



**Caracterização Fotoestratigráfica e Petrofaciológica dos
Cordões Arenosos Litorâneos do Delta do Rio Paraíba do Sul, RJ**
Photostratigraphic and Petrofaciologic
Characterization of the Paraíba do Sul River Delta Beach Ridges, RJ

Luís Fernando Silveira; Leonardo Borghi;
Silvia Regina de Medeiros; Jane Nobre Lopes;
Bruno Rafael de Carvalho Santos & Douglas Rosa da Silva

*Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia,
Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, 21941-916, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*
*E-mails: luis@geologia.ufrj.br; lborghi@geologia.ufrj.br;
silvia@geologia.ufrj.br; janenobre@gmail.com; bruno.rafael@gmx.com; douglasrosageo@gmail.com*
Recebido em: 05/10/2018 Aprovado em: 08/02/2019
DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_536_553

Resumo

O estudo do delta holocênico do rio Paraíba do Sul (RJ) a partir da interação de dados fotoestratigráficos, texturais e de minerais pesados, permitiu a delimitação de petrofacies relacionadas a diversas rochas-fonte e processos sedimentares. A região do delta foi separada em planícies norte e sul, tendo o rio como referencial. A planície sul foi dividida em setores Sul 1, adjacente ao rio, e Sul 2, no extremo sul do delta. Os atributos fotoestratigráficos permitiram a identificação na planície norte de quinze fotosssequências com onlaps S-N e poucos truncamentos erosivos. Na planície sul foram identificadas trinta fotosssequências com onlaps predominantemente N-S e truncamentos erosivos SW-NE. O setor Sul 2 apresenta onlaps de direções variadas, truncamentos erosivos NW-SE e fonte sedimentar diferenciada, possivelmente relacionada a áreas ao sul do delta, enquanto a planície norte e o setor Sul 1 foram alimentados principalmente pela ação do rio e sua interação com correntes de deriva litorânea. Uma importante feição aproximadamente N-S é visível em todo delta e reflete um evento erosivo maior associado a um possível processo regressivo. Também foi possível delinear a ocorrência temporal do predomínio de contribuição de diferentes rochas-fonte e agentes deposicionais, sintetizadas nas petrofacies estabelecidas.

Palavras-Chave: Fotoestratigrafia; Minerais pesados; Holoceno

Abstract

The holocenic Paraíba do Sul river delta was studied based on the integrated analysis of photostratigraphic, textural and heavy mineral data, allowing the delineation of petrofacies related to several source rocks and sedimentary processes. The deltaic region was separated in north and south plains, taking the river as a spatial reference. The south plain was divided in two sectors: Sul 1, next to the river, and Sul 2, at the delta extreme south. The photostratigraphic attributes allowed the identification of fifteen photossequences with S-N onlaps and few NW-SE erosional truncations at the north plain. In the south plain, thirty photossequences showing dominantly N-S onlaps and SW-NE erosional truncations were identified. The Sul 2 sector shows varied directions onlaps, NW-SE erosional truncations and differentiated sedimentary source, possibly related to areas at the south of the delta, whilst the north plain and Sul 1 sector were fed mainly by the river input and its interaction with coastal drift currents. An approximately N-S significant feature crosses the entire delta and reflects a major erosive event associated to a potential regressive process. Also, was possible to delineate a temporal occurrence of the predominance of different source rocks contribution and depositional agents, synthesized in the petrofacies.

Keywords: Photostratigraphy; Heavy minerals; Holocene

1 Introdução

A costa leste do Brasil possui diversos exemplos de deltas holocênicos tradicionalmente descritos como dominados por ondas, tais como os deltas dos rios São Francisco, Doce, Jequitinhonha e Paraíba do Sul (Dominguez *et al.*, 1981). Embora a progradação desses deltas seja relacionada às variações do nível do mar ocorridas durante o Holoceno (Martin *et al.*, 1993), ainda não há um consenso sobre como essas se deram e qual seria a curva de variações correspondente (*e.g.*, Suguio *et al.*, 1985; Angulo *et al.*, 2006; Castro *et al.*, 2014).

A planície do delta do rio Paraíba do Sul, localizada na porção nordeste do estado do Rio de Janeiro, apresenta uma extensa sucessão de feixes de cordões arenosos litorâneos, bem como pântanos, manguezais, lagoas e lagunas quaternárias, cuja evolução paleoambiental e processos sedimentares atuantes foram amplamente estudados nas últimas décadas; os principais trabalhos foram baseados em observações geomorfológicas, análises texturais dos sedimentos e datações por radiocarbono utilizando materiais de superfície (*c.f.* Lamego, 1955; Bacocoli, 1971; Dominguez *et al.*, 1983; Dominguez *et al.*, 1987; Dias *et al.* 1984; Martin *et al.*, 1984a; Martin *et al.*, 1993; Martin *et al.*, 1997).

Trabalhos como os de Dias *et al.* (1997) e Torezan & Vanuzzi (1997) descrevem depósitos de minerais pesados imediatamente ao norte da planície deltaica e nos sedimentos atuais da margem norte do delta do rio Paraíba do Sul. Gonçalves (2004) e Sousa *et al.* (2017) analisaram assembleias de minerais pesados em regiões praias no delta buscando avaliar a proveniência sedimentar e as características dos agentes de transporte, delineando as direções das correntes de deriva litorânea e estabelecendo potenciais rochas-fonte para os sedimentos depositados.

Em alguns estudos mais recentes, a tentativa de organização estratigráfica e morfoestratigráfica dos cordões litorâneos (Tomaz, 2005; Vasconcelos, 2016), utilização de testemunhos e perfis geofísicos de poços de sondagem (*e.g.*, Bitencourt *et al.*, 2007; Carvalho, 2009; Murillo *et al.*, 2009) vem permitindo uma melhor compreensão estratigráfica do delta do rio Paraíba do Sul. No entanto, a ausência de

estudos sistemáticos que utilizem atributos texturais e composicionais dos cordões arenosos e aspectos morfológicos do delta, aliados aos avanços recentes na pesquisa sobre diversos aspectos de deltas assimétricos dominados por ondas (*e.g.*, Bhattacharya & Giosan, 2003; Hansen & MacEachern, 2007; Li *et al.*, 2011), ainda tornam a planície de cordões arenosos litorâneos do delta do rio Paraíba do Sul uma área importante de estudo.

Esta pesquisa tem como finalidade definir os agentes de transporte e as fontes sedimentares responsáveis pela formação dos cordões arenosos litorâneos componentes de parte da planície quaternária do delta do rio Paraíba do Sul.

1.1 Contexto Geológico

Os depósitos sedimentares do delta do rio Paraíba do Sul são quaternários e drenam áreas onde ocorrem relevos tabulares de idade miocênica-pliocênica pertencentes ao Grupo Barreiras (Moares Rego, 1930, *apud* Baptista *et al.*, 1984). O rio Paraíba do Sul percorre cerca de 1100 km desde a sua nascente até a desembocadura e em sua maior parte percorre rochas pré-cambrianas e cambrianas pertencentes à Faixa Ribeira (Cordani *et al.*, 1973), onde ocorrem rochas metassedimentares de fácies anfibolito a granulito as quais são cortadas por diversas gerações de rochas granitoides, ortognaisses, leucogranitos, leucocharnockitos e granitoides/charnockitoides relacionados a unidades diversas. Essas rochas pertencentes ao embasamento cristalino fornecem a maior parte dos sedimentos que alimentam a rede hidrográfica que compõe a bacia do rio Paraíba do Sul (Figura 1). Tupinambá *et al.* (2007) denominam a região que compreende o delta do rio Paraíba do Sul como Domínio Costeiro.

2 Materiais e Métodos

2.1 Localização e Amostragem

A área de estudo se estende por aproximadamente 800 km² e corresponde à porção onde ocorrem os cordões praias dos depósitos litorâneos (*sensu* Silva *et al.*, 2004) do delta do rio Paraíba do Sul. A área pesquisada foi dividida em três setores: um

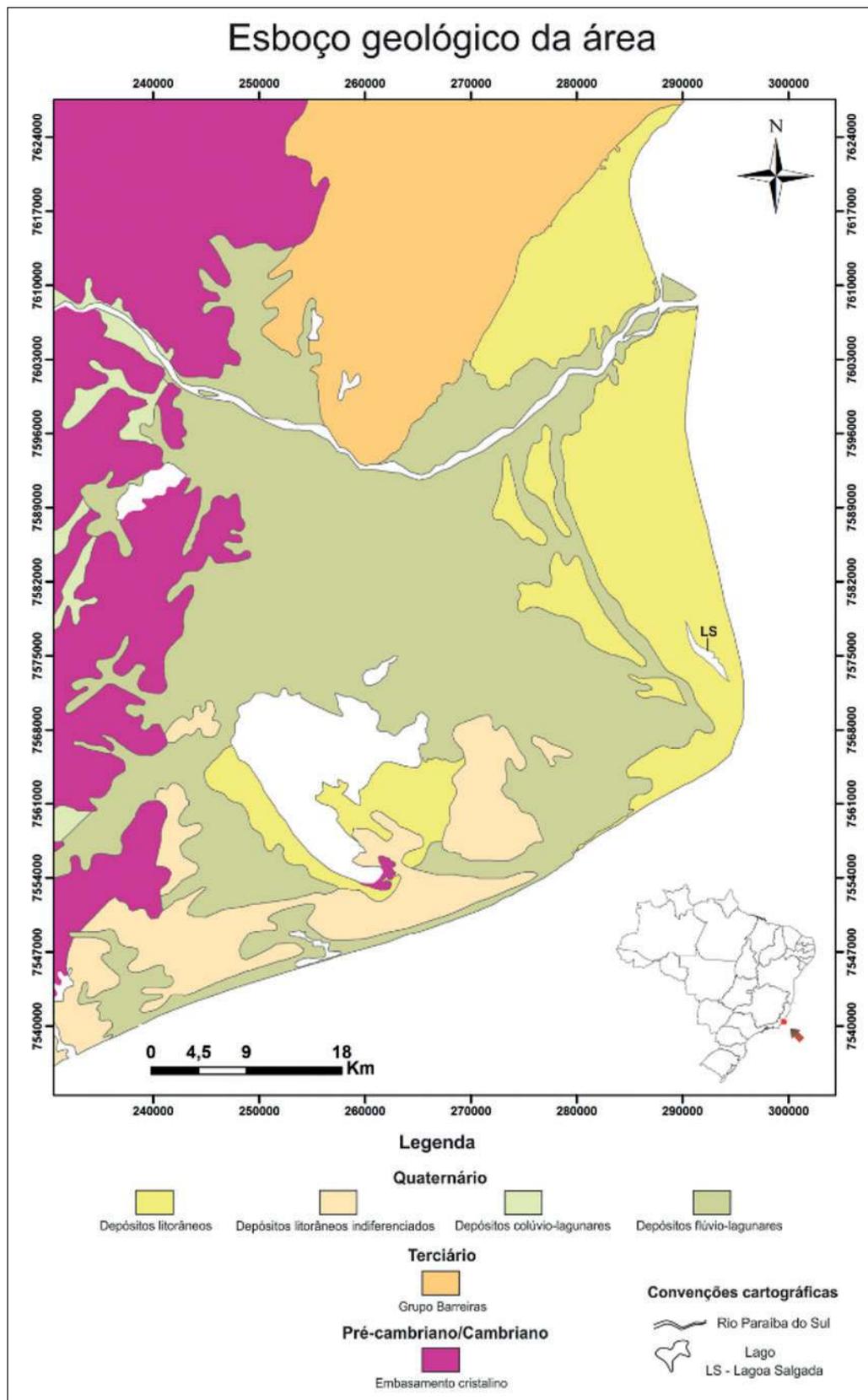


Figura 1 Esboço geológico da região do delta do rio Paraíba do Sul (modificado de Silva *et al.* 2004).

na planície norte, denominado Setor Norte, onde foram coletadas 105 amostras e dois na planície sul, denominados setores Sul 1, onde foram coletadas 43 amostras e Sul 2, onde houve a coleta de 63 amostras, totalizando 109 amostras para toda planície sul

(Figura 2). Tais amostras foram coletadas a aproximadamente 1 m de profundidade, possuindo em torno de 1 kg cada uma, sendo que a amostragem foi realizada de forma a seguir uma transecta de eixo continente-mar.

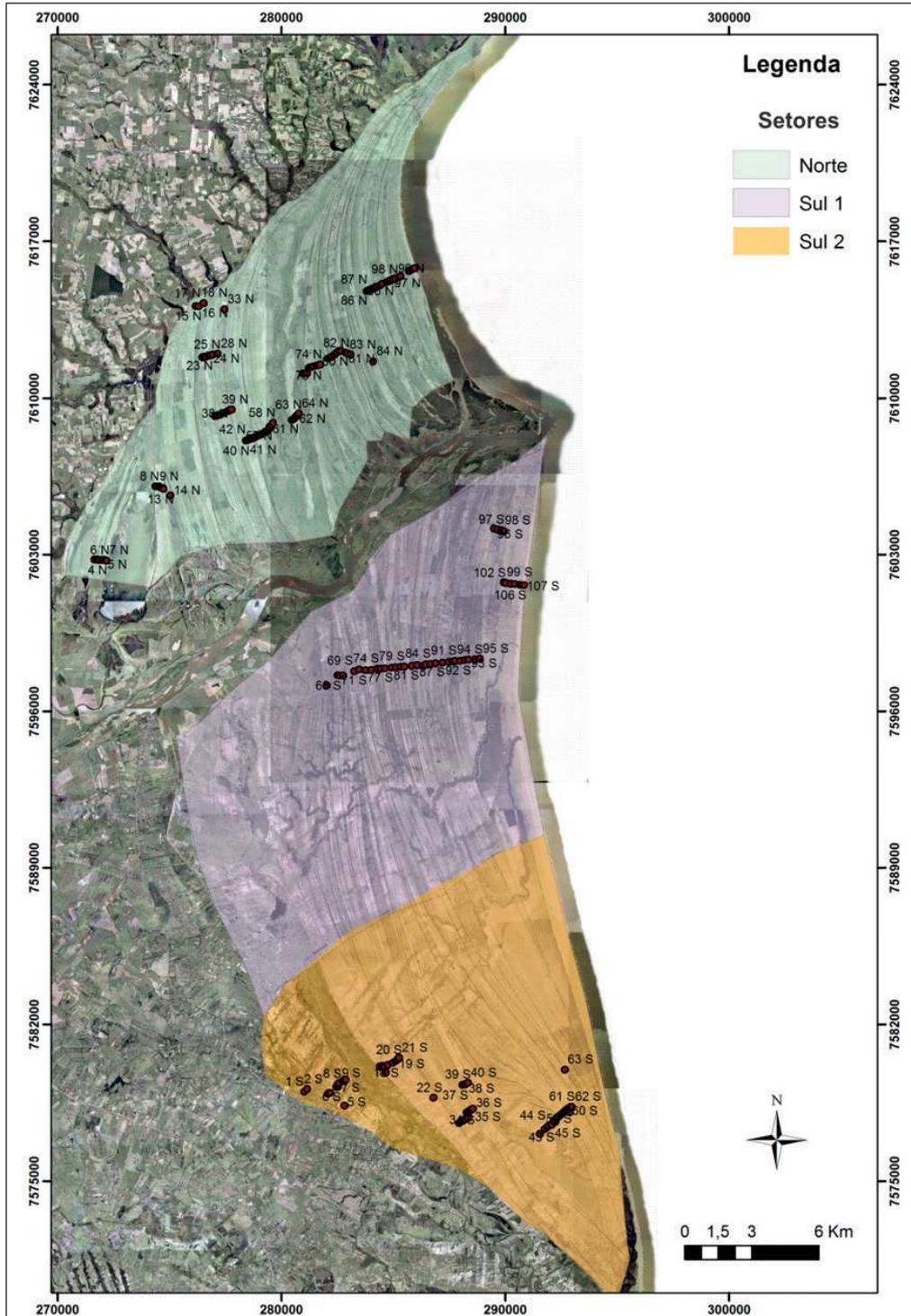


Figura 2 Mapa dos pontos de coleta das amostras e os setores nos quais o delta do rio Paraíba do Sul foi dividido neste trabalho.

2.2 Métodos

Os conjuntos de cordões arenosos foram delimitados e organizados em sucessões específicas, aqui denominadas “fotosequências”, baseado na análise de fotomosaicos da área (IBGE, 2015). A análise fotoestratigráfica aplicada neste trabalho é uma técnica de investigação estratigráfica que considera aspectos geomorfológicos, morfoestratigráficos ou mesmo de mapeamento geológico de um ambiente ou bacia sedimentar a partir de fotografias aéreas (Sgavetti, 1992).

Uma parte (aprox. 100g) das amostras coletadas foi submetida à tamisação para obtenção de dados referentes aos parâmetros texturais, seguindo o método proposto por Folk & Ward (1957) para a representação gráfica de parâmetros granulométricos (média e seleção), com os dados processados pelo software *GRADISTAT* v.7 (Blott & Pye, 2001). As peneiras utilizadas correspondem aos seguintes valores de Phi: -1; -0,5; 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5. Em seguida, foi realizada a análise morfooscópica (arredondamento e esfericidade) por estimativa visual, tomando como referência o gráfico comparativo de Powers (1989), com obtenção de resultados para a fração areia grossa, mais representativa para variações existentes por processos de transporte (Cailleux & Tricart, 1959 *apud* Martin *et al.*, 1984b).

A partir de uma porção previamente separada de 63 amostras (21 para cada setor), na fração areia muito fina, realizou-se a obtenção e identificação dos minerais pesados por microscópio petrográfico, com adoção do método proposto por Mange & Maurer (1992), com utilização de concentração gravimétrica e por líquido denso (bromofórmio, $d = 2,89\text{g/cm}^3$).

A variação quantitativa dos minerais ao longo dos setores estudados é demonstrada por gráficos de área composto. Como o número de variáveis (minerais) é elevado, foi utilizada uma adaptação do princípio da análise de Pareto, estabelecendo que um valor de 90% das assembleias de minerais pesados é representativo de todo o conjunto.

Neste trabalho, utiliza-se o teste T presumindo variâncias equivalentes para o exame final dos setores estudados utilizando as variáveis (minerais) selecionados pela análise de Pareto e a média granulométrica.

O conceito de petrofácies de Gandolfi *et al.* (2007) emprega atributos de suítes de minerais pesados como elemento definidor. Este trabalho segue este método, embora utilize também atributos texturais dos corpos sedimentares (granulometria, arredondamento e esfericidade) para estabelecimento das petrofácies, sob uma análise integrada desses quatro parâmetros. Associações das petrofácies definidas também são caracterizadas seguindo a definição de Collinson (1969).

3 Resultados

3.1 Fotoestratigrafia

Estudando os atributos fotoestratigráficos dos feixes de cordões arenosos litorâneos da planície do delta do rio Paraíba do Sul, observa-se uma quebra de relevo de dimensões métricas segundo direção N-S, a qual mais pronunciada na porção ao norte do rio e que diminui à medida que se aproxima da porção sul do delta. Esse estudo permitiu especialmente o estabelecimento de fotosequências distintas para as duas margens do rio.

No Setor Norte foram delineadas quinze fotosequências (Figura 3), as quais tem em comum a ocorrência de onlaps com direção sul-norte. Os únicos truncamentos erosivos identificados nessa planície estão no limite entre as fotosequências 1NOR e 2NOR. Uma diferença no padrão morfológico ocorre a partir do limite externo da fotosequência 6NOR, com expressivo adelgaçamento na direção norte das fotosequências posteriores. Além disso, a partir desse limite, há o estabelecimento de um sistema de formação ilhas barreira adjacentes à desembocadura do rio Paraíba do Sul; essas ilhas-barreira já haviam sido estudadas por Vasconcelos & Fernandez (2011), mas sem que tenham precisado seu limite oeste de ocorrência.

Na planície ao sul do rio Paraíba do Sul, foram identificadas trinta fotosequências. Na região adjacente ao rio Paraíba do Sul (Figura 4) as fotosequências delimitadas geralmente apresentam onlaps de direção N-S e truncamentos erosivos com direções S-N e SW-NE. Na parte setentrional desse setor, duas discordâncias se destacam pelo alto ângulo e pela nitidez dos truncamentos erosivos: a correspondente ao limite interno da fotosequência 14SUL e a do limite externo da fotosequência 16SUL.

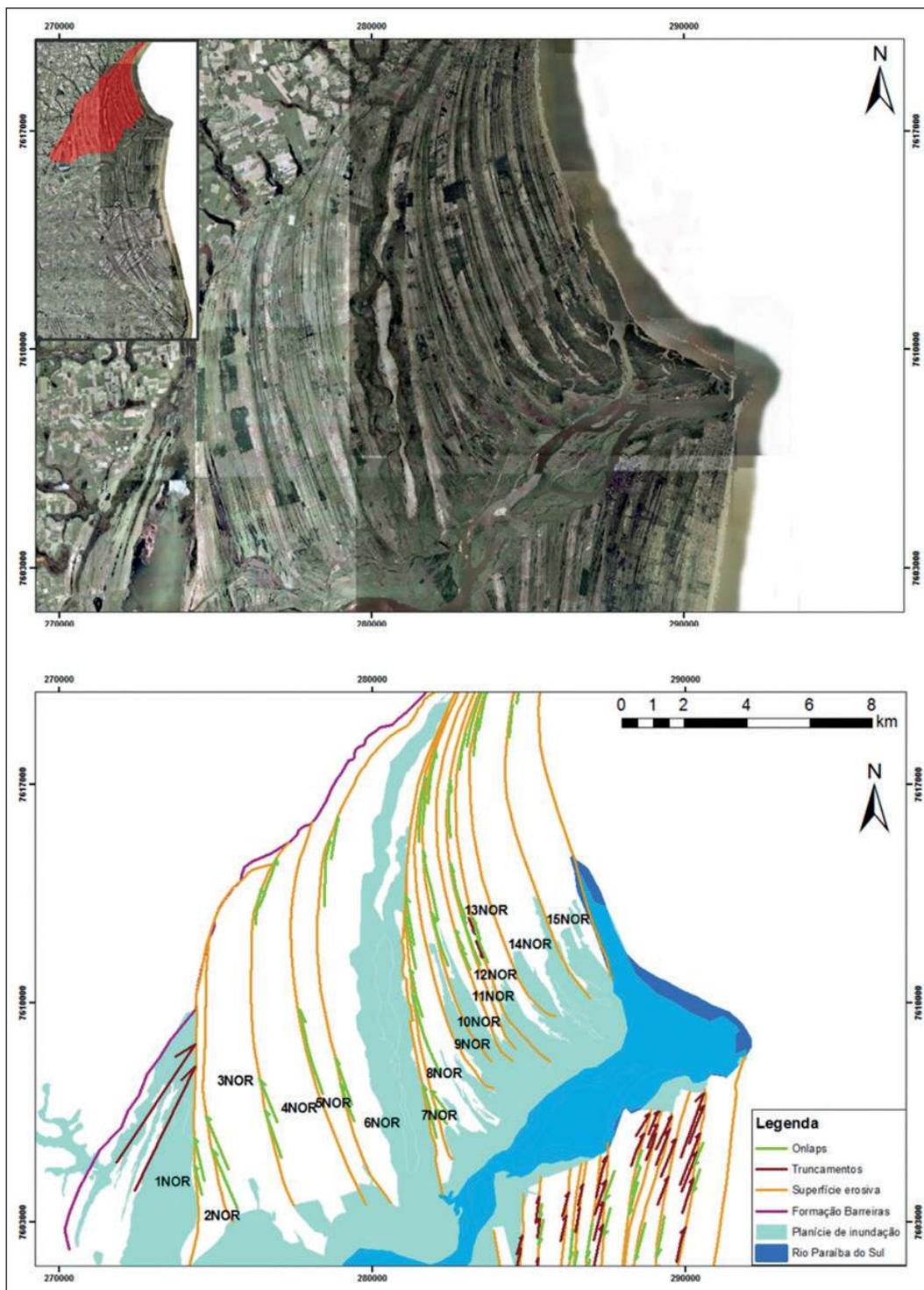


Figura 3 Fotossequências do Setor Norte do delta do rio Paraíba do Sul.

Na área correspondente ao setor Sul 2, a qual abrange a Lagoa Salgada (Figura 5), as fotossequências tendem a exibir truncamentos erosivos de direção NW-SE e *onlaps* com direção variável nas

proximidades da Lagoa Salgada. Além disso, nas fotossequências compreendidas entre as fotossequências 8SUL e 16SUL, é observável uma tendência de adelgaçamento em direção ao norte, e poderia estar relacionado a formação da Lagoa Salgada.

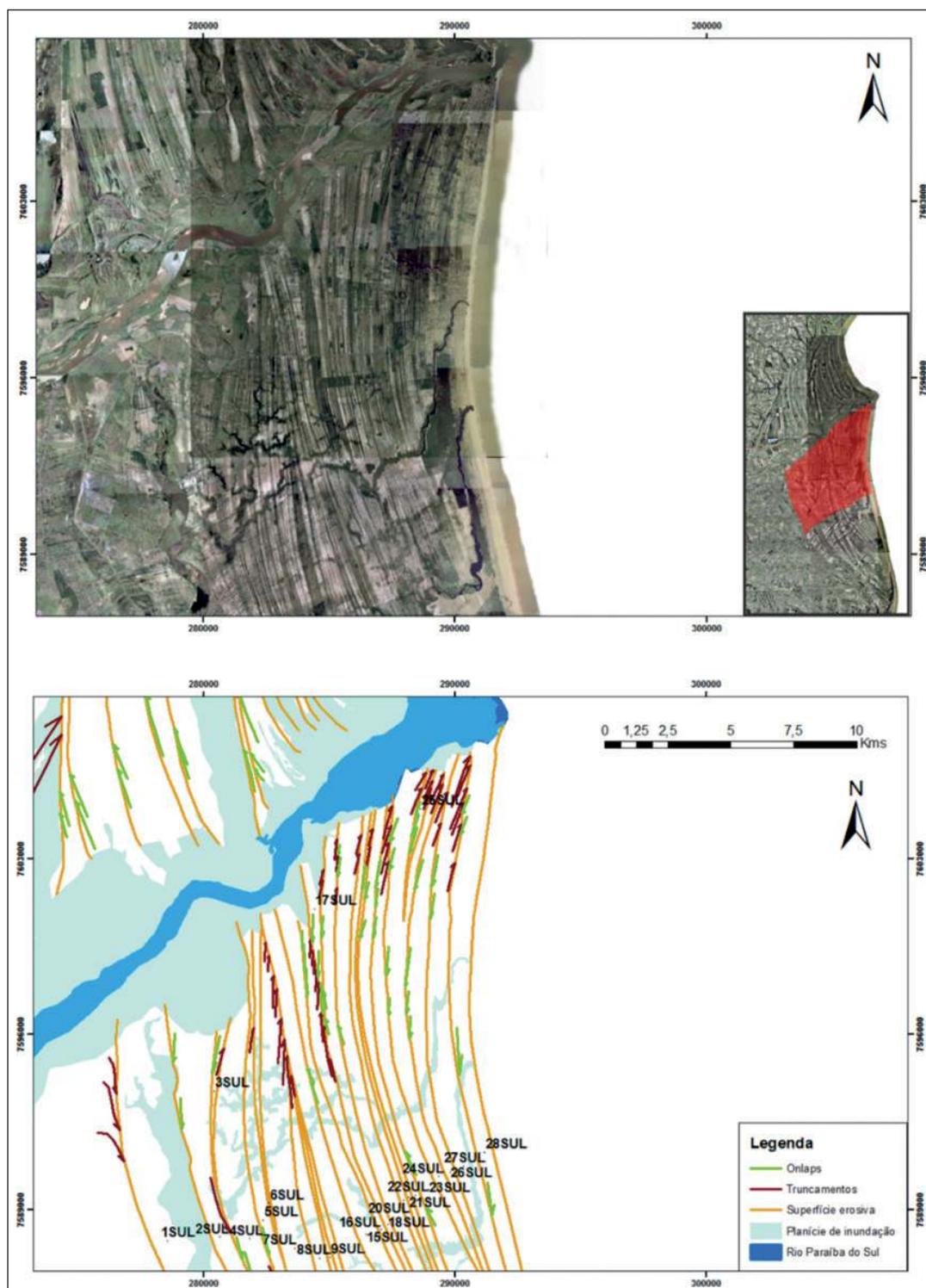


Figura 4 Fotosequências do Setor Sul 1 do delta do rio Paraíba do Sul.

3.2 Análise Textural

A análise dos parâmetros granulométricos dos sedimentos do setor Norte do delta do rio Paraíba do Sul (Figura 6A) revela que estes são majoritariamente

de fração areia média e moderadamente selecionados. Já a análise morfooscópica da fração areia grossa das amostras indica que os grãos, em geral, tendem a ser angulares a sub angulares e esféricos.

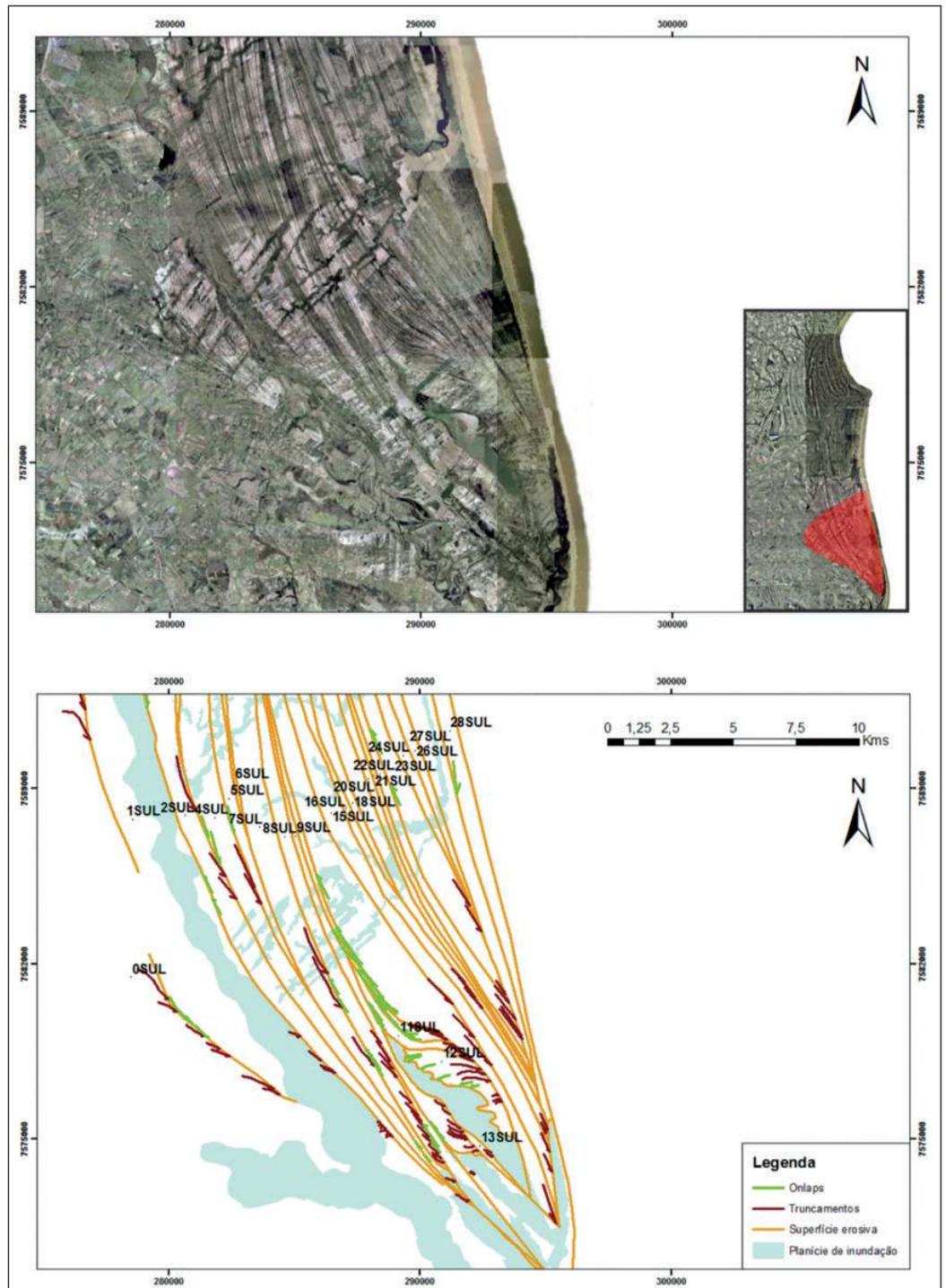


Figura 5 - Fotossequências do Setor Sul 2 do delta do rio Paraíba do Sul.

No setor Sul 1 (Figura 6B) há a continuidade da tendência de deposição de areias médias, de seleção moderada. Os grãos da fração areia grossa analisados são predominantemente sub arredondados e sub prismáticos.

As amostras analisadas no setor Sul 2 (Figura 6C) apresentam média granulométrica superior em

relação às dos setores anteriores, com granulometria média enquadrada nas frações areia média superior à areia grossa inferior, embora a seleção ainda seja moderada. Os grãos analisados são predominantemente angulares e sub discoidais.

Caracterização Fotoestratigráfica e Petrofaciológica dos Cordões Arenosos Litorâneos do Delta do Rio Paraíba do Sul, RJ

Luis Fernando Silveira; Leonardo Borghi;

Silvia Regina de Medeiros; Jane Nobre Lopes; Bruno Rafael de Carvalho Santos & Douglas Rosa da Silva

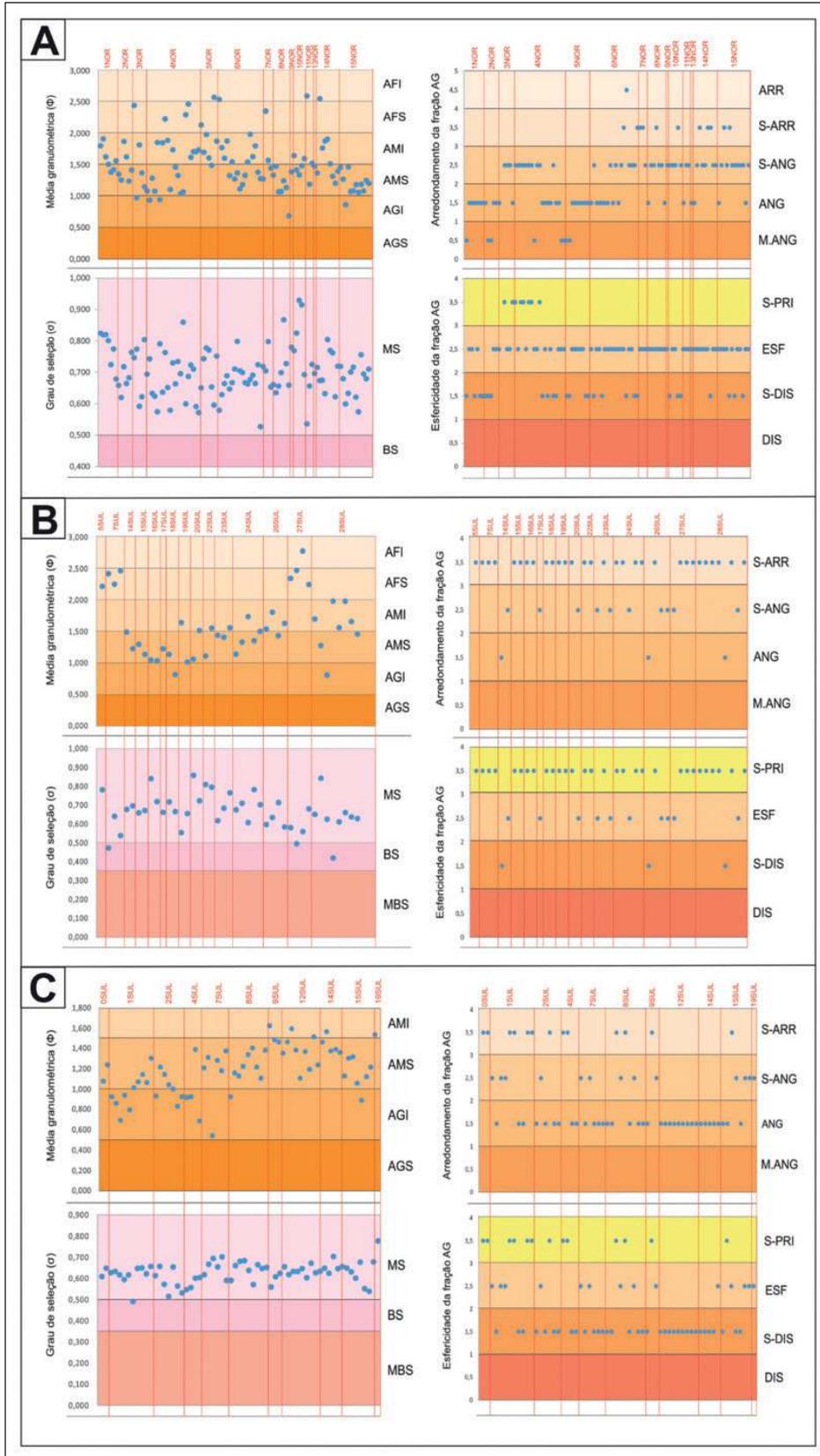


Figura 6 - Dados granulométricos (média e seleção) e morfofoscópicos (arredondamento e esfericidade) dos grãos da fração areia grossa por fotossequências dos três setores (A – Norte; B – Sul 1; C – Sul 2). Legenda: AFI – areia fina inferior; AFS – areia fina superior; AMI – areia média inferior; AMS – areia média superior; AGI – areia grossa inferior; AGS – areia grossa superior; MS – moderadamente selecionado; BS – bem selecionado; MBS – muito bem selecionado; ARR – arredondado; S-ARR – sub arredondado; S-ANG – sub angular; ANG – angular; M.ANG – muito angular; S-PRI – sub prismático; ESF – esférico; S-DIS – sub discoidal; DIS – discoidal.

3.3 Análise Mineralógica

A investigação em microscópio petrográfico dos minerais pesados translúcidos nas 63 amostras selecionadas para este fim revelou assembleias constituídas por 25 distintos minerais, dentre os quais os principais estão representados na Figura 7. As quantidades relativas dos minerais mais representativos de cada setor estão ilustradas na forma de gráficos de área empilhada (Figura 8).

A análise dos minerais pesados analisadas no setor Norte mostra uma ampla predominância do zircão em relação aos demais minerais translúcidos, correspondendo quantitativamente a pouco mais da metade da composição das assembleias analisadas (55,16%). Ao mesmo tempo, a quantidade do zircão mostra-se inversamente proporcional ao da maioria dos outros minerais. Os outros principais minerais constituintes das suítes estudadas, os quais juntos com o zircão correspondem a 90% da composição, são: hornblenda, rutilo, sillimanita, granada, clinopiroxênios e apatita (Figura 8A).

O zircão também domina a maior parte das suítes de minerais pesados translúcidos no setor Sul 1 (56,82%), com um comportamento marcado por sucessivas variações e sutil tendência de ascensão ao longo da transecta do setor Sul 1. A diversidade mineralógica entre os demais minerais dominantes das assembleias desse setor é menor, sendo seus constituintes a sillimanita, o rutilo, a granada e a

hornblenda. As proporções de granada e sillimanita se comportam de forma quase diametralmente oposta à do zircão, incluindo uma inversão de predominância zircão-sillimanita na fotossequência 14SUL (Figura 8B).

A dominância do zircão em relação aos outros minerais pesados analisados é muito mais evidente (76,42%) em comparação aos outros setores investigados. As variações na quantidade de zircão são mais notáveis nas primeiras fotossequências, com certa tendência de estabilização ao longo da transecta a partir da fotossequência 8SUL. Rutilo e monazita também são abundantes nas assembleias estudadas, sugerindo processos de concentração de minerais mais densos. Apatita e sillimanita completam com os supracitados o grupo dos minerais pesados dominantes das suítes analisadas. Poucas variações expressivas podem ser destacadas nesse setor, com ressalva para o aumento da quantidade de zircão a partir da fotossequência 7SUL (Figura 8C). Baseado nas análises anteriores, é possível observar que, de forma geral, as assembleias de minerais pesados possuem atributos distintos em relação a posição na planície deltaica. As zonas mais próximas ao rio tendem a refletir assembleias minerais oriundas deste e as zonas mais distantes apresentam características que sugerem pouca contribuição fluvial e maior retrabalhamento por correntes de deriva litorânea. Tendo em vista esses pressupostos, as três

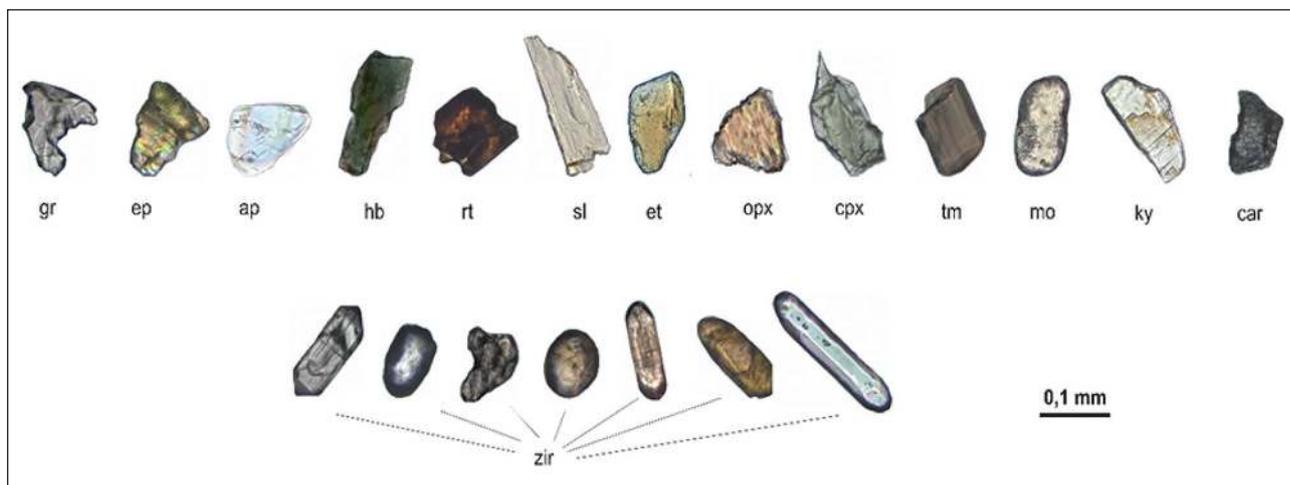


Figura 7 Principais minerais pesados identificados nos cordões do delta do rio Paraíba do Sul, com destaque para os diferentes tipos de zircão. Legenda: gr – granada, ep – epidoto, ap – apatita, hb – hornblenda, rt – rutilo, sl – sillimanita, et – estauroлита, opx – ortopiroxênio, cpx – clinopiroxênio, tm – turmalina, mo – monazita, ky – cianita, car – carbonato, zir – zircão.

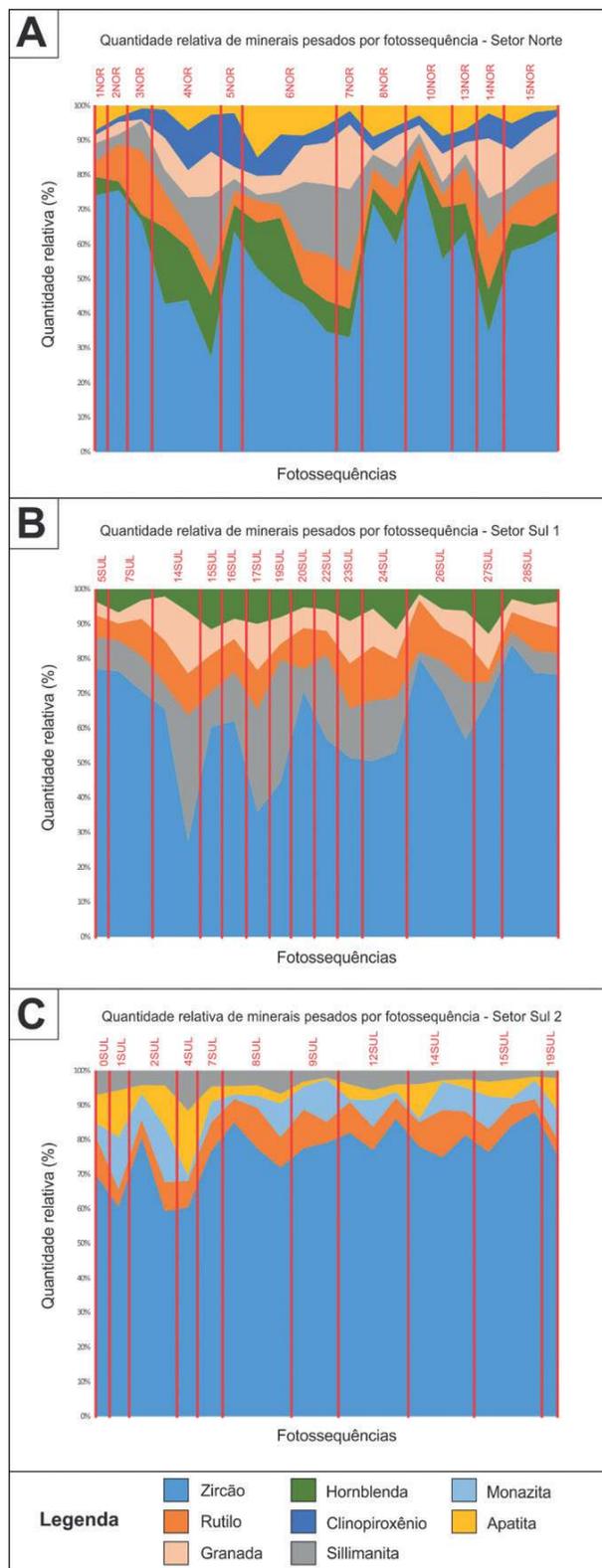


Figura 8 Gráficos de área empilhada para quantidades relativas de minerais pesados para os três setores estudados por fotossequência.

áreas possuem atributos distintos, mas uma maior semelhança é esperada entre os setores Norte e Sul 1, já que ambos aparentemente têm como principal fonte de carregamento de sedimentos o rio Paraíba do Sul. A análise de Pareto revelou que quatro minerais são recorrentes dentre os mais representativos nos três setores estudados. O emprego do teste T utilizando esses minerais e a média granulométrica como variáveis corroborou as hipóteses de semelhanças e diferenças entre os setores, onde, para um valor de $\alpha = 5\%$, os setores Norte e Sul 1 são similares ($P = 24,16\%$ para zircão, $P = 39,32\%$ para rutílio, $P = 7,01\%$ para sillimanita, $P = 79,20\%$ para granada e $P = 46,59\%$ para média granulométrica), os setores Norte e Sul 2 são diferentes ($P < 0,01\%$ para zircão, $P = 39,24\%$ para rutílio, $P = 0,96\%$ para sillimanita, $P = 0,30\%$ para granada e $P < 0,01\%$ para média granulométrica), e os setores Sul 1 e Sul 2 também são distintos entre si ($P = 0,06\%$ para zircão, $P = 3,80\%$ para rutílio, $P = 0,01\%$ para sillimanita, $P = 0,06\%$ para granada e $P < 0,01\%$ para média granulométrica). O relativo alto grau de similaridade apontado pelo rutílio para os setores Norte e Sul 2 ($P = 39,24\%$) provavelmente à potencial forte presença desse mineral nas rochas-fonte dos sedimentos transportados para o setor Sul 2.

3.4 Petrofácies

O conceito de petrofácies utilizado como descrito na metodologia mostrou-se adequado para definir os principais processos sedimentares e de proveniência identificados na área.

Nesta pesquisa as observações de Gonçalves (2004) sobre as assembleias de minerais pesados características da região da foz do rio Paraíba do Sul foram amplamente utilizadas nas interpretações dos dados oriundos do estudo da mineralogia ao longo dos cordões arenosos.

A Tabela 1 descreve as características dos elementos de definição e a respectiva interpretação dos processos atuantes para cada petrofácies definida neste trabalho. A distribuição destas petrofácies ao longo do delta do rio Paraíba do Sul está ilustrada na Figura 9.

As petrofácies definidas permitiram estabelecer alguns atributos da construção do delta do rio Paraíba do Sul. O primeiro aspecto a ser salientado é

Caracterização Fotoestratigráfica e Petrofaciológica dos Cordões Arenosos Litorâneos do Delta do Rio Paraíba do Sul, RJ

Luís Fernando Silveira; Leonardo Borghi;

Silvia Regina de Medeiros; Jane Nobre Lopes; Bruno Rafael de Carvalho Santos & Douglas Rosa da Silva

PETROFÁCIES	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
PF1	Constituída por areia grossa a média, moderadamente a moderadamente bem selecionada, muito angular a sub-angular e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em zircão e apatita.	Energia moderada do fluxo, com pouco retrabalhamento e Grupo Barreiras como potencial fonte secundária.
PF2	Constituída por areia grossa a fina, moderadamente a moderadamente bem selecionada, angular a sub-angular e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em granada, sillimanita, hornblenda e clinopiroxênios	Energia moderada do fluxo, com pouco retrabalhamento e o Rio Paraíba do Sul como provável fonte.
PF3	Constituída por areia média a fina, moderadamente a moderadamente bem selecionada, muito angular a sub-angular e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em hornblenda e clinopiroxênios	Energia moderada do fluxo, com pouco retrabalhamento e o Rio Paraíba do Sul como provável fonte (rochas ricas em hornblenda-clinopiroxênios).
PF4	Constituída por areia média, moderadamente a moderadamente bem selecionada, sub-angular a muito arredondada e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em granada e sillimanita.	Energia moderada do fluxo, com pouco retrabalhamento e o Rio Paraíba do Sul como provável fonte (rochas ricas em granada-sillimanita).
PF5	Constituída por areia grossa a média, moderadamente a moderadamente bem selecionada, angular a arredondada e com assembleias de minerais pesados com quantidades moderadas de granada, sillimanita, hornblenda e clinopiroxênios.	Energia moderada do fluxo, com moderado retrabalhamento e o Rio Paraíba do Sul como provável fonte (mistura de rochas-fonte).
PF6	Constituída por areia grossa a média, moderadamente a moderadamente bem selecionada, sub-angular e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em minerais mais densos (usualmente zircão e rutilo).	Energia moderada do fluxo, com moderado retrabalhamento e o Rio Paraíba do Sul como provável fonte, com carreamento de minerais pesados leves.
PF7	Constituída por areia fina, moderadamente a moderadamente bem selecionada, angular a arredondada e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em zircão, sillimanita e, ocasionalmente, rutilo.	Baixa energia do fluxo, com intenso retrabalhamento, alterando parcialmente as assembleias mineralógicas.
PF8	Constituída por areia grossa, moderadamente bem selecionada, arredondada e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em zircão, rutilo, sillimanita e hornblenda.	Alta energia do fluxo, com pouco retrabalhamento e o rio Paraíba do Sul como fonte sedimentar principal.
PF9	Constituída por areia grossa a média, bem selecionada a moderadamente bem selecionada, angular a arredondada e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em apatita e monazita, com quantidades moderadas de zircão.	Energia moderada do fluxo, com moderado retrabalhamento e múltiplas fontes sedimentares.
PF10	Constituída por areia grossa a média, bem selecionada a moderadamente bem selecionada, angular a arredondada e com assembleias de minerais pesados relativamente ricas em zircão, com quantidades moderadas de rutilo e/ou apatita e/ou monazita.	Energia moderada do fluxo, com moderado retrabalhamento e fonte sedimentar principal não relacionada ao rio Paraíba do Sul.

Tabela 1 Petrofácies definidas com base nos aspectos texturais e mineralógicos dos sedimentos constituintes dos cordões litorâneos do delta do rio Paraíba do Sul.

a diferença observada nas petrofácies descritas entre as fotossequências mais internas (mais a oeste) das margens norte e sul do rio Paraíba do Sul; essas diferenças refletem variações entre as rochas-fonte e processos sedimentares atuantes.

As três primeiras petrofácies definidas na planície norte (PF1, PF2 e PF3) são diagnósticas da contribuição sedimentar do próprio rio, possivelmente com contribuição em menor ordem do Grupo Barreiras na petrofácies PF1. Na planície Sul, há o estabelecimento das petrofácies PF8, PF9 e PF7; as duas primeiras (PF8 e PF9) representam sedimentos de origem no rio Paraíba do Sul, com mistura de fontes, respectivamente; a petrofácies PF7 está relacionada à deposição em regime de baixa energia de transporte, mas sofrendo retrabalhamento. Os cordões arenosos estratigraficamente acima da petrofácies PF7 são classificados como pertencentes à petrofácies PF6, caracterizada pela concentração de minerais mais densos, como zircão, rutilo e granada.

Nas porções mais externas, situadas mais a leste das fotossequências 6NOR na margem norte e

14SUL na margem sul, ocorre a deposição da petrofácies PF4, que tem como principal fonte os sedimentos transportados pelo rio Paraíba do Sul. A posição de ocorrência dessa petrofácies no delta indica uma correspondência temporal de deposição, uma vez que a mesma ocorre em ambas as margens do rio. Tal correspondência é aparente também na continuidade da construção deltaica em direção ao mar, com o estabelecimento da petrofácies PF5 em ambas as margens do rio Paraíba do Sul, fonte sedimentar primária também nessa petrofácies. A alternância da petrofácies PF5 com a petrofácies PF6, a qual é diferenciada principalmente por representar episódios de carreamento de minerais leves e seleção de minerais mais acompanha a progradação do delta até a linha de costa atual em ambas as margens do rio.

Na área mais ao sul do delta, adjacente à Lagoa Salgada, ocorre a petrofácies PF10, derivada da deposição de sedimentos transportados por correntes de deriva litorânea de direção S-N e sem área-fonte determinada, mas possivelmente localizada ao sul do Cabo de São Tomé. A assembleia mineralógica diferenciada característica da PF10 e os atributos

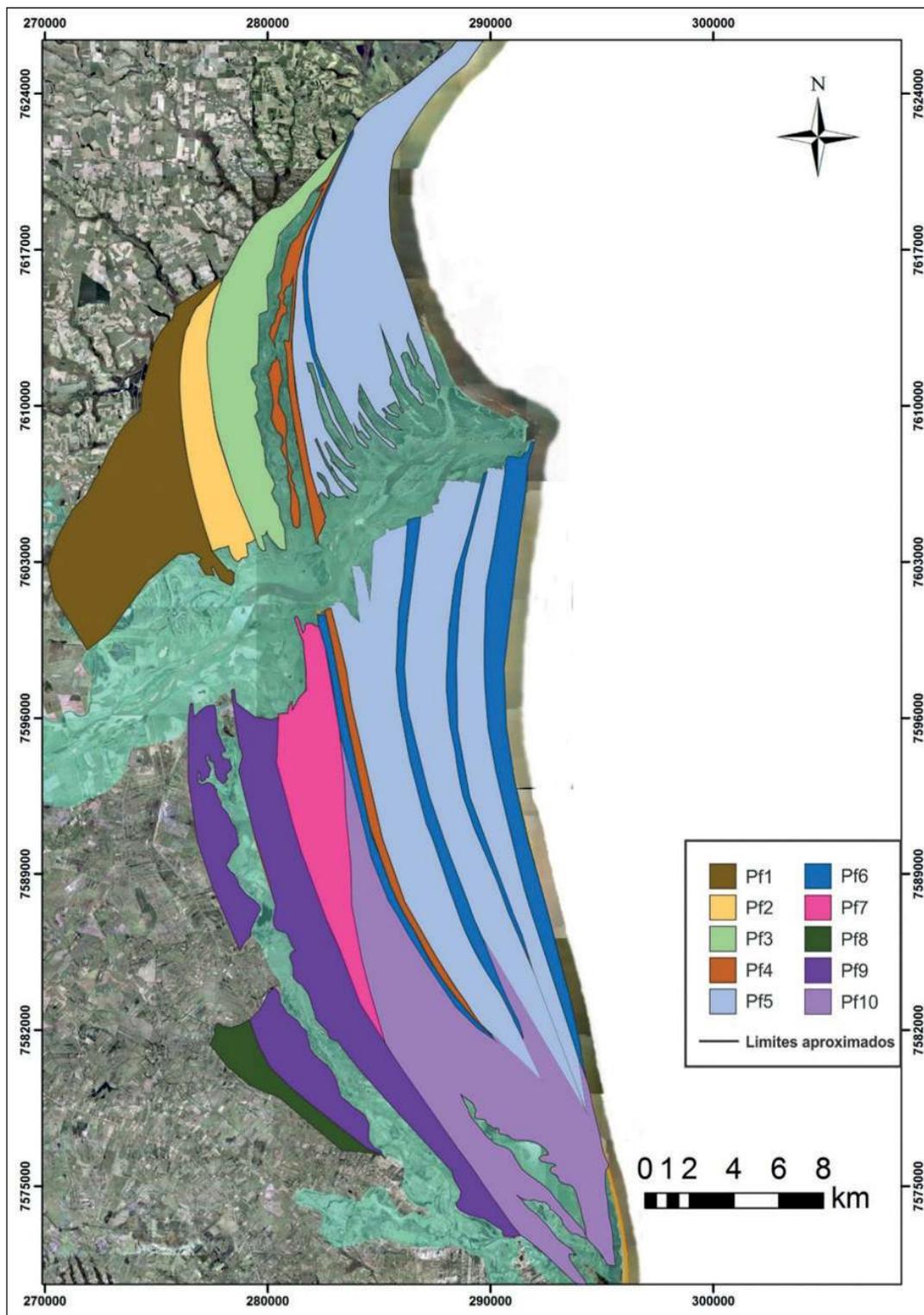


Figura 9 Mapa de ocorrência das petrofacies definidas.

fotoestratigráficos descritos sugerem deposição por transporte longitudinal de direção S-N, o que está em consonância com as observações de Cassar &

Neves (1993) e Gonçalves (2004) para as praias atuais, indicando a continuidade no presente dos processos atuantes durante a construção deltaica.

3.5 Associação de Fácies

As fontes e processos envolvidos na deposição dos sedimentos são os atributos chave para a definição das petrofácies aqui definidas. Por conseguinte, as associações de fácies aqui definidas refletem tal estipulado, dividindo-se em duas: APF1, constituída pelas petrofácies PF1 à PF9 e relativa à uma fonte sedimentar condicionada primariamente ao rio Paraíba do Sul, com posterior retrabalhamento e deposição por correntes de deriva litorânea; APF2, constituída pela petrofácies PF10 e caracterizada por fonte sedimentar principal de origem indistinta, localizada provavelmente em algum ponto ao sul do Cabo de São Tomé.

Assim sendo, a relação espacial destas associações de petrofácies está ilustrada na Figura 10.

4 Discussão

As características das petrofácies observadas refletem maior contribuição sedimentar exercida pelo rio Paraíba do Sul no delta como um todo, à exceção do extremo sul da planície estudada, correspondente aos arredores da Lagoa Salgada, área que parece refletir uma fonte sedimentar distinta, mas não definida. Esse fenômeno é previsto na formação de deltas assimétricos influenciados por ondas em estudos recentes (Bhattacharya & Giosan, 2003; Giosan, 2007; Ashton & Giosan, 2011; Li *et al.*, 2011) onde a zona de descarga do rio atua como um molhe hidráulico, condicionando a formação de cristas arenosas sucessivas, de fonte sedimentar não relacionada ao rio principal, corrente de deriva acima de sua desembocadura (*updriфт*) e esporões arenosos que isolam lagunas, com fonte sedimentar condicionada pelo próprio rio, correntes de deriva abaixo da desembocadura (*downdriфт*).

Não obstante, o transporte residual S-N a partir da foz do rio Paraíba do Sul observado por Casar & Neves (1993) e Gonçalves (2004) influenciou fortemente os cordões arenosos formados imediatamente ao sul da mesma, evidente nas petrofácies delimitadas nesta região (Sul 1). Tal fenômeno está em consonância com as observações feitas por Anthony (2015), que apontam que o modelo sugerido por

Bhattacharya & Giosan (2003) em parte pode negligenciar os processos de reorganização sedimentar na desembocadura do rio. Li *et al.* (2011) também indicam que a distribuição faciológica em antigos deltas assimétricos nem sempre segue o modelo de Bhattacharya & Giosan (2003). Korus & Fielding (2015), a partir de estudos em diversos deltas modernos, apontam que os subambientes deltaicos podem ter uma relevância maior que inicialmente prevista, demandando uma abordagem individualizada de cada subambiente na determinação de seus processos formadores, tratamento também proposto por Ainsworth *et al.* (2011).

No tocante às principais fontes sedimentares do sistema deltaico, as interpretações obtidas a partir da análise das associações de fácies APF1 e APF2, que mostram que a maior parte do delta é alimentada pelo rio Paraíba do Sul, estão em contraponto à interpretação de Dominguez *et al.* (1987), que advogam que o rio Paraíba do Sul não constituiria a principal fonte sedimentar formadora do delta. Para esses autores, esse papel que seria desempenhado por sedimentos da plataforma continental interna e relacionados principalmente a variações do nível do mar.

Na porção externa do delta, próxima à desembocadura do rio Paraíba do Sul, a ocorrência espacial das petrofácies PF4, PF5 e PF6 sugere que as mesmas resultam não só da mesma dinâmica deposicional em ambas as margens do rio, como são coetâneas. As petrofácies identificadas na porção interna do delta não permitem conclusões semelhantes às obtidas para a porção externa.

A descontinuidade que serve como limitante externa da fotossequência 6NOR na planície norte e a partir da qual estabelecem-se diferenças de padrão morfológico, encontra possível correspondente na planície sul na descontinuidade que marca o limite externo da fotossequência 16SUL, dados os atributos fotoestratigráficos (presença e direção de onlaps) e o posicionamento das petrofácies correlatas, ainda que este seja levemente discordante. Sugere-se aqui que tal descontinuidade, que em fotos aéreas é visível por uma quebra de relevo métrica

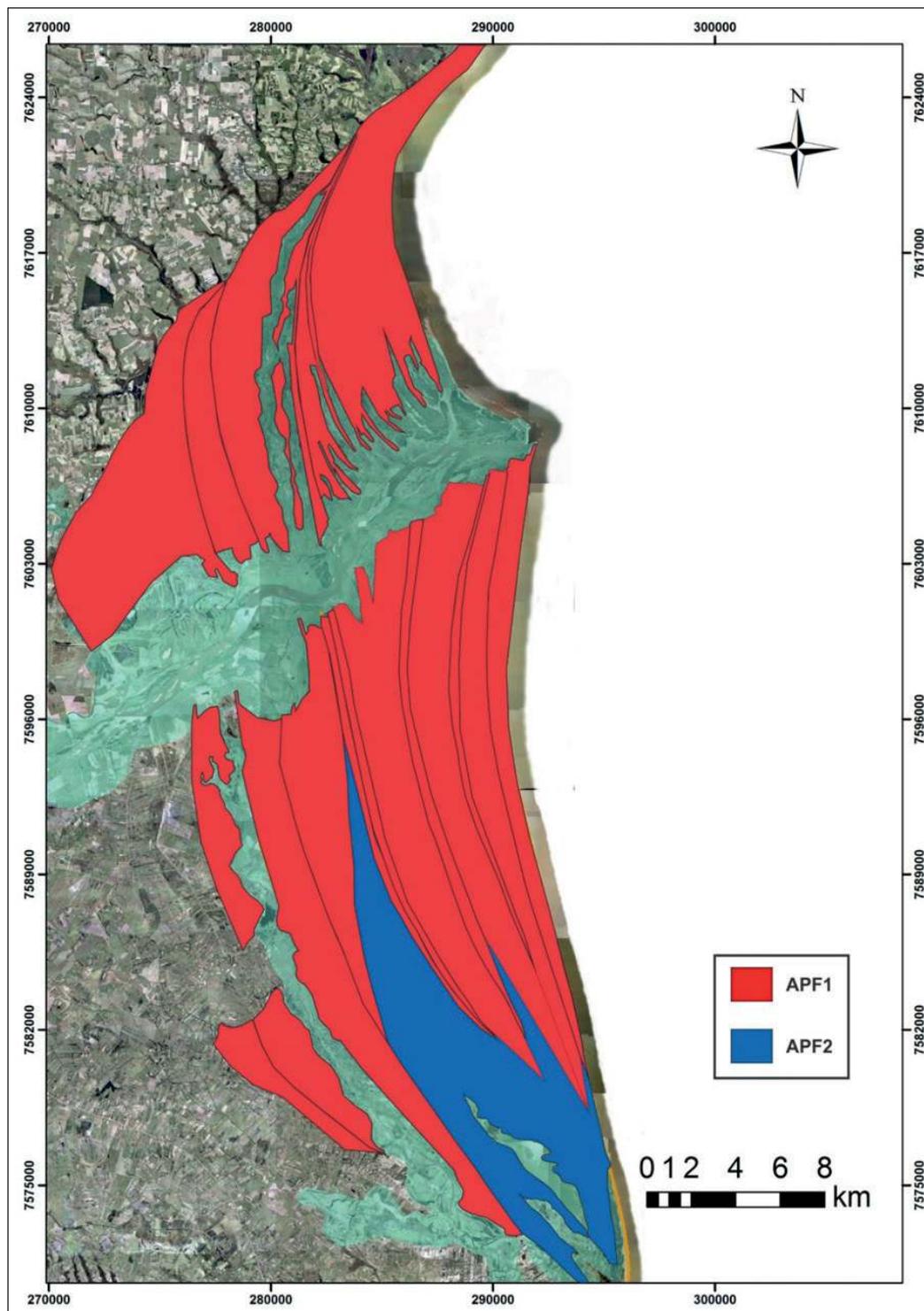


Figura 10 Mapa de ocorrência das associações de petrofácies definidas.

e mais pronunciada na planície norte do delta que em sua porção sul, estaria relacionada a um possível evento de regressão forçada derivado da queda do nível relativo do mar após o evento transgressivo de

5100 anos AP apontado por Martin *et al.* (1984a). Não obstante, deve-se ter em conta que a descontinuidade observada também pode ser resultante de processos autogênicos do sistema deltáico, podendo

ou não estar relacionados com variações do nível do mar (Muto & Steel, 2014).

A partir dessa descontinuidade, no extremo sul do delta, também há a ocorrência da deposição dos feixes de cordões arenosos litorâneos por transporte longitudinal exercido por correntes de deriva litorânea de direção S-N, responsáveis pela construção dos esporões arenosos relacionados à Lagoa Salgada e às paleolagoas adjacentes, segundo Martin *et al.* (1993). Esse transporte sedimentar longitudinal é semelhante ao definido pelas observações nas praias atuais da mesma região do delta do rio Paraíba do Sul por Cassar & Neves (1993) e Gonçalves (2004). As diferenças das assembleias de minerais pesados desta região (aqui denominada “setor Sul 2”) em relação às outras regiões analisadas no delta do rio Paraíba do Sul e a alta angulosidade das areias destes cordões arenosos corrobora a atuação de uma fonte sedimentar distinta, localizada provavelmente em algum ponto imediatamente ao sul do Cabo de São Tomé. Observação semelhante foi realizada por Gonçalves (2004) para as praias atuais da mesma área.

5 Conclusões

O presente estudo especifica alguns dos diversos fatores físicos responsáveis pela construção dos cordões arenosos litorâneos do delta do rio Paraíba do Sul. A variedade de atributos desses fenômenos ao longo do Holoceno reflete a complexidade inerente à essa planície deltaica, servindo como potencial referência para a análise de outros deltas holocênicos.

A análise das suítes de minerais pesados revelou que as fontes sedimentares mais relevantes na construção dos depósitos sedimentares do delta do rio Paraíba do Sul, são provenientes de rochas do embasamento cristalino pré-cambriano/cambriano e em menor ordem do Grupo Barreiras, regiões drenadas pelo rio Paraíba do Sul e seus tributários. Ocorre ainda uma fonte de sedimentos ainda não identificada e situada provavelmente ao sul do delta.

Os conjuntos de fotossequências identificados não necessariamente refletem os atributos texturais e composicionais dos sedimentos que compõem os cordões arenosos, embora a análise fotoestratigráfica tenha sido bem-sucedida no diagnóstico dos prováveis processos sedimentares atuantes.

A interação dos dados obtidos pelas análises fotoestratigráfica, textural e mineralógica permitiu a delimitação de petrofácies características de distintos processos atuantes na construção do delta do rio Paraíba do Sul, o que reafirma o potencial da utilização integrada dessas metodologias em correlações não-bioestratigráficas e, conseqüentemente, no zoneamento de depósitos sedimentares detríticos, incluindo eventuais definições de rochas reservatório.

De forma similar, a variabilidade faciológica observada ao longo de um delta até então considerado linear em relação aos seus processos formadores (“dominado por ondas”) endossa a necessidade de estudos que abranjam interações entre diferentes agentes sedimentares atuantes e seus impactos em pesquisas que estabeleçam deltas modernos como análogos para rochas reservatório de hidrocarbonetos.

Não obstante, é importante ressaltar a importância de futuros estudos que realizem análises em uma malha amostral maior e com mais regularidade, possibilitando a detecção das características sedimentares ao longo dos cordões, além do estudo composicional em subsuperfície para a avaliação destas características em diferentes profundidades. Outra abordagem relevante é a análise mineralógica e textural ao longo do rio Paraíba do Sul e de seus tributários, permitindo identificar com maior acurácia as potenciais rochas-fonte do complexo deltaico e seu grau de contribuição sedimentar (*source-to-sink*).

6 Agradecimentos

Ao Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed) -- IGEO-UFRJ, através do Projeto DELTA (“Arquitetura deposicional do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul e seu papel na transferência sedimentar para águas profundas”) financiado pela Chevron Brasil, com recursos de investimento em pesquisa e desenvolvimento para petróleo, gás natural e biocombustíveis – P&D/ANP (conv. Fundação Coppetec IGEO-15.857) pela aquisição do material e financiamento da pesquisa e à geóloga Amanda G. Rodrigues pelas discussões e importantes contribuições.

7 Referências

Ainsworth, R.B; Vakarelov, B.K. & Nanson, R.A. 2011. Dynamic spatial and temporal prediction of changes in depositional processes on clastic shorelines: Toward improved subsurface uncertainty reduction and management.

- AAPG Bulletin*, 95(2): 267-297.
- Angulo, R.J.; Lessa, G.C. & Souza, M.C. 2006. A critical review of mid- to late Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, 25: 486-506.
- Anthony, E.J. 2015. Wave influence in the construction, shaping and destruction of river deltas: A review. *Marine Geology*, 361: 53-78.
- Ashton, A.D. & Giosan, L., 2011. Wave-angle control of delta evolution. *Geophysical Research Letters*, 38, L113405. DOI: dx.doi.org/10.1029/2011GL047630.
- Bacoccoli, G. 1971. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros – uma tentativa de classificação. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 14: 5-38.
- Baptista, M.B.; Braun, O.P.G & Campos, D.A. 1984. *Léxico Estratigráfico Brasileiro*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral. 541 p.
- Bhattacharya, J.P. & Giosan, L. 2003. Wave-influenced deltas: geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology*, 50: 187-210.
- Bittencourt, P.R.; Borghi, L.; Abreu, C.J. & Soares, J.A. 2007. Contribuição à análise de fácies de uma sucessão estratigráfica no delta do rio Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 4, Campinas, 2007. *Artigos e Resumos*, Campinas, ABPG, p. 386-410.
- Blott, S.J. & Pye, K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248.
- Cailleux, A. & Tricart, J., 1959. *Initiation a l'étude des sables et galets*. Paris, Centre de Documentation Universitaire. 376p.
- Carvalho, D.C.C. 2009. *Caracterização petrográfica de uma sucessão estratigráfica quarternária no delta do rio Paraíba do Sul*. 2009. Bacharelado em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso, 63p.
- Cassar, J.C.M. & Neves, C.F. 1993. Aplicação das rosas de transporte litorâneo à costa Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Engenharia*, 11(1): 81-103.
- Castro, J.W.A.; Suguio, K.; Seoane, J.C.S.; Cunha, A.M & Dias, F.F. 2014. Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(2): 671-683.
- Collinson, J.D. 1969. The sedimentology of the Grindslow Shales and the Kinderscout Grit: a deltaic complex in the Namurian of northern England. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39: 194-221.
- Cordani, U.G.; Amaral, G. & Kawashita, K. 1973. The precambrian evolution of South America. *Geologische Rundschau*, 62(2): 309-317.
- Dias, G.T.M.; Silva, C.G.; Malschitzky, I.H. & Pirmez, C. 1984. A frente deltaica do rio Paraíba do Sul: sequências sedimentares subsuperficiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*, vol. 1, Rio de Janeiro, SBG, p. 98-104.
- Dias, G.T.M.; Silva, C.G. & Rodrigues, P.C.H. 1997. Depósitos de minerais pesados da região de Buena – Estado do Rio de Janeiro. In: SCHOBENHAUS, C.; QUEIROZ, E.T. & COELHO, C.E.S. (eds.) *Principais Depósitos Minerais do Brasil*, vol. 4. DNPM/CPRM, p. 611-617.
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P. & Martin, L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 11(4): 227-237.
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P. & Martin, L. 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção de 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.; Martin, L. & Bittencourt, A.C.S.P. 1987. Sea-level history and quaternary evolution of river mouth-associated beach-ridge plains along the east-southeast Brazilian coast: a summary. In: NUMMEDAL, D.H.; PILKEY, O. & HOWARD, J.D. (eds.) *Sea-level Fluctuation and Coastal Evolution*, vol. 41. SEPM, p.115-127.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1): 3-26.
- Gandolfi, G.; Paganelli, L. & Cavazza, W. 2007. Heavy-mineral Associations as Tracers of Limited Compositional Mixing During Turbiditic Sedimentation of the Marnoso-Arenacea Formation (Miocene, Northern Apennines, Italy). In: MANGE, M.A. & WRIGHT, D.T. (eds.) *Heavy Minerals in Use*. Elsevier, p. 621-645.
- Giosan, L. 2007. Morphodynamic feedbacks on deltaic coasts: lessons from the wave-dominated Danube delta. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL ENGINEERING AND SCIENCE OF COASTAL SEDIMENT PROCESS, 6, New Orleans, 2007. Proceedings, New Orleans, ASCE, p. 828-841.
- Gonçalves, C.Z. 2004. *Proveniência e distribuição dos minerais pesados no complexo deltaico do rio Paraíba do Sul*. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, Dissertação de Mestrado, 198p.
- Hansen, C.D. & MacEachern, J.A. 2007. Application of the asymmetric delta model to along-strike facies variations in a mixed wave- and river-influenced delta lobe, Upper Cretaceous Basal Belly River Formation, Central Alberta. In: MACEACHERN, J.A.; BANN, K.L.; GINGRAS, M.K. & PEMBERTON, S.G. (eds.) *Applied Ichnology*. SEPM, p. 255-271.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Ortomosaicos de imagens aéreas da região norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm (cartas_do_territorio/imagens_corrigidas/ortomosaico/rj25)>. Acesso em: 05 de Mar. 2015.
- Korus, J.T. & Fielding, C.R. 2015. Asymmetry in Holocene river deltas: Patterns, controls, and stratigraphic effects. *Earth-Science Reviews*, 150: 219-242.
- Lamego, A.R. 1955. Geologia das Quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do Departamento Nacional de Produção Mineral*, 154, DNPM, Rio de Janeiro, 60 p.
- Li, W.; Bhattacharya, J.P & Yingmin, W. 2011. Delta asymmetry: Concepts, characteristics and depositional models.

- Petroleum Science*, 8(3): 279-289.
- Mange, M.A. & Maurer, H.F.W. 1992. *Heavy Minerals in Colour*. London, Chapman & Hall. 147 p.
- Martin, L.; Suguio, K.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J.M. 1997. Geologia do Quaternário do Litoral do Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM. p.112.
- 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. *Anais*, Rio de Janeiro, SBG, p. 84-97.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Tessler, M.C & 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. *Anais*, Rio de Janeiro, SBG, p.119-132.
- Martin, L.; Suguio, K. & Flexor, J.M. 1993. As flutuações do nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. *Boletim de Geociências-USP*, 15:1-186.
- Moraes Rego, L.F. 1930. Notas sobre a Geologia do território de Acre e da Bacia do Javari. Cezar & Cavalcante (Coordenadores), Manaus, DNPM, 45p.
- Murillo, V.C.; Silva, C.G. & Fernandez, G.B. 2009. Nearshore Sediments and Coastal Evolution of Paraíba do Sul River Delta, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI, 56: 650-654.
- Muto, T. & Steel, R.J. 2014. The autostratigraphic view of responses of river deltas to external forcing: A review of the concepts. In: MARTINIUS, W.; RAVNÁS, R.; HOWELL, J.A.; STEEL, R.J & WONHAM, J.P. (eds.). *From Depositional Systems to Sedimentary Successions on the Norwegian Continental Margin*. Wiley Blackwell, p. 139-148.
- Powers, M.C. 1989. Comparison chart for estimating roundness and sphericity. In: DUTRO Jr., J.T.; DIETRICH, R.V. & FOOSE, R.M. (eds.) *AGI data sheets: for geology in the field, laboratory and office*. American Geological Institute, p. 30.1-30.2.
- Sgavetti, M. 1992. Criteria for stratigraphic correlation using aerial photographs: examples from south-central Pyrenees. *AAPG Bulletin*, 76: 708-730
- Silva, M.A.; Camozzato, E.; Paes, V.J.C.; Junqueira, P.A. & Ramgrab, G.E. 2004. Folha SF24 – Vitória. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B & JESUS, J.D.A de; (Eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*. CPRM, Brasília.
- Sousa, S.S.C.G; Castro, J.W.A & Guedes, E. 2017. Variações granulométricas e minerais pesados das praias do norte do Estado do Rio de Janeiro, SE, Brasil: condições de distribuição e deposição dos sedimentos. *Geociências*, 36(2): 365-380.
- Suguio, K.; Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J.M. & Azevedo, A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15(4): 273-286.
- Tomaz, E.A. 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*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 89p.
- Torezan, M.J. & Vanuzzi, A.L. 1997. Depósito de minerais pesados do litoral dos estados de Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia. In: SCHOBENHAUS, C.; QUEIROZ, E.T. & COELHO, C.E.S. (eds.) *Principais Depósitos Mineraiis do Brasil*. DNPM/CPRM, p. 599-609.
- Tupinambá, M.; Heilbron, M. Duarte, B.P., Nogueira, J.R.; Valladares, C.; Almeida, J.; Silva, L.G.E.; Medeiros, S.R.; Almeida, C.G.; Miranda, A.; Ragatky, C.D.; Mendes, J. & Ludka, I. 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos*, 15(1): 67-79.
- Vasconcelos, S.C. 2016. *Morfoestratigrafia da planície costeira ao norte do rio Paraíba do Sul (RJ)*. Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Tese de Doutorado, 186p.
- Vasconcelos, S.C. & Fernandez, G.B. 2011. Dinâmica morfológica da borda norte do atual delta do rio Paraíba do Sul, RJ. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 13, Armação de Búzios, 2011. *Anais*, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/Vasconcelos_ABEQUA2011.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2015.