afloramento Olho d' Água da Bica, com perfis de raios gama, mostraram que os picos de máxima radioatividade também apresentam uma boa correlação com os conglomerados e arenitos com clastos de argilas e pelitos. Ressalta-se os cuidados que devem ser tomados na interpretação de perfis de raios gama em poços que atravessem a zona de transição entre a Formação Açú e Jandaíra, em especial nos litótipos da Unidade Açú 4, pois caso não sejam identificadas corretamente as litologias correspondentes aos respectivos picos, podem ser feitas interpretações equivocadas.

A análise com perfis geofísicos GPR nos dois afloramentos, não possibilitaram a determinação de geometrias deposicionais. Aparentemente não existe suficiente contraste entre as propriedades físicas das rochas estudadas que permita a identificação dos limites de camadas.

Agradecimentos:

Ao projeto “Estratigrafia física de depósitos de maré como análogos na predição de reservatórios em subsuperfície” (PETROBRÁS/CENPES/PROFEX), pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas:

- Annan A. P. 1992. Ground Penetrating Radar. Workshop Notes. Sensors and Software incorporated, Mississauga, Ontario, 150 p.
- Arnot M.J., Good T. R., Lewis J.J. 1997. Photogeological and image-analysis techniques for collection of large-scale outcrop data. *AAPG Bulletin*, **67**(5):984-987
- Apoluceno D.M. 1995. Faciologia e sistemas deposicionais das formações Açú e Jandaíra, Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, na região de Apodi, RN. Departamento de Geologia, UFRN, Rio Grande do Norte, Relatório de Graduação, 139 p.
- Araripe P.T., Feijó F.J. 1994. Bacia Potiguar. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*. Rio de Janeiro, **8**(1):127-141.
- Bagnoli E. 1992. The Mossoró sandstone, Canto do Amaro oil field, Late Cretaceous of the Potiguar Basin, Brazil: An example of a Tidal Inlet-Channel reservoir. In: E. G. Rhodes, T. F. Moslow (eds.), *Marine clastic reservoirs: examples and analogues*, 183- 199
- Bagnoli E., Farias P. R. C. 1989. Roteiro da excursão à Bacia Potiguar emersa. PETROBRÁS/DEPEX/DEBAR, Natal, Relatório Interno, 10p.
- Bagnoli E., Farias P. R. C., Spadini A.R., Córdoba V.C. 1994. Estruturas sedimentares diagnósticas de marés em arenitos e calcários da Bacia Potiguar, Brasil. In: IAS, International Sedimentological Congress, 14, Recife, *Anais*, E10- E12
- Bertani R.T., Costa I.G., Matos R.M.D. 1990. Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e “habitat” do petróleo na Bacia Potiguar. In: G. P. R. Gabaglia, E.J. Milani, (eds). *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. Rio de Janeiro, Petrobrás, p.291-310
- Bristow C.S. 1995. Internal geometry of ancient tidal bedforms revealed using ground penetrating radar. In: *Tidal Signatures in modern and ancient sediments*, Spec. Publ. Int. Ass. Sediment **21**:313-328
- Câmara G. Souza R.C.M., Freitas U.M., Garrido J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, **20**: (3) 395-403.
- Castro, J. C., Barrocas, S. L. 1981. Roteiro de Campo, Fácies da Formação Açú, Bacia Potiguar. PETROBRÁS/CEPES, Rio de Janeiro Relatório Interno, 32p.
- Caracuel J.E., Cardenal J., Delgado-García J., García-López S. 2000. A simple photogrammetric method to improve quantitative image analysis in geoscience’s research. *Journal of Sedimentary Research*, **70** (2):1337-1340
- Castro J.C. 1992. Facies, reservoirs and stratigraphic framework of the Mossoró Member (Latest Cenomanian- Earliest Turonian) in Potiguar Basin, NE Brazil: an example of a Tide and Wave dominated Delta. In: E. G. Rhodes, T. F. Moslow (eds.), *Marine clastic reservoirs: examples and analogues*, p.161- 182
- Castro J.C., Barrocas S.L.S., 1981. Roteiro de campo: fácies da Formação Açú, Bacia Potiguar. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CEMPES. 30p, Relatório Interno 673-2256
- Córdoba V.C. 2001. A Evolução da Plataforma Carbonática Jandaíra durante o Neocretáceo na Bacia Potiguar: Análise paleoambiental, diagenética e estratigráfica. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Tese Doutorado, 239 p.
- Davis J.L., Annan A.P., 1989. Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, **37**:531-551
- Farias P.R.C., CASTRO J.C., Tibana P; Barrocas S. L. S. 1990. Cretáceo da Bacia Potiguar - Roteiro de excursão. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, Natal, *Anais*, 43 p. (Separata).
- Kreidler W.L., Andery P.A. 1949. Mapa Geológico da área sedimentar costeira do estado do Rio Grande do Norte e parte do Ceará. Rio de Janeiro, Conselho Nacional do Petróleo. p. 86-90. Inédito.
- Lima-Filho, F. P., Poletto, C. A., Tavares, G., Menezes, L., Bezerra, F. H. R., Reyes-Pérez, Y. A., Barros, D. N., Florencio, C. P. 2002. Stochastic Modeling in 3D of Fluvial Channels Using of PetBool Software for the Viabilization of Special Oil Wells in an Environmentally Protected

- area in Northeastern Brazil In: *2 Meeting on Reservoir Simulation, 2002, Buenos Aires, ARGENTINA*. (CD)
- Menezes, L; Lima Filho, F.P. 2001. Técnicas para parametrização de reservatórios utilizando afloramentos fluviais análogos: Exemplo da formação Açu, Bacia Potiguar. *Revista Técnica de Energia, Petróleo e Gás*. nº 0:7-13.
- McMechan G.A., Gaynor G.C., Szerbiak R.B. 1997. Use of ground-penetrating radar for 3-D sedimentological characterization of clastic reservoir analogs. *Geophysics* **62** (3): 786-796
- Miall A.D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, Amsterdam, **22**:261 – 308
- Miall A.D., 1988. Reservoir heterogeneities in fluvial sandstone- lessons from outcrop studies. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa, **72**:682-697
- Porsani J.L. 2002. Método GPR: Aplicações em geologia, geotecnia, médio ambiente e planejamento urbano, IV Escola de Verão de Geofísica. IAG- Universidade de São Paulo. Apostila de curso.
- Poletto, C. A.; Menezes, L.; Lima-Filho, F. P.; Tavares G.; Lopes, H.; Pesco, S. (2002). Fluvial Outcrops Parametrization Applied to Object Based Geological Modeling for reservoirs of the Potiguar Basin – Brazil. *Proceedings of the 6 Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology*, Germany.
- Reyes-Pérez Y.A., Lima Filho, F.P., Appi, C.J., Menezes L., Araujo V.D. 2002. Estudo de Afloramentos Análogos a Reservatórios Influenciados pela ação de correntes de maré na Bacia Potiguar. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 41, João Pessoa, *Anais*, 1, p.671
- Reyes-Pérez, Y.A. 2003. Caracterização da geometria de depósitos sedimentares na Borda Sudoeste da Bacia Potiguar, Centro de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, Dissertação de Mestrado, 81p.
- Sampaio A.V., Schaller H. 1968. Introdução à Estratigrafia da Bacia Potiguar. Rio de Janeiro, *Boletim Técnico PETROBRÁS*, **11**(1):19-44
- Svendsen J.B., Hartley N.R. 2001. Comparison between outcrop-spectral gamma ray logging and whole rock geochemistry: implications for quantitative reservoir characterization in continental sequences. *Marine and Petroleum Geology* **18**:657-670
- Vasconcelos E.P., Lima Neto F.F., Roos S. 1990. Unidades de correlação da Formação Açu, Bacia Potiguar. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, Natal, *Anais*, **1**: 227- 240
- Yoshida S., Johnson H. D., Gupta R., Martinius A. W. 1999. Outcrop Studies of Lower Cretaceous Tidal Sand Bodies for Reservoir Characterization of the Tilje Formation (Lower Jurassic), offshore Mid-Norway. In: (T. Hentz, and L. Wood, Eds), *Advanced Reservoir Characterization for the 21st Century*. GCS-SEPM Special Publication (in CD-ROM).
- Willis B. J., White C.D. 2000. Quantitative outcrop data for flow simulation. *Journal of Sedimentary Research*, **70**(4):788- 802
- Willis B.J., Gabel S. L., White C. D. 2001. Sharp-based, tide-dominated, delta deposits of the Sejo sandstone, Book Cliffs, Utah. *AAPG Annual Meeting Abstracts Volume*.