

CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE FÁCIES DE UMA SUCESSÃO ESTRATIGRÁFICA NO DELTA DO RIO PARAÍBA DO SUL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Priscilla Reuters Bitencourt¹ (*Halliburton Brasil*), Leonardo Borghi² (*Lagesed-UFRJ*), Carlos Jorge de Abreu³ (*Lagesed-UFRJ*), José Agnelo Soares⁴ (*UFCEG*)

¹priscillareuters@gmail.com

²lborghi@geologia.com.br

³abreu@geologia.com.br

O presente estudo objetivou a caracterização textural (sedimentológica) e composicional (petrográfica) de amostras de areias coletadas na planície costeira e em no testemunho (200 m) de um poço perfurado no delta do rio Paraíba do Sul, além da modelagem de eletrofácies, através da análise das curvas geofísicas de GR, ILD e condutividade obtidas nesse poço. A integração da análise sedimentológica, petrográfica e geofísica visa contribuir para futuros estudos estratigráficos no delta, além da compreensão de uma importante área-fonte para a sedimentação de águas profundas na bacia de Campos. Tal estudo busca avaliar não só a qualidade das areias supridas aos depósitos turbidíticos cenozóicos da bacia, que se constituem em importantes reservatórios petrolíferos, mas também a disponibilidade de areias para o complexo lobos turbidíticos moderno de Almirante Câmara, um importante análogo deposicional daqueles reservatórios. Foram analisadas dezessete amostras nos cordões arenosos aflorantes na parte sul do delta, três amostras fluviais (rios Paraíba do Sul, Muriaé e Dois Rios) e dezesseis amostras no testemunho. Em geral, as análises texturais resultaram em areias médias, subangulosas a subarredondadas e moderadamente a mal selecionadas; particularmente no testemunho as areias são argilosas. Composicionalmente, as amostras dos cordões arenosos e do testemunho compõem-se por quartzo (Qm=85%), feldspato (F= 12%), líticos (L= 1,2%) e minerais pesados (0,5%); no testemunho são observados bioclastos, oólitos de hematita e glauconita. Foram definidas três eletrofácies com base nos valores de média normalizada e desviopadrão fornecidos pelos perfis de GR, ILD e condutividade, com as quais foram reconhecidas três eletrossequências, através da identificação de sucessões de eletrofácies, que representam, em amplos traços, os ambientes deposicionais desenvolvidos durante a evolução do delta do rio Paraíba do Sul.

petrofácies, delta do rio Paraíba do Sul, areias, eletrofácies

1. INTRODUÇÃO

O estudo da composição e da mineralogia de areias em amostras coletadas desde a fonte sedimentar até o sítio deposicional contribui para a caracterização da qualidade das rochas reservatórios e para a compreensão dos efeitos da evolução diagenética (i.e., porosidade secundária por dissolução, matriz secundária, compactação e cimentação).

Os ambientes flúvio-deltaicos são uma importante fonte de sedimentos para a plataforma e, subsequentemente, para regiões de águas profundas, onde se acumulam por processos gravitacionais, como os turbiditos. Tais depósitos são extremamente importantes no cenário exploratório nacional de óleo e gás, no qual participam com quase 80% das reservas, particularmente na bacia de Campos.

Neste contexto, um dos objetivos deste estudo é a caracterização sedimentológica e petrográfica de amostras de areias coletadas na faixa dos cordões arenosos holocênicos aflorantes na parte sul do delta do rio Paraíba do Sul, e de um testemunho sacado de poço perfurado e perfilado no delta do rio Paraíba do Sul, próximo à Lagoa Feia (RJ). O outro objetivo foi a modelagem de eletrofácies integrada à análise dos dados sedimentológicos e petrográficos. A finalidade é permitir futuras discussões sobre a caracterização faciológica dessa sucessão estratigráfica no delta do rio Paraíba do Sul, como forma de contribuição à compreensão da acumulação das areias turbidíticas da bacia de Campos e permitir a avaliação de sua qualidade como reservatório.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul situa-se estratigraficamente no topo da bacia de Campos, tem sido alvo de estudos desde a década de 1950 para a compreensão da evolução da sedimentação da sua planície costeira. Pesquisas realizadas por Bacoccoli (1971), Martin & Suguio (1984a, b), Martin & Dominguez (1987), Martin & Flexor (1986), Dominguez (1990), Dias & Silva (1984a, b), Silva (1987), Gonçalves & Silva (2005), e Silva *et al.* (2005) fornecem a base de conhecimentos sobre os fatores que influenciaram a evolução dessa planície, tais como as flutuações do nível do mar durante o Quaternário, atividade tectônica, e a dinâmica fluvial da desembocadura do rio, através de estudos sobre o arredondamento das areias, discordâncias nos cordões

arenosos holocênicos e análise de proveniência e distribuição de minerais pesados. Em termos estratigráficos, Piazza (1983) analisou a superfície discordante de separação entre o Pleistoceno e Holoceno.

As hipóteses sobre a evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul iniciaram-se com o estudo de Lamego (1955, *apud* Tomaz, 2005) que reconheceu 4 fases de progradação deltaica, sendo que cada estágio refere-se a um tipo de delta instalado durante um período de flutuação do nível do mar (transgressão e regressão). Este modelo não foi bem aceito por diversos autores que seguiram nos estudos do delta (Martin *et al.*, 1984a; Silva, 1997), que refutam a analogia ao delta do tipo Mississippi.

Martin *et al.* (1984b) propõem um modelo de evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul baseado no mapeamento geológico, datações de radiocarbono e experiências prévias com outras partes do litoral brasileiro. Posteriormente, Martin *et al.* (1993) propuseram um novo modelo de evolução paleogeográfico para as planícies costeiras situadas entre Macaé (RJ) e Maceió (AL), baseado em estudos sedimentológicos, biológicos e datações de radiocarbono, caracterizando uma alternância de fases construtivas e destrutivas na planície costeira do rio Paraíba do Sul, resultantes das modificações no sentido da corrente de deriva litorânea.

Silva (1987) sugere um modelo de evolução para a região de Lagoa Feia e planície costeira do rio Paraíba do Sul, caracterizado por uma complexa superposição de eventos transgressivos e regressivos do nível relativo do mar, onde observou o desenvolvimento de seqüências arenosas progradantes (“cristas de praia”) e retrogradantes (“ilhas-barreira e cordões litorâneos”), superpostas e sobrepostas a sedimentos lacustres e sedimentos fluviais. Esses eventos são resultados de oscilações eustáticas, atividade tectônica, direção da corrente de deriva litorânea e variações climáticas.

Dominguez (1990) refuta o modelo de sedimentação deltaica em ambientes dominados por ondas proposto por Coleman & Wright (1967, *apud* Dominguez, 1990), pois não explica de forma apropriada a evolução quaternária de planícies de cordões litorâneos associados às maiores desembocaduras fluviais da costa leste do Brasil. O autor propõe um modelo que considera as variações do nível do mar, direção da corrente de deriva litorânea, regime de ondas atuantes (NE e S-SE), desempenhando um importante papel no transporte litorâneo de sedimentos para as planícies consideradas.

Tomaz (2005) realizou o mapeamento de paleocanais ao longo da planície costeira do rio Paraíba do Sul através de fotografias aéreas e da plataforma continental utilizando o modelo batimétrico da bacia de Campos, discutindo a possível relação com *canyon* Almirante Câmara. O mesmo autor identificou uma feição de lobo turbidítico recente que contitue o principal receptor de sedimentos desta porção da bacia de Campos.

3. METODOLOGIA

A planície costeira ao sul do rio Paraíba do Sul localiza-se na região nordeste do Estado do Rio de Janeiro, próximo à cidade de Campos do Goitacazes (Figura 1). Apresenta uma superfície de aproximadamente 3.000 km², com 120 km de comprimento e 60 km de largura.



Figura 1 – Mapa de localização da área do poço (P), área de coleta de amostras de areia em superfície (área vermelha), e vias de acesso.

Fonte: DNIT, 2002

Coordenadas: -41°N, 22°E

Escala: 1:500.000

3.1 Análise sedimentológica

A coleta de amostras em superfície obedecem à ocorrência de domínios geológico-geomorfológicos no delta, delineados por fotointerpretação geológica realizada por Raposo & Bitencourt (2005) na faixa de cordões arenosos holocênicos aflorantes na parte sul do delta (Figura 2).

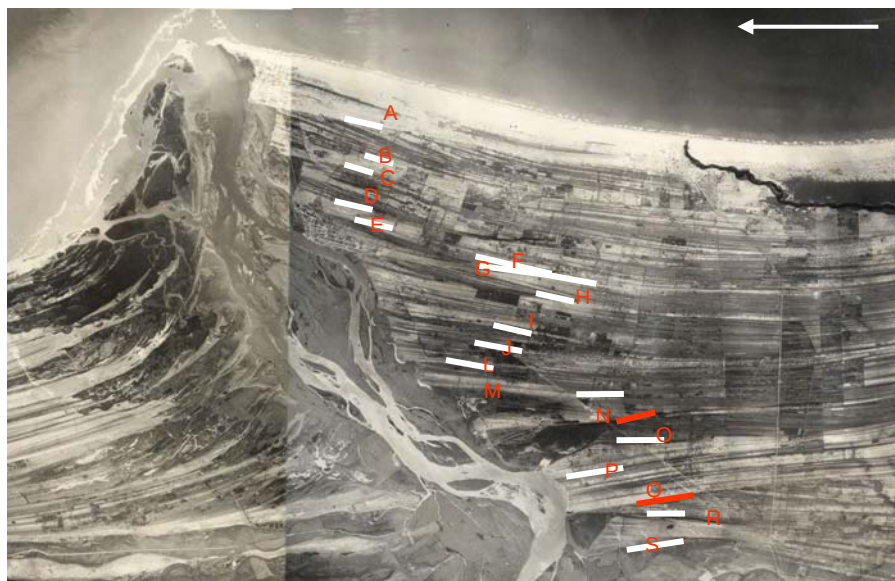


Figura 2 – Mapeamento fotogeológico* realizado por Raposo & Bitencourt (2005). As letras representam os fotofácies, foto-horizontes discordantes (—), horizontes concordantes (traço branco).

Foram coletadas 17 amostras nos cordões arenosos holocênicos e 3 amostras fluviais, incluindo os rios Paraíba do Sul, Dois rios e Muriaé, que são os afluentes mais próximos da desembocadura do rio Paraíba do Sul. As amostras coletadas nos cordões arenosos atingem aproximadamente 1 metro de profundidade, possuem massa de aproximadamente 1kg, e tiveram seus posicionamentos registrados com pontos de coordenadas geográficas UTM (WGS 1984) com uso do aparelho de GPS.

A coleta de amostras em subsuperfície foi realizada em testemunho de um furo de sondagem (Poço Canyon-1-RJ) próximo à região de Lagoa Feia (coordenadas: 7573378,88/ 278961,84 UTM, WGS, 1984), o qual alcançou a profundidade de 200 metros, atravessando toda a sucessão estratigráfica holocênica do delta e registrando, na sua maior parte, depósitos arenosos do Pleistoceno. O testemunho foi descrito através de perfil estratigráfico na escala de 1:40, o qual serviu de base para a amostragem. O testemunho apresenta baixa recuperação (~75%) em função do material ser inconsolidado.

Foram coletadas 15 amostras de areias com 50 g distribuídas ao longo do testemunho para análise granulométrica, escolhidas de acordo com a sua representatividade em todo o pacote sedimentar e considerando a variação granulométrica, presença de bioclastos, presença de argila e grânulos de quartzo e feldspato. As amostras foram quarteadas para gerar subamostras para análise petrográfica, além da granulometria.

Os ensaios granulométricos por tamização (fração areia) e pipetagem (fração argila) visaram caracterizar parâmetros texturais tais como moda, média, curtose, seleção e assimetria, segundo o método gráfico (cf., Folk, 1974).

3.2 Análise petrográfica

A análise petrográfica realizada com microscópio Carl Zeiss AXIOPLAN 40, visou a caracterização composicional (mineralógica) e das areias, no intuito de discriminar distintas proveniências dos sedimentos, além de sua classificação Folk (1974). A confecção da lâminas foi realizada com volume de aproximadamente 10 gramas utilizando-se somente a fração areia fina e média presente nas amostras, pois isso permite a comparação dos resultados entre as diversas amostras, eliminando-se o problema do controle textural sobre a composição, o que ainda permite classificar petrofácies em diagramas QmFL de Dickinson (1985). Como estudos análogos ao presente pode-se citar o de Savage *et al.* (1988) para a Baixada de Jacarepaguá em escala local, e o de Potter (1994) em escala regional, para a região costeira da América do Sul.

(*) Fotografias aéreas 12842-12844; USAF, VM-AST-10 1370 PM R-92, esc. 1:60.000, 17 set. 1964.

3.3 Eletrofácies

A modelagem de eletrofácies foi realizada segundo o método proposto por Soares (2005), a fim de fornecer subsídios estratigráficos para futuras descrições e correlações no delta com uso de perfis geofísicos. A modelagem de eletrofácies foi realizada com perfis de raios-gama (GR), resistividade (ILD), e condutividade através do entrelaçamento de técnicas de classificação supervisionada e não-supervisionada.

Inicialmente, realizou-se a filtragem dos dados, principalmente no perfil de GR e, secundariamente no perfil de ILD, pois apresentavam valores anômalos, descartados. Em seguida, os dados das curvas de cada perfil foram normalizados, para que todas as variáveis estivessem numa mesma escala de valores. A aplicação da regra discriminante linear passo-a-passo determinou, em ordem decrescente, a prioridade da utilização do perfil de raios-gama (GR), seguido pelo perfil de resistividade (ILD), e finalmente pelo perfil de condutividade, que apresentou pouca contribuição aos resultados, pois os valores correspondentes à curva eram muito semelhantes em diferentes litologias.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterização sedimentológica

Texturalmente, as amostras são em geral areias médias superiores ($\phi = 1,36$), moderadamente bem selecionadas ($\sigma = 0,67$), mesocúrtica ($K_G = 1,0$), com assimetria positiva ($Ski = 0,21$) e apresentam grãos angulosos a subangulosos e subarredondada (nas frações maiores). No testemunho observa-se o predomínio de areias muito finas e lamosas pobremente selecionadas até 44 metros de profundidade, devido à evidência de bioturbação resultando na mistura de areias finas com argilas e siltes. Abaixo desta predominam areia média, grossa e grânulos texturalmente semelhantes as dos cordões arenosos, além de siltes e argilas intercalam-se até a profundidade de 110 metros (Figura 4a e 4 b).

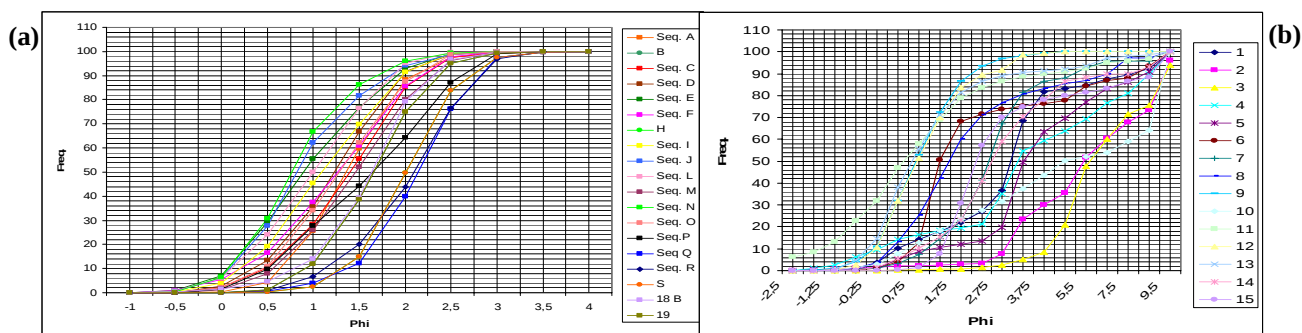


Figura 4-Análise granulométrica. Nos cordões arenosos (a) observam-se a predominância de granulometria média. As seqüências localizadas na extremidade da direita do gráfico, indicam a predominância de granulometria média a grossa; e as seqüências localizadas próximas da extremidade esquerda apresentam granulometria fina. No testemunho (b) observa-se a predominância de granulometria fina nas profundidades acima da amostra 9 (105 metros) e granulometria média nas amostras 10 (107,3 m), 11 (114,3 m), 12 (130,5 m) e 13 (142,5 m).

Nos cordões arenosos e no testemunho (Figura 5a e 5b) observam-se variações nos parâmetros texturais resultantes da presença de argila nas amostras de areia, caracterizando-as como mal selecionadas, subangulosas a subarredonadas e granulometria predominante fina. As variações nos parâmetros texturais nas fotosseqüências F, J e N dos cordões arenosos podem ser correlacionadas com as discordâncias identificadas no mapeamento fotogeológico realizado por Raposo e Bitencourt (2005). A variação dos valores em parâmetros texturais como moda, mediana e desvio-padrão são mais evidentes para determinação de uma análise precisa, enquanto que os valores correspondentes à assimetria variam muito, assim não são considerados como um bom parâmetro textural a ser analisado.

No testemunho são identificadas quatro principais mudanças nos parâmetros texturais localizadas em torno das amostras 4 (40,35 metros), 8 (86,6 metros), 11 (114,3 metros), e 14 (159,6 metros) (Figura 5b). Entre as amostras 4 e 8 os valores da mediana e da assimetria diminuem bruscamente, enquanto que no intervalo até a amostra 11 corresponde um aumento nos valores da mediana e da assimetria seguido de uma diminuição e novamente outro aumento até a amostra 14. O desvio-padrão apresenta-se relativamente estável entre as amostras 9 e 12, seguido de uma ligeira diminuição no valor até atingir o valor inicial. A curtose e a moda apresentam variações cíclicas nos valores ao longo de todas as amostras, sendo que particularmente no intervalo até a amostra 4 o valor da moda é baixo.

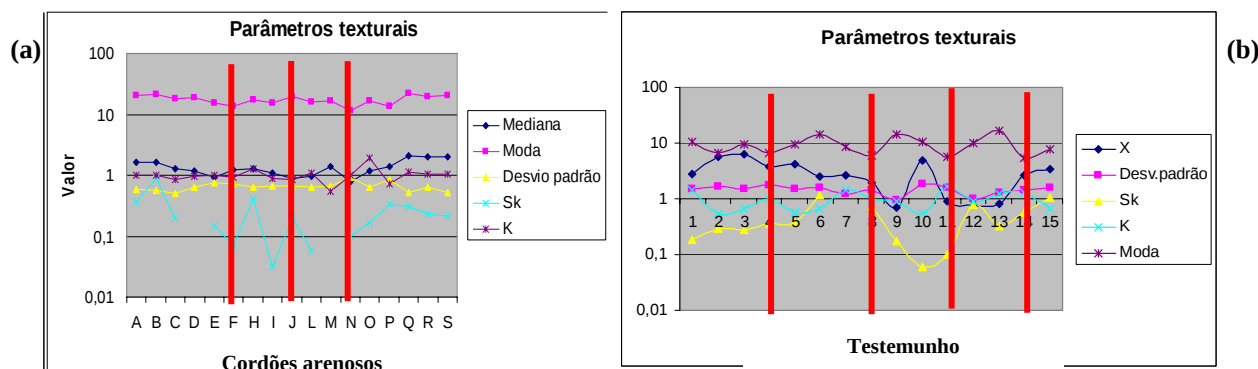


Figura 5 – Parâmetros texturais das areias nos cordões arenosos (a) observam-se 3 intervalos de variação dos parâmetros texturais localizados nas fotossucessões F, J e N. No testemunho (b) foram identificados 4 intervalos nas amostras 4, 8, 11 e 14 observando uma importante variação da média textural.

A variação dos valores dos parâmetros texturais nas areias dos cordões arenosos e do testemunho mostram diferenças significativas no desvio-padrão, permitindo a separação em grupos com características sedimentológicas semelhantes. Este processo de segregação dos grãos em função da granulometria e do grau de arredondamento podem indicar a atuação de processos deposicionais nas areias dos cordões arenosos.

As amostras de areias coletadas em superfície na porção sul da desembocadura do rio Paraíba do Sul, apresentam resultados texturais concordantes com o estudo realizado por Martin *et al.* (1984b) no mesmo local de trabalho, explicando o significado geológico para o grau de arredondamento das areias holocênicas através do sentido de transporte litorâneo dos sedimentos.

4.2 Caracterização petrográfica

Composicionalmente, as amostras dos cordões arenosos são constituídas predominantemente por grãos de quartzo monocristalino ($Q_m = 85\%$) com extinção ondulante ($Q_{mo} = 60\%$), seguidos por quartzo monocristalino com extinção reta ($Q_{mr} = 20\%$), e raramente, de quartzo policristalino ($Q_p = 0,9\%$). Podem ou não apresentar fraturas, microporosidade intergranular, inclusões de zircão, turmalina e apatita (somente nos cordões arenosos), e revestimento de óxido de Ferro. Os grãos em sua maioria apresentam-se subangulosos a angulosos, com exceção de alguns grãos de areia média superior e grossa, e com moderada esfericidade. (Figuras 6a e 6b).

Os feldspatos ($F = 12\%$) (Figuras 6a e 6b) são compostos em sua maioria por microclina (10%) e subordinadamente pelo plagioclásio (1,5%), podem ou não apresentar feições de alteração dos mais variados graus. A maioria apresenta cor castanha indicando oxidação, com forma subarredondada, mas em geral possuem forma subangulosa a angulosa, e baixo a médio grau de esfericidade. À exceção da ocorrência de um grão de microclina com forma eúdrica no testemunho (107,35 metros de profundidade), apresentando-se pouco alterado. O teor de feldspato (%) nos cordões arenosos é mais baixo, mas apresenta valores relativamente maiores nas amostras de rios (Muriaé, Dois rios e Paraíba do Sul).

Os fragmentos líticos ($FR = 1,2$) (Figura 6a e 6b) são constituídos em sua maioria por alteritos de argila, oólitos de hematita e concreções ferruginosas (Figuras 7 e 8, Estampa I, Apêndice E), geralmente apresentam-se arredondados, desde a granulometria areia fina até superiores aos grãos do arcaibouço. A composição destes líticos sugere a reelaboração de paleossolo em um ambiente oxidante acima de 105 metros de profundidade, provavelmente durante exposição subaérea num momento de regressão forçada.

Os bioclastos (20-25%) (Figura 6b) estão presentes somente nas amostras areno-argilosas, argilosas e siltes acima de 100 metros de profundidade no testemunho. Constituídos por fragmentos de conchas, algas, incluindo algas vermelhas (rodólitos), moluscos, foraminíferos, espículas de esponja, gastrópode, briozoários, espinho-equinóide, equinodermo. Os microfósseis identificados em lâmina petrográfica apresentam alto grau de importância na avaliação dos resultados, pois permitem caracterizar um ambiente marinho, apesar de não terem sido analisados com detalhe.

Os minerais acessórios (0,5%) (Figura 6a e 6b) são compostos basicamente por biotita e minerais “pesados” como zircão e turmalina que também ocorrem como inclusões nos grãos de quartzo monocristalino. Constituem a minoria da assembléia mineralógica.

A glauconita é identificada com aumento de 20X no microscópio, ocorre com baixa significância até 100 metros de profundidade, o que não permite calcular a porcentagem de frequência durante a contagem de pontos nas lâminas.

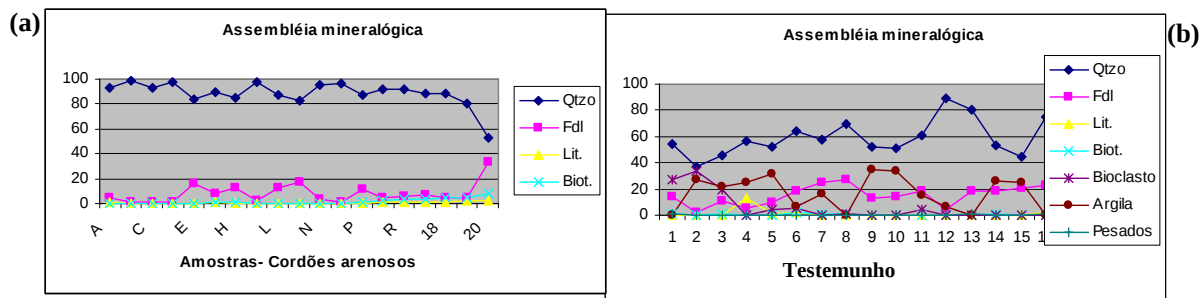


Figura 6-Na assembléia mineralógica das areias dos cordões arenosos (a) observa-se a predominância de quartzo com pequenas variações. No testemunho (b) observa-se a variação do teor (%) de quartzo em função da presença de bioclastos, argila e quantidade de feldspato maior do que nos cordões arenosos.

A argila (25%) (Figura 6b) ocorre de forma dispersa na matriz, ou como grãos de argila que foram dissolvidos e/ou compactados, e por vezes envolvem grãos de quartzo. Está presente somente nas camadas areno-argilosas, e areno-siltosas acima de aproximadamente 80 metros de profundidade. A presença de argila na matriz ocorre devido à ação de organismos.

As areias coletadas nos cordões arenosos na parte sul do delta (Figura 6a) apresentam razão Q:F:L= 82:15:3 e foram classificadas no diagrama QFI de Folk (1974) como areia quartzosa, pois são compostas em média por 85% de quartzo, subordinadamente por feldspato (microclina e plagioclásio) e de fragmentos líticos, apresentando mineralogia madura. No testemunho (Figura 6b) as areias lamosas apresentam razão Q:F:L= 75:20:5, são classificadas no diagrama QFL de Folk (1974) como um subarcósio nas amostras 1 e 3, entre o intervalo da amostra 6 até 11 e da amostra 13 até 16. As amostras 2, 4, 5 e 12 são classificadas como uma areia quartzosa.



Figura 7-Distribuição composicional dos cordões arenosos (a) plotados no diagrama de Folk (1974) e no diagrama de Dickinson (1985) (b). Observa-se uma população predominante em termos de proveniência interior cratônica (b).

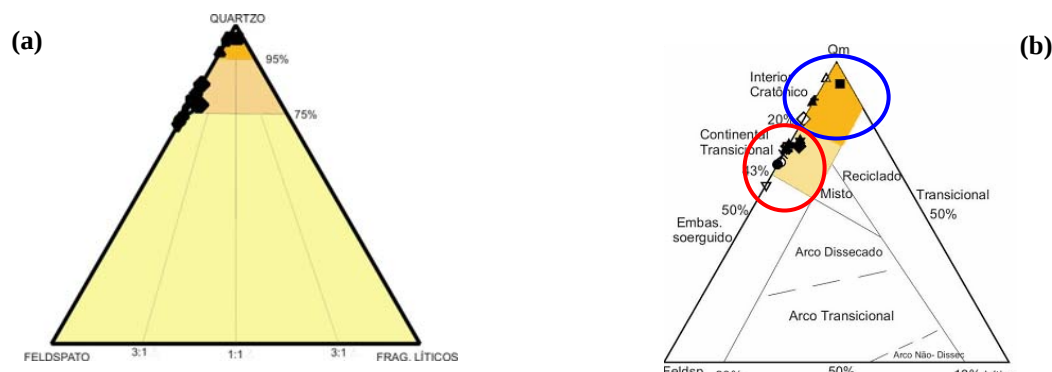


Figura 8-Distribuição composicional do testemunho plotados no diagrama de Folk (1974) (a) e no diagrama de Dickinson (1985) (b). Observam-se duas populações distintas em termos de proveniência das amostras do testemunho (b), assinaladas interior (azul) cratônica e continental transicional (vermelho).

Em termos de petrofácies (*sensu* Dickinson, 1985), a maior parte das amostras enquadram-se como de “interior cratônico”, corroborando o contexto geológico (Figuras 7b e 8b) e correspondentes às amostras fluviais, e os cordões arenosos. No testemunho foram identificadas duas populações distintas e termos de proveniência situadas em ambiente de interior cratônico e continental transicional. As amostras que apresentam maior

quantidade de feldspato estão localizadas no campo continental transicional do diagrama de Dickinson, (Figura 8b), apresentam menor maturidade do que o quartzo-arenito, indicando que possivelmente as coberturas sedimentares foram retiradas e expuseram as rochas do embasamento. O feldspato potássico pode indicar derivação a partir de rochas graníticas, geralmente é resistente ao intemperismo apesar de ter sofrido reciclagem e algumas alterações durante o transporte desde a área fonte até o sítio de deposição, e os fragmentos líticos podem ser derivados de arcos magmáticos ou de complexos metamórficos.

4.3 Caracterização das eletrofácies

Através do método de modelagem de eletrofácies proposto por Soares (2005), foram identificadas 3 eletrofácies baseadas nas suas propriedades físicas (Tabela 1), cada uma foi interpretada individualmente através da comparação dos valores de média normalizada e desvio-padrão. Deve-se ressaltar que uma mesma litofácies pode apresentar variação nos valores das propriedades físicas medidas. Isso ocorre, devido aos fatores composicionais como a presença de argila, carbonato, minerais de feldspato e até cimentação, além de aspectos que influenciam durante a perfuração do poço, tais como fluido de perfuração, peso do fluido, centralização da ferramenta.

Eletrofácies Ea (amarelo). — A eletrofácies Ea apresenta valores baixos na curva de GR e valores altos na curva de ILD; atinge entre 5 e 20 metros de espessura e, particularmente acima de 80 metros de profundidade apresenta intercalações com eletrofácies Ev e El em pacotes com dezenas de metros de espessura. (Quadro 1). Correlaciona-se litologicamente a areia fina a grossa, quartzosa e com baixa quantidade de feldspato (microclina e plagioclásio). Observa-se a presença de alguns fragmentos líticos, e concreções ferruginosas, que indicam a reelaboração de paleossolos e texturas plásmicas de argila típicas de paleossolo.

Eletrofácies Ev (verde). — Esta eletrofácies é melhor representada pela curva GR que apresenta valores altos, e pela ILD, com valores baixos. Ocorre nas profundidades acima de 60 metros, geralmente intercalada com a eletrofácies El; abaixo dessa profundidade intercala-se com a Ea. Correlaciona-se litologicamente com camadas argilosas intercaladas com siltes e areias muito finas. A partir de 110 metros de associa-se à Ea um subarcósio.

Eletrofácies El (laranja). — A eletrofácies El não ocorre com muita frequência. É bem representada pelos altos valores de GR, porém mais baixo que na Ev e por valores baixos de ILD. Está melhor representada nas profundidades acima de 40 metros por pacotes intercalados principalmente com a eletrofácies Ev, e abaixo de 100 metros intercala-se pouco frequentemente com Ea. Correlaciona-se em termos litológicos com camadas de siltes.

Tabela 1 – Descrição, diagnose e interpretação das eletrofácies

Eletrofácies	Diagnose	GR (API)	RES (ohmm)	COND. (mmho/m)	Interpretação
Ea (Amarelo)	GR- Baixo ILD- Alto	Mn: 50,06 σ : 28,94	Mn: 140,09 σ : 98,34	Mn: 9,06 σ : 3,58	Areia
Ev (Verde)	GR- Alto ILD- Baixo	Mn: 92,99 σ : 71,51	Mn: 20,01 σ : 11,49	Mn: 65,60 σ : 31,21	Argila/ Subarcósio
El (Laranja)	GR – Médio ILD- Médio	Mn: 71,49 σ : 41,37	Mn: 5,40 σ : 1,34	Mn: 198,73 σ : 57,11	Silte

Mn= Média normalizada; σ = desvio- padrão

4.2 Eletrossequências

As eletrossequências foram definidas a partir de sucessões de eletrofácies, reconhecidas juntamente com o comportamento das curvas GR e ILD. Em geral apresentam em torno de 5 a 10 metros de espessura. O reconhecimento das eletrossequências foi realizado de forma visual, através da integração de informações composicionais e sedimentológicas das areias descritas no testemunho juntamente com o conhecimento geofísico, dado pelos perfis GR e ILD, associado às eletrofácies. Foram reconhecidas 3 eletrossequências (Quadro1).

Eletrossequência 1. — Em geral apresenta comportamento serrilhado da curva GR (Quadro 1). Caracteriza-se por sucessões monótonas da eletrofácies Ea, que podem atingir até 20 metros de espessura, interpretada como areia. Esta eletrossequência ocorre entre o intervalo de 130 e 150 metros. Texturalmente, a granulometria varia desde areia fina até grânulos que apresentam-se subangulosos e subarredondados com seleção moderada. Composicionalmente, as areias são essencialmente quartzosas, subordinadas de feldspato contém fragmentos líticos tais como concreções ferruginosas e óolitos de hematita. Classifica-se no diagrama de Folk (1968) como

um subarcósio e no diagrama de Dickinson (1985) representa uma ambiente continental transicional. No contexto de evolução deposicional deltaico a eletrossequência 1 pode ser interpretada como um paleoambiente fluvial ou fluvio-deltaico.

Quadro 2 – Caracterização das eletrossequências.

Eletro fácies	Eletro ssequências	Prof. (m)	GR- Litofácies- Eletrofácies	Interpretação
El	1	38 – 54		Areia, argilas e siltes. Vales fluviais afogados que dão origem a lagunas e estuários.
El	2	127- 131		Arcósios e argilas. Cordões arenosos
Ea, Ev, El	1	158- 175		Areia. Paleoambiente fluvial e fluvio-deltaico

Eletrossequência 2. — Caracteriza-se pelas eletrofácies Ev e Ea, corresponde a um perfil GR com padrão serrilhado (Quadro 2). Predomina a eletrofácies Ea sob a forma de pacotes com dezenas de metros de espessura principalmente na profundidade acima de 110 metros, sendo interpretada como areia argilosa ou subarcósio. Ocorre entre os intervalos de 64 e 100, 110 e 130 metros e abaixo de 155 metros de profundidade. Texturalmente, apresenta grãos subangulosos e mal selecionados, incluem granulometria desde silte e argila até areia grossa. A composição mineralógica é composta principalmente por quartzo, feldspato (microclina e plagioclásio) e fragmentos líticos, além de bioclastos incluindo fragmentos de rocha, microfósseis e rodólitos e argila. Classifica-se no diagrama de Folk (1974) como areia quartzosa nas amostras 4 e 12 (Figura 6b) e predominantemente como subarcósio nas amostras entre 6 e 8 e em 10 e 16. Em termos de interpretação, sugere-se que esta eletrossequência represente os cordões arenosos, típicos em ambiente de praia, tal como observado na planície deltáica estudada.

Eletrossequência 3. — Esta eletrossequência é facilmente reconhecida pelo perfil tipo funil, onde apresenta uma tendência ao afinamento granulométrico para o topo no perfil GR (Quadro 2). Composta pelas eletrofácies Ea, Ev e El, com predominância de Ev e El. Geralmente apresentam intercalações entre Ev e El, e possivelmente com Ea. Ocorrem desde pacotes finos até relativamente mais espessos (aproximadamente 5 metros). Pode representar depósitos de planície de maré, indicando o aumento do nível do mar, onde as planícies costeiras são erodidas e vales fluviais afogados dando origem a lagunas e estuários. Ocorre nas profundidades até 64 metros e no intervalo entre 100 e 110 metros. Em termos sedimentológicos, composicionais e de classificação petrográfica apresentam as mesmas características que as eletrossequências 1 e 2. É indicado que esta eletrossequência seja interpretada como um ambiente de planície de maré, no período de aumento do nível do mar.

Quadro 1 – Associação das eletrosseqüências e interpretação

Eletrosseqüências	Eletrofácies	Perfis GR	Interpretação
1	Ea	Serrilhado	Ambiente fluvial, progradação deltáica
2	Ev, Ea	Serrilhado	Cordões arenosos, ambiente de praia
3	Ea, Ev, El	Funil	Estuários, Planícies de maré

6. CONCLUSÃO

O presente estudo permite ampliar a caracterização textural e composicional em subsuperfície da planície costeira do rio Paraíba do Sul, pois os modelos propostos anteriormente não dispuseram de dados geológicos de subsuperfície.

A identificação da composição mineralógica permite analisar a proveniência dos sedimentos depositados nos terraços arenosos durante as flutuações do nível do mar (regressão e transgressão) ocorridas durante o Pleistoceno – Holoceno. Este estudo contribui para a compreensão da variação da distribuição mineralógica, e de parâmetros texturais nas amostras analisadas.

Aliado aos métodos anteriores, a aplicação da modelagem de eletrofácies realizada no testemunho na região próxima à Lagoa feia é um método inédito, propondo uma análise completa de um perfil estratigráfico, permitindo contribuir na abordagem para a evolução do delta do rio Paraíba do Sul. Assim, o reconhecimento de uma sucessão de eletrofácies, dada por perfis geofísicos, permitiu identificar eletrosseqüências que representam um trecho da evolução dos ambientes de sedimentação deltáica que, quando correlacionadas com as fácies litológicas, garantiu a eficácia do método aplicado.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos: projeto “Canyon” CTPetro-FINEP/Petrobras/UFRJ; conv. PRH-ANP/MCT n.18.

7. REFERÊNCIAS

- Almeida, G. de A. *et al.* 2005. Estratigrafia do quaternário da planície deltaica ao sul do rio Paraíba do Sul, RJ. In: IX SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE RJ. Rio de Janeiro, 2005. *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, p.5.
- Alves, E.C.; Gorini, M.A.; Rodrigues, P.C.H.; Silva, C.G. 1980. Estudo da sedimentação quaternária na região entre Rio Doce e Cabo Frio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Camburiú, 1980. *Anais... Resumos expandidos*, Camboriú, SBG, v.1, p.515-529.
- Bacoccoli, G. 1971. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros - uma tentativa de classificação. *Boletim Técnico da Petrobrás*, Rio de Janeiro 14 (1/2): 5-38.
- Bastos, C.A.; Silva, C.G. 1984. Evidências de períodos erosivos cíclicos na planície de cristas de praia do rio Paraíba do Sul, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, 1980. *Anais... Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, SBG, v1, p.379-383.
- Basu, A. 1985. Influence of climate and relief on compositions of sands released at source areas. In: ZUFFA, G.G. (ed) *Provenance of arenites*. Editora Boston, p.1-18.
- CPRM, 2001. Geologia do estado do Rio de Janeiro. Brasília. 85p.
- Dias G.T.M.; Silva C.G.; Malschitzky I. H.; Pirmez C. 1984a. A planície deltaica do Rio Paraíba do Sul; seqüências sedimentares subsuperficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, 1984. *Anais... Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, SBG, v4, p.1565 – 1576.
- Dias G.T.M.; Silva, C.G.; Malschitzky I. H.; Pirmez C. 1984b. A frente deltaica do Rio Paraíba do Sul; fisiografia submarina e distribuição sedimentar. 1984a In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, 1984. *Anais... Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, SBG, v1, p.83-84.
- Dickinson, W.R. 1985. Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstones. In: ZUFFA, G.G. (ed) *Provenance of arenites*. Editora Boston, p. 333-361.
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L. 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas à desembocadura dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 13 (2): 93-105.
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A. C.S.P.; Martin, L. 1987. Sea-level history and evolution of river mouth-associated beach-ridge palins along the east-southeast Brazilian coast: a summary. Sea level fluctuation and coastal evolution. p.115 - 117.
- Dominguez, J.M.L. 1990. Delta dominados por ondas: críticas às idéias atuais com referência particular ao modelo de Coleman & Wright. *Revista Brasileira de Geociências*, 20 (1-4): 352-361.
- Folk, R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. 2^o Austin, Hemphil Publ. Co. 184p.

- Gonçalves, Z.C.; Silva, C.G. 2005. *Proveniência e distribuição dos minerais pesados no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul*. - Departamento de Geologia-LAGEMAR, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, p.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Dominguez, J.M.L.; Azevedo, A. E.G. 1984a. Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33.. Rio de Janeiro, 1984. Anais... *Resumos expandidos*, Rio de Janeiro, SBG, v1, p.84 – 97.
- Martin L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Tessler M.G.; Eichler B.B. 1984b. Significado geológico das variações dos graus de arredondamento das areias holocênicas da planície costeira do Rio Paraíba do Sul, (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro: SBG, v1, p.119 - 132.
- Martin, L.; Flexor, J.M. 1984. Porque a planície costeira do rio Paraíba do Sul não pode ser denominada de “clássico delta dominado por ondas”. In: I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBG, p.70 – 84.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M. 1986. As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de “Deltas” brasileiros. In: *Boletim de geociências-USP*, São Paulo, Publicação Especial, 15: 1-186.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Dominguez, J.M.L. 1997. Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do estado do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. CPRM, 101p.
- Piazza, D.H. 1983. Discordância pré-Holocênica e sua importância no estudo de fundações da bacia de Campos - Brasil. *Boletim Técnico da Petrobrás*, Rio de Janeiro 26 (2): 91-114.
- Potter, P.E. 1994. Modern Sands of South America: composition, provenance and global significance. *Geol Rundsch* 83: 212 – 232.
- Potter, P.E; Franzinelli, E. 1985. Fraction analyses of modern river sand of Rio Negro and Solimões, Brazil, implications for the origin of quartz-rich sandstone. *Revista Brasileira de Geociências*, 15 (1): 31-35.
- Potter, P.E. 1986. South America and a few grains of sand: Part I- Beach sands. *The Journal of geology*, 94 (3): 301-319.
- Potter, P.E.; Cesero, P.de; Savage, K.M. 1988. Mineralogic maturity of modern sand along a high-energy tropical coast: Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 1 (4): 317-328.
- Silva, C.G. 1987. *Estudo da evolução geológica e geomorfologia da região da Lagoa Feia, RJ*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, 160p.
- Tomaz, A.E. 2005. Mapeamento de paleocanais ao longo da planície costeira do rio Paraíba do Sul e plataforma continental da bacia de Campos e sua possível relação com a evolução do canyon Almirante Câmara. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, 89p.

Analysys facies contribution of stratigrafic sucession delta do rio Paraíba do Sul in the estate of Rio de Janeiro

The study aimed a textural (sedimentologic) and compositional (mineralogic) characterization of sands collected through the coastal plain and in a core (200 m) from the Paraíba do Sul river delta, and also an eletrofacies modeling of the coring well, by use of GR, ILD and conductivity geophysical curves. The integrated analysis of the sedimentologic, petrographic, and geophysic data is intended as a contribution for future stratigraphic studies of the delta, as the understanding of an important source-area for deep water sedimentation in the Campos Basin. Seventeen sand samples from the deltaic strand plain were analised, and 16 from the core. In general, textural analyses points to medium sands, subangular to sub-rounded, moderately to poorly sorted; in the core, sands are clayey. Compositionaly, the sands of the coastal plain and the core are composed by quartz (Qm=85%), feldspar (F= 12%), lithics (L=1,2%) and heavy minerals (0,5%); particularly in the core bioclastic, hematite oolites and glauconite are observed. Three eletrofacies were defined based on the values of a normalized average and the standard-deviation supplied by a special geophysical cluster analysis of the GR, ILD and conductivity curves; this procedure allowed the recognition of 3 eletrossequences, beyond the identification of successions of eletrofacies, which broadly represent depositional environments developed during the evolution of Paraíba do Sul river delta.

petrofacies / Paraíba do Sul river delta / sands/ eletrofacies

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.