

EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL EM UMA SUCESSÃO ESTRATIGRÁFICA NO COMPLEXO DELTAICO DO RIO PARAÍBA DO SUL (RJ)

PALEO-ENVIRONMENTAL EVOLUTION IN A STRATIGRAPHIC SUCCESSION IN PARAÍBA DO SUL DELTAIC COMPLEX (RJ)

Josiane Branco PLANTZ¹, Thiago Gonçalves CARELLI¹, Leonardo BORGHI¹, Marcelo de Araújo CARVALHO²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza – Instituto de Geociências – Departamento de Geologia. Laboratório de Geologia Sedimentar.

Emails: josianeplantz@gmail.com; carelli@geologia.ufrj.br; lborghi@geologia.ufrj.br

²Universidade Federal do Rio de Janeiro. Museu Nacional – Departamento de Geologia e Paleontologia. Laboratório de Paleocologia Vegetal. Email: mcarvalho@mn.ufrj.br

Introdução
Material e método
Área de estudo
Resultados
Fácies e sucessões de fácies
Difração de raio-X (DRX)
Carbono orgânico total (COT)
Palinofácies
Datação por radiocarbono (¹⁴C)
Discussões
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - O complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, localizado no norte do Estado do Rio de Janeiro, é recoberto por sedimentos pleistocênicos e holocênicos e engloba parte da porção emersa da bacia de Campos. Esta região é alvo de estudos sedimentológicos e estratigráficos desde a década de 1950; contudo, a maioria dos trabalhos realizados basearam-se em dados de superfície, de testemunhagens rasas e geofísicos, havendo uma carência de amostragens de subsuperfície de alcance profundo. O presente estudo busca preencher esta lacuna de conhecimento a partir da descrição, análise de fácies e caracterização e interpretação paleoambiental das sucessões de fácies em 200 metros do testemunho de sondagem 2-MU-1-RJ. Análises de difração de raios-X, carbono orgânico total, palinofácies e de datação foram realizadas para auxiliar na caracterização dos paleoambientes e na correlação entre as sucessões estratigráficas do testemunho e os modelos evolutivos existentes. Foram identificadas 12 fácies, três híbridas, três heterolíticas, cinco areníticas e uma lutítica, e cinco sucessões de fácies. Os resultados apontam para uma sedimentação fluvial, cujos depósitos são correlatos aos do Membro São Tomé (Formação Emborê), sucedida por um evento transgressivo, mais antigo que 40.000 anos A.P., que permitiu a instalação de uma planície de maré. Observa-se, ainda, a instalação de um paleoambiente marinho, com posterior desenvolvimento de uma paleolaguna, ambos mais antigos que 40.000 anos A.P., e a implantação de uma planície fluvial holocênica. **Palavras-chave:** Bacia de Campos; Complexo deltaico do rio Paraíba do Sul; Fácies sedimentares; Quaternário.

ABSTRACT - The Paraíba do Sul deltaic complex, located on the northern coast of Rio de Janeiro, covered by pleistocene and holocene sediments and includes part of the onshore portion of the Campos basin. This area is the focus of many sedimentological and stratigraphic studies since the 1950s, however the vast majority of work in the region were based on superficial samples or shallow sampling and geophysical data, there is a lack of deeper subsurface samplings. This study aims to fill this knowledge gap from the detailed description, the facies analysis and the characterization and paleoenvironmental interpretation of the facies successions in 200 meters of a well core 2-MU-1- RJ. Analysis of X-rays diffraction (XRD) in clay minerals, total organic carbon (TOC), palynofacies and radiocarbon dating were performed to support the characterization of paleoenvironments and correlation between the stratigraphic successions of well core and existing evolutionary models. Twelve sedimentary facies were identified, three hybrids, three heterolithic, five sandstone and one mudstone, grouped into five facies successions. The results point to a fluvial sedimentation, whose deposits are correlated of São Tomé Member (Emborê Formation), followed by a transgressive event, older than 40,000 years B.P., that allowed the installation of a tidal plain. It is also observed the installation of a marine paleoenvironment, with the later development of a paleolagoon, both older than 40,000 years B.P., and the implantation of Holocene fluvial plain.

Keywords: Campos basin; Paraíba do Sul deltaic complex; Sedimentary facies; Quaternary.

INTRODUÇÃO

Planícies costeiras são faixas limítrofes entre os continentes e oceanos, cuja origem é atribuída à interação de processos alocíclicos (variações climáticas, eustáticas e tectônica) e autocíclicos (condições hidrodinâmicas regionais tais quais ação de ondas, correntes e marés) (Suguio, 2003; Davies Jr. & Fitzgerald, 2004; Boyd, 2010).

As planícies costeiras brasileiras são extensas e constituídas por fácies sedimentares

dominantemente clásticas acumuladas a partir de processos atuantes em uma ampla variedade de ambientes deposicionais (deltas, rias, estuários, campo de dunas e manguezais, dentre outros). No entanto, trata-se de regiões ainda carentes de estudos geológicos, sobretudo àqueles de cunho sedimentológico e estratigráfico realizados a partir de dados de subsuperfície, em especial os mais profundos.

Neste contexto, destaca-se o Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (CDRPS), uma extensa planície costeira de idade quaternária, localizada no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, cujo desenvolvimento foi controlado pelas variações do nível do mar, pela interação entre processos fluviais e marinhos costeiros, pelas diferentes fases evolutivas do rio Paraíba do Sul (Martin et al., 1984; Silva, 1987; Dominguez, 1990) e, possivelmente, influenciado pela atividade neotectônica do Rifte Continental do Sudeste Brasileiro (Riccomini, 1989; Silva & Mello, 2011).

Desde a década de 1950 estudos são realizados na região do CDRPS e, desde então, diversos modelos evolutivos foram propostos (e.g. Lamego, 1955; Bacocoli, 1971; Araújo & Beurlen, 1975; Martin et al., 1984; Silva, 1987; Dominguez, 1990; Martin et al., 1993; Martin et al., 1997). Tais modelos foram embasados em informações de superfície obtidas em

mapeamentos geológicos e geomorfológicos, que incluíam dados de subsuperfície e datações por radiocarbono, os quais resultaram em reconstruções paleogeográficas evolutivas que se consagraram na literatura desde a década de 1980.

Dentre os dados de subsuperfície, a região conta apenas com alguns poucos poços rasos (<40 m) com testemunhagem contínua, um único poço profundo com amostragem descontínua e perfilagem geofísica, além de seções sísmicas próximas ao litoral (Schaller, 1973; Gama Jr., 1977).

A possibilidade de estudo sedimentológico de um testemunho contínuo e mais profundo (200 m) localizado na porção central da planície costeira do CDRPS sob enfoque da análise de fácies abre uma nova oportunidade para a discussão da evolução paleoambiental desse complexo deltaico, através da interpretação estratigráfica das sucessões de fácies identificadas – objetivo e motivação do presente estudo.

MATERIAL E MÉTODO

O material de estudo consiste do testemunho de sondagem do poço 2-MU-1-RJ (coordenadas geográficas 21°55'17,02"S/41°08'24,02" W, datum WGS 84), localizado no distrito de Mussurepe, Município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro (Figura 1). O furo de sondagem alcançou 200 metros de

profundidade, sem atingir o embasamento cristalino, e o respectivo testemunho apresenta recuperação aproximada de 43% (~86m). A baixa recuperação é explicada pela ocorrência de rochas friáveis e depósitos inconsolidados, principalmente nos primeiros metros e na porção basal do testemunho.

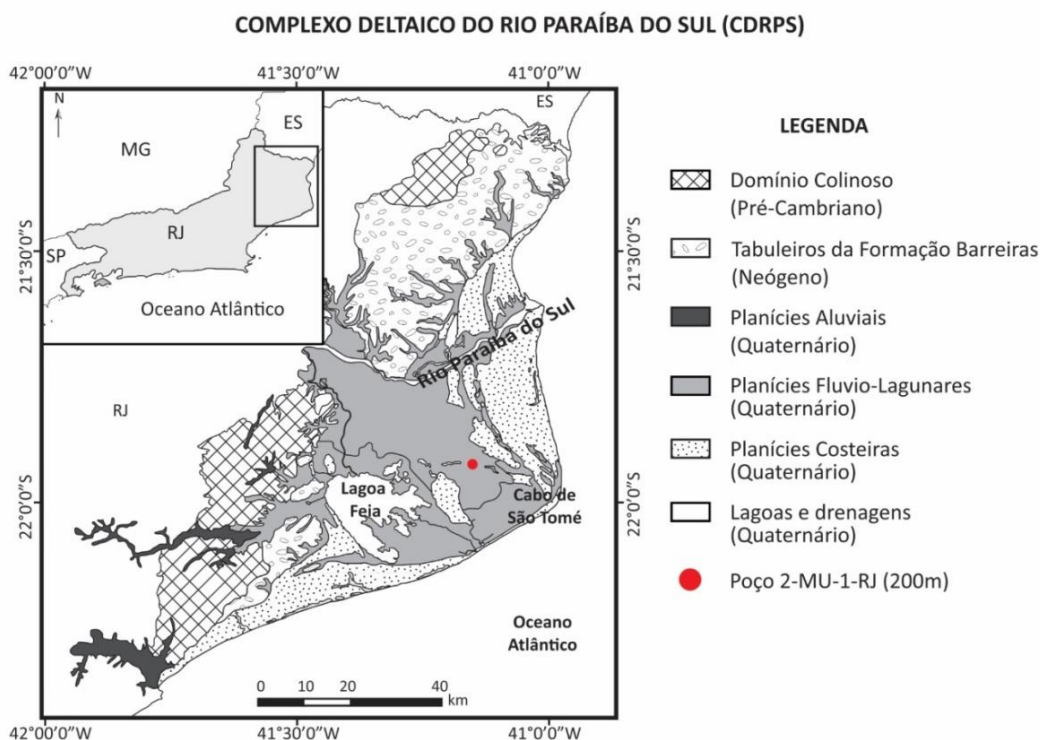


Figura 1 – Mapa geomorfológico do complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul (CDRPS) e áreas adjacentes, com a localização do poço 2-MU-1-RJ (modificado de CPRM, 2001).

O testemunho foi descrito em detalhe (escala de 1:40), levando em consideração a litologia, aspectos texturais (granulometria, seleção, arredondamento dos grãos e argiloidade), composição (mineralogia), estruturas sedimentares, fósseis (bioclastos) e cores. A descrição foi feita com o auxílio de estéreo-microscópio (Zeiss Stemi 2000-C) e de um conjunto de peneiras de mão (com aberturas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,125 e 0,062mm) que permitiram o reconhecimento visual dos aspectos texturais. O conteúdo fossilífero foi identificado microscopicamente por Rodrigues (2015). Posteriormente, os dados foram inseridos no *software* CorelDraw® para elaboração de um perfil lito-estratigráfico sintético na escala de 1:800 (Figura 2).

As fácies sedimentares foram caracterizadas segundo Borghi (2000), interpretadas em termos de processos deposicionais e, posteriormente, agrupadas em sucessões de fácies para a interpretação de paleoambientes deposicionais.

Em apoio à interpretação paleoambiental, foram realizadas análises de: (i) difração de raios-X (DRX) de argilominerais em 10 amostras; (ii) carbono orgânico total em razão com enxofre (COT/S) em 15 amostras; e (iii) palinofácies em 20 amostras.

As análises de DRX foram realizadas através do equipamento Bruker-D4 Endeavor no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e, as interpretações qualitativas do espectro, determinadas por comparação com padrões

contidos no banco de dados do CETEM.

As determinações do carbono orgânico total (% COT) e do enxofre (% S) foram realizadas pelo equipamento SC 144 da LECO pertencente ao Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânicas (LAFO) da UFRJ. A partir dos valores de COT e S obteve-se a razão COT/S, importante indicadora de condições físico-químicas do ambiente, que quando >3 indica condições oxidantes e quando <3 indica condições redutoras (Bernner, 1995; Borrego et al., 1998).

A preparação de amostras para identificação das partículas orgânicas e análise de palinofácies seguiu o método descrito por Tyson (1995) e Mendonça Filho et al. (2010).

As lâminas palinológicas foram analisadas quantitativa e qualitativamente utilizando microscópio Zeiss Axioskop 40 em luz transmitida e fluorescente.

Foi feita a contagem de no máximo 300 pontos e o agrupamento da matéria orgânica particulada (MOP) em cinco associações de palinofácies (elementos marinhos, palinomorfos terrestres, fitoclastos não-opacos, fitoclastos opacos e matéria orgânica amorfa).

Datações por radiocarbono (^{14}C) foram realizadas em três amostras utilizando espectrometria de massa com aceleradores (método *AMS - Accelerator Mass Spectrometry*) no laboratório Beta Analytic Inc. e complementam o estudo na tentativa de contextualização cronoestratigráfica e correlação com os modelos evolutivos existentes para o CDRPS.

ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul está localizado no litoral norte do estado do Rio de Janeiro (Figura 1). Apresenta uma área de aproximadamente 3.000 km² e engloba depósitos continentais, parálicos e marinhos de idade quaternária.

Em termos geológicos, o CDRPS insere-se na porção emersa da bacia de Campos, onde apenas parte de sua coluna estratigráfica pode ser identificada, incluindo rochas gnáissicas pré-cambrianas reelaboradas no ciclo orogênico Brasileiro (Neoproterozoico), rochas vulcânicas eocretácicas (Formação Cabiúnas), rochas sedimentares neocretácicas, além de espessa seção cenozoica aflorante ou subaflorante, estas duas identificadas apenas em subsuperfície, na porção mais próxima a linha de costa atual,

(Lopes, 2004; Lana, 2011; Oliveira, 2015).

A seção cenozoica é composta por: (i) depósitos areno-lamosos conglomeráticos do Membro São Tomé (Formação Emborê); (ii) arenitos e arenitos lamosos afossilíferos, em geral bastante ferruginizados, com lamitos e conglomerados intercalados da Formação Barreiras; e (iii) depósitos areno-lamosos quaternários atribuídos ao CDRPS, que, em superfície, são descritos como terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos e depósitos colúvio-aluvionares e lagunares recentes (Martin et al., 1997).

O Membro São Tomé (Formação Emborê) ocorre exclusivamente em subsuperfície e é interpretado como um sistema de leques aluviais passando para um sistema fluvial com contribuição de fluxos gravitacionais e enchentes

esporádicas, cuja idade varia do Oligoceno ao Plioceno (Schaller, 1973; Gama Jr., 1977).

Na costa do estado do Rio de Janeiro, os depósitos da Formação Barreiras são relacionados a um ambiente fluvial entrelaçado de alta energia, com contribuição de fluxos gravitacionais (Morais, 2001; Brêda, 2012), cuja idade atualmente aceita está compreendida entre o Mioceno e o Plioceno (Suguio & Nogueira, 1999).

Com base em seus depósitos superficiais, o CDRPS e áreas adjacentes (Figura 1) podem ser divididos em três unidades geomorfológicas distintas (Martin & Suguio, 1989; Martin et al., 1993): Região Serrana, Tabuleiros Terciários e Planície Quaternária.

A Região Serrana, que corresponde às rochas gnáissicas do embasamento, consiste em uma extensa zona colinosa com topografia uniforme e topos nivelados de baixa amplitude intercalada com alinhamentos serranos paralelos e escalonados da Serra do Mar, com direção predominante WSW-ENE.

RESULTADOS

Baseado nos aspectos texturais e composicionais, três intervalos litológicos distintos, os quais guardam relação com as sucessões de fácies propostas, podem ser observados no testemunho do poço 2-MU-1-RJ. O primeiro intervalo, inferior (200m-72m), é caracterizado por areias e arenitos mal selecionados, ricos em feldspato, por vezes estratificados, sobrepostos por argilitos e argilitos arenosos, normalmente oxidados; o segundo (72m-56m), caracteriza-se por intercalações de arenito e argilito em acamamento heterolítico dos tipos fláser e lenticular; já o terceiro, superior (56m-0m), é caracterizado pelo predomínio de rochas híbridas, termo usado para classificar rochas constituídas por uma mistura entre sedimentos siliciclásticos e carbonáticos de origens diversas (Zuffa, 1985; Rodrigues, 2015).

Fácies Sedimentares e Sucessões de Fácies

Doze fácies sedimentares foram descritas para o testemunho do poço 2-MU-1-RJ, dentre as quais cinco são areníticas, três híbridas, três heterolíticas e uma lutítica (Quadro 1). As fácies foram agrupadas em cinco sucessões de fácies (SF), associadas a diferentes estágios de sedimentação no CDRPS.

A unidade Tabuleiros Terciários corresponde aos depósitos da Formação Barreiras que ocorrem na porção norte da planície costeira do rio Paraíba do Sul, nas proximidades de São Francisco de Itabapoana e, de modo restrito, a WNW da Lagoa Feia, próximo à Cidade de Quissamã (Martin et al., 1993).

A Planície Quaternária, que corresponde ao CDRPS, é caracterizada por um relevo plano, com no máximo de 20 metros de altitude e leve inclinação em direção ao mar (Martin et al., 1993), sendo dividida em duas subunidades (Figura 1): a primeira, denominada Baixada Campista, caracteriza-se por uma extensa planície flúvio-lagunar localizada na porção central do CDRPS; a segunda subunidade, denominada Cordões Litorâneos, caracteriza-se por sucessões de cordões arenosos (*beach ridges*), uma de idade pleistocênica, localizada na região de Quissamã, porção sul do CDRPS, e outra de idade holocênica, na porção norte do CDRPS, correspondente ao atual delta do rio Paraíba do Sul.

Sucessão de fácies F1 (SF-F1)

A SF-F1 ocorre entre 200m e 72m de profundidade (Figura 2) e é constituída pelas fácies Amf, Am, Ae, Aa e Lm (Quadro 1), organizadas em ciclos métricos a decamétricos de afinamento granulométrico para o topo (*fining upward*). A base destes ciclos é caracterizada por areias (fácies Amf) e arenitos maciços (fácies Am - Figura 3A) friáveis, feldspáticos, muito grossos a grossos, angulosos, mal selecionados, ricos em grânulos e seixos e com coloração predominantemente amarelada, sucedidos por areias (fácies Amf) e arenitos maciços (fácies Am) friáveis, médios a finos e, raramente, arenitos estratificados (fácies Ae - Figura 3B) de coloração acinzentada.

As fácies areníticas são recobertas por argilitos e siltitos maciços, normalmente acastanhados (fácies Lm - Figura 3C), que podem estar associados com arenitos argilosos (25-40% de argilosidade) micáceos, finos a muito finos, ricos em fitoclastos (fácies Aa).

A natureza friável dos arenitos, associada a modificações pós-deposicionais (processos pedogenéticos de transformação e translocação) evidenciadas pela coloração predominantemente amarelada dos sedimentos e pela argilosidade

	CÓDIGO	DIAGNOSE	DESCRIÇÃO	INTERPRETAÇÃO
FÁCIES ARENÍTICAS	Amf	Areia micácea e/ou feldspática	Areia micácea e/ou feldspática, média a muito grossa, com grânulos e seixos, subangulosa, mal selecionada. Coloração predominantemente amarelada e argilosidade inferior a 5%.	Fluxo trativo subaquoso.
	Aa	Arenito argiloso	Arenito argiloso micáceo, muito fino a fino, anguloso, moderadamente selecionado, bioturbado. Coloração varia entre tons alaranjados e amarronzados e argilosidade superior a 25%. Podem exibir aspecto mosqueado e fitoclastos.	Alternância entre fluxos trativos e decantação de finos em meio subaquoso, seguido de reelaboração biogênica e/ou modificação pedogenética.
	Ao	Arenito oxidado com nódulos de ferro	Arenito oxidado, fino a grosso, subanguloso, mal selecionado, com nódulos de ferro (siderita). Tons predominantemente acastanhados e minerais com capa de alteração.	Modificação pós-deposicional de depósitos gerados por fluxo trativo subaquoso.
	Ae	Arenito estratificado	Arenito estratificado, feldspático, fino a médio, com grânulos, subanguloso, mal selecionado. Coloração predominantemente acinzentada e argilosidade inferior a 30%.	Fluxo trativo unidirecional, subaquoso, associado a migração de megaondulações.
	Am	Arenito maciço	Arenito maciço, feldspático, fino a muito grosso, com grânulos e seixos, subanguloso, mal selecionado. Coloração predominantemente amarelada e argilosidade inferior a 25%.	Modificação pós-deposicional de depósitos gerados por fluxo trativo subaquoso.
FÁCIES HÍBRIDAS	Hb	Arenito híbrido / carbonático com bioclastos	Arenito híbrido fino a médio, bioturbado, com elevada proporção de material carbonático (75 - 93%). Bioclastos diversos (foraminíferos, bivalves, equinoides, moluscos, algas) e matriz margosa composta por nanofósseis calcários são abundantes. Coloração cinza e argilosidade variando entre 25 e 45%.	Alternância entre fluxos hiperpicnais e decantação de finos (siliciclástico e carbonático), seguido de reelaboração biogênica.
	HFb	Arenito híbrido com fitoclastos e bioclastos	Arenito híbrido muito fino, anguloso, bem selecionado, bioturbado, rico em fitoclastos. Bioclastos diversos (bivalves, foraminíferos, equinoides, briozoários, ostracodes) e matriz margosa composta por nanofósseis calcários são abundantes. Coloração acinzentada e argilosidade variando entre 30 e 40%.	Alternância entre fluxos hiperpicnais e decantação de finos (siliciclástico e carbonático), seguido de reelaboração biogênica
	Hgb	Arenito híbrido com grânulos e bioclastos	Arenito híbrido fino a médio, por vezes friável, anguloso, mal selecionado, com grânulos e seixos. Bioclastos diversos (bivalves, equinoides, foraminíferos, ostracodes, moluscos, coral, briozoários e algas) são abundantes. Coloração acinzentada, por vezes, amarelada e argilosidade variando entre 10 e 20%.	Fluxos hiperpicnais de alta energia com reelaboração e agregação de material de fundo.
FÁCIES HETEROLÍTICAS	Ia	Intercalações entre arenito híbrido e argilito	Intercalações entre argilito e arenito híbrido muito fino com bioclastos diversos (foraminíferos, ostracodes, bivalves) e matriz margosa composta por nanofósseis calcários, constituindo um acamamento heterolítico do tipo <i>flaser</i> , por vezes, bioturbado. Coloração acinzentada e argilosidade variando entre 25 e 40%.	Alternância entre fluxos hiperpicnais e decantação de finos (siliciclástico e carbonático), seguido de reelaboração biogênica intercalados a fluxos hipopicnais.
	Is	Intercalações entre siltito híbrido e arenito	Intercalações entre arenito fino e siltito híbrido com bioclastos diversos (foraminíferos, ostracodes, bivalves) e matriz margosa composta por nanofósseis calcários, constituindo um acamamento heterolítico do tipo <i>linsen</i> , por vezes bioturbado. Coloração amarelada e elevada argilosidade (~60%).	Decantação de material carbonático intercalada com fluxos hiperpicnais, seguido de reelaboração biogênica.
	IF	Intercalações entre arenito e argilito com fitoclastos	Intercalações entre argilito e arenito, variando de fino à médio, constituindo acamamento heterolítico dos tipos <i>flaser</i> e <i>linsen</i> , por vezes bioturbados e com abundantes fitoclastos. Coloração amarronzada e argilosidade variando entre 40 e 80%.	Decantação de finos alternada com fluxos trativos subaquosos.
FÁCIES LUTÍTICA	Lm	Lamito argiloso maciço	Argilitos e siltitos, por vezes levemente arenosos, maciços e frequentemente bioturbados. Coloração acinzentada e argilosidade variando entre 70 e 95%. Quando oxidados, apresentam cores acastanhadas com machas avermelhadas.	Decantação rápida de carga em suspensão, por vezes, seguido de alteração pós-deposicional.

Quadro 1 – Quadro síntese de fácies do testemunho do poço 2-MU-1-RJ.

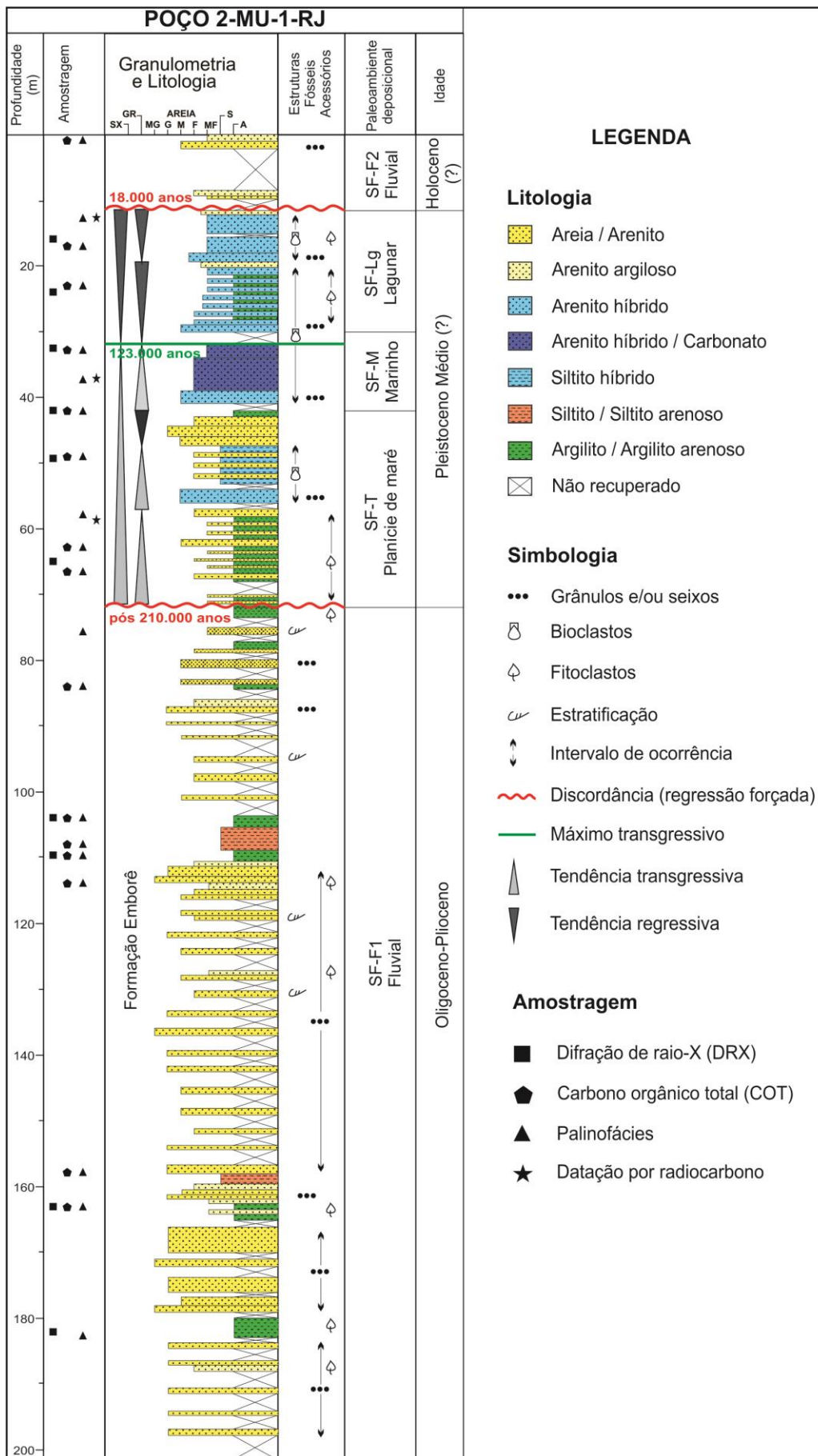


Figura 2 – Perfil estratigráfico do testemunho do poço 2-MU-1-RJ (escala 1:800). Notar a posição das amostras coletadas para análises laboratoriais, as sucessões de fácies e referidas idades, bem como as principais superfícies estratigráficas e tendências transgressivas e regressivas.

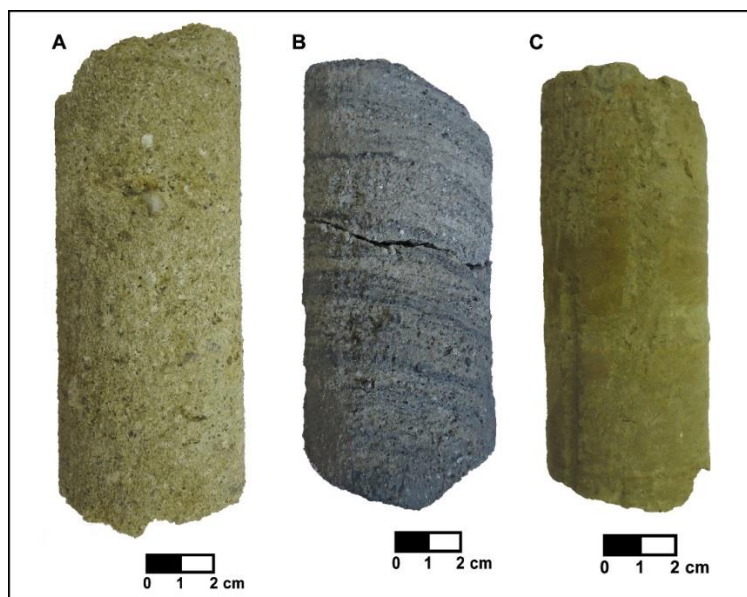


Figura 3 – Fácies (A) Am, (B) Ae e (C) Lm. Fácies típicas da sucessão SF-F1 (planície fluvial). Note a coloração amarelada das fácies Am e Lm (A e C), atribuída alteração pós-deposicional e, estratificação cruzada marcada por níveis argilosos da fácies Ae (B).

elevada em alguns arenitos da fácies Am, impossibilitam a identificação de estruturas sedimentares. Além disso, evidências de atuação de processos pedogenéticos sugerem longos períodos de exposição subáerea causados por diversas superfícies de interrupção da sedimentação (hiatos).

Devido à baixa recuperação do intervalo correspondente a SF-F1, os ciclos de afinamento granulométrico não são de fácil visualização e, na grande maioria das vezes, não estão completos, ainda assim, as características texturais dos depósitos, as relações e o padrão de empilhamento das fácies apontam para sedimentação em um sistema fluvial meandrante de baixa sinuosidade, com planícies de inundação pouco desenvolvidas. Os arenitos argilosos (fácies Aa) que ocorrem associados aos lamitos maciços (fácies Lm) são interpretados como depósitos de extravasamento de canal (*crevasse splay*) sobre os finos da planície de inundação em eventos de alta energia (Miall, 2010).

Sucessão de fácies T (SF-T)

A SF-T ocorre entre 72m e 42m de profundidade (Figura 2) e apresenta três intervalos litológicos distintos. O intervalo inferior (72m-59m) é caracterizado por camadas métricas de rochas com acamamento heterolítico (fláser-lenticular), de coloração amarronzada, bioturbadas e ricas em fitoclastos (fácies IF - Figura 4A), sucedidas por camadas centimétricas de areias (fácies Amf) e arenitos

maciços (fácies Am) grossos a médios (Quadro 1 e Figura 2). Trata-se de deposição em ambiente de planície de maré (intermaré), esporadicamente cortada por canais de maré, que assinala um aumento do nível de base e início da transgressão marinha.

O intervalo mediano (59m-48m) é caracterizado pela primeira ocorrência de rochas híbridas, ou seja, rochas com conteúdo carbonático variando entre 33 e 66% (Zuffa, 1989; Rodrigues, 2015). A base do intervalo é constituída por camada métrica de arenito híbrido médio, rico em grânulos e bioclastos fragmentados, de coloração predominantemente amarelada (fácies Hgb) sucedido por intercalações milimétricas a centimétricas entre siltito híbrido e arenito muito fino a fino (fácies Is - Figura 4B, Quadro 1 e Figura 2). Estes depósitos sugerem um incremento na lâmina d'água marinha, porém, ainda sob influência de uma fonte continental responsável pelo *input* de sedimentos siliciclásticos. O intervalo superior (48m-42m) é caracterizado na base por camadas métricas de arenitos médios, amarelados, com nódulos de ferro e feições pedogenéticas (fácies Ao) em contato erosivo com os depósitos finos do intervalo mediano. Discordantemente, ocorrem camadas centimétricas de arenitos grossos, médios e finos acastanhados, com nódulos de ferro e feições pedogenéticas (fácies Ao - Figura 4C) recobertos por lamito levemente arenoso maciço (fácies Lm) formando um ciclo de afinamento granulométrico para o topo (Quadro 1 e Figura 2).

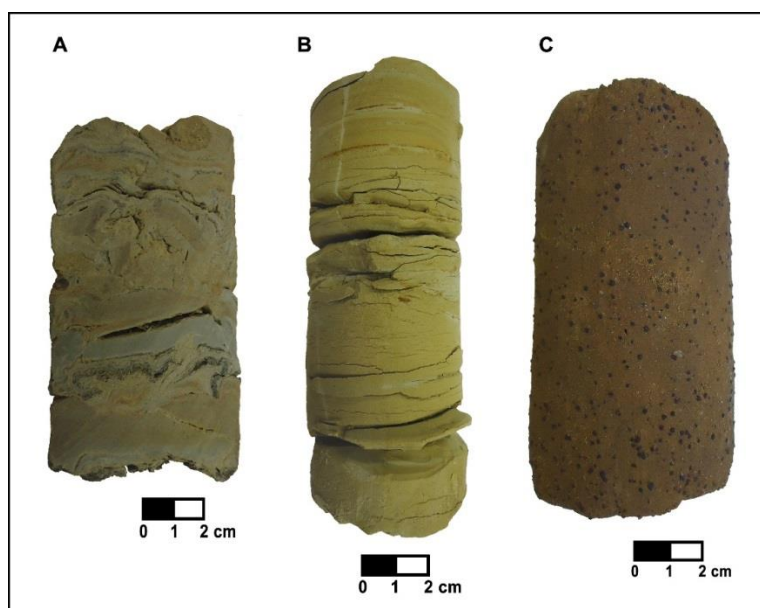


Figura 4 – Fácies (A) IF, (B) Is e (C) Ao. Fácies típicas da sucessão SF-T (planície de maré). (A) note acamamento heterolítico e acúmulo de fitoclastos na fácies IF. (B) aspecto oxidado da fácies Is. (C) siderita e coloração da fácies Ao, associada à superfície de exposição subaérea.

Diferentemente dos demais intervalos, o superior pode ser associado a uma período de estabilização ou, ainda, sutil queda do nível de base, permitindo a instalação de um sistema fluvial sobre depósitos transgressivos. O fato de os depósitos fluviais estarem intensamente oxidados (fácies Ao) sugerem um longo período de exposição subaérea e indicam a existência de uma discordância entre as sucessões SF-T e SF-M.

Sucessão de fácies M (SF-M)

A SF-M ocorre entre 42m e 30m de profundidade (Figura 2) e é constituída pelas fácies híbridas Hgb e Hb (Quadro 1). Sua

porção basal é caracterizada por camadas métricas de arenitos híbridos ricos em grânulos e bioclastos fragmentados (fácies Hgb) que ocorrem sobre os arenitos oxidados do intervalo superior da SF-T e marcam os estágios iniciais de uma nova fase transgressiva. Estes são gradualmente sucedidos por arenitos híbridos finos a médios, constituídos predominantemente por matriz margosa rica em nanofósseis calcários (ascídias e cocolitoforídeos) e bioclastos carbonáticos diversos (foraminíferos, bivalves, equinóides, moluscos e algas) (fácies Hb - Figura 5).



Figura 5 – Fácies Hb. Fácies típica da sucessão SF-M (marinho). Sua elevada composição carbonática, constituída principalmente por nano- e microfósseis, sugerem condições marinhas.

O aumento na proporção de sedimentos carbonáticos, podendo chegar próximo aos 93% no topo da sucessão, sugere um incremento da lâmina d'água e instalação de um ambiente marinho franco, associado ao máximo transgressivo (Figura 2).

Diferentes hipóteses sobre a gênese de rochas híbridas podem ser encontradas na literatura (e.g. Dolan, 1989; Blomeier & Reijmer, 2002; Alday et al., 2005; Hodgson, 2009), no entanto, a semelhança com o descrito por Alday et al. (2005) para o estuário do rio Mira (Portugal) permite associar a formação destas rochas a ambientes parálicos / marinhos rasos onde, mesmo com a chegada de sedimentos siliciclásticos, podem ser encontrados micro- e nanofósseis calcários em elevadas proporções. As variações de salinidade, turbidez, dentre outras inerentes a estes ambientes podem ocasionar florações anômalas, em que espécies oportunistas reproduzem-se de maneira elevada. Além disso, o *input* de siliciclásticos ocorre apenas em eventos de alta descarga fluvial quando são formados os fluxos hiperpicnais, mais frequentes e de maior magnitude durante eventos transgressivos que cobrem uma extensa plataforma continental (Mulder et al., 2003).

Sucessão de fácies Lg (SF-Lg)

A SF-Lg ocorre entre 30m e 12m de profundidade (Figura 2) e é caracterizada por dois ciclos decamétricos constituídos por rochas híbridas recobertas por delgadas camadas de arenitos argilosos. Estes ciclos iniciam-se por arenitos híbridos ricos em grânulos e bioclastos fragmentados (fácies Hgb - Figura 6A), os quais são sotopostos por intercalações entre arenitos híbridos e argilitos formando acamamento heterolítico do tipo fláser (fácies Ia - Figura 6B) ou arenitos híbridos muito finos, normalmente com elevada argilidade (30-40%), bioturbados, ricos em fitoclastos e bioclastos (fácies HFb - Figura 6C). Na porção superior, ocorrem arenitos argilosos (argilidade entre 25 e 40%) finos a muito finos, de cores amareladas e frequentemente oxidados (fácies Aa, Figura 2 e Quadro 1).

As características apresentadas sugerem a instalação de um paleoambiente lagunar com dois ciclos de raseamento bem marcados. A fácies Hgb, está associada a períodos de maior circulação de águas marinhas durante a fase transgressiva. Já as fácies Ia e HFb, representam uma fase de lâmina d'água relativamente mais rasa, com maior

contribuição de sedimentos continentais, fato atestado pela abundância de fitoclastos, atribuídos a um sistema fluvial alimentador.

Sucessão de fácies F2 (SF-F2)

A sucessão SF-F2 ocorre entre 12m e 0m de profundidade (Figura 2). É caracterizada pela ocorrência de arenitos argilosos micáceos, ricos em fitoclastos de coloração predominante amarelada com alterações pós-deposicionais (marcas de raízes e oxidação) e feições pedogenéticas (fácies Aa - Figura 7A) e areias micáceas, subangulosas e mal selecionadas (fácies Amf - Figura 7B, Quadro 1).

A baixa maturidade composicional e textural dos depósitos, indicam pouco retrabalhamento (transporte) e proximidade com a área fonte, possivelmente associado a um sistema fluvial meandrante. Neste contexto, a fácies Amf poderia representar barras arenosas, enquanto os arenitos argilosos da fácies Aa evidenciam períodos de cheia em que ocorre extravasamento do canal (*crevasse splay*) e a chegada de areia fina / muito fina na planície de inundação (Miall, 2010).

Salienta-se que devido à natureza friável dos seus depósitos, este foi o intervalo com a menor recuperação (~10%), dificultando a interpretação paleoambiental.

Difração de Raio-X (DRX)

Para caracterização dos argilominerais foram analisadas 10 amostras representativas das fácies HFb (16,00m), Ia (23,90m), Hb (33,10m), Is (49,40m), IF (65,70), Aa (163,60m), e Lm (42,20m; 104,35m; 110,00m e 181,70m), englobando quatro (SF-F1, SF-T, SF-M e SF-Lg) das cinco sucessões de fácies definidas neste estudo (Figura 2).

As amostras pertencentes a SF-F1 (200m-72m) apresentaram em seus difratogramas picos correspondentes a esmectita, caulinita, gibbsita, muscovita e albita. Em sua porção inferior, onde predominam arenitos e argilitos oxidados das fácies Am e Lm, nota-se a abundância de albita e esmectita, indicadores de soterramento rápido e pequena lixiviação. As condições gerais de ocorrência destes minerais são clima mais seco e regiões com relevo suavizado (baixada) que permita baixa taxa de fluxo de água. Em locais de alta precipitação a esmectita pode ser encontrada em regiões de drenagem imperfeita, onde o transporte lateral acumula cátions básicos lixiviados de partes bem drenadas (Azevedo & Vidal-Torrado, 2009).

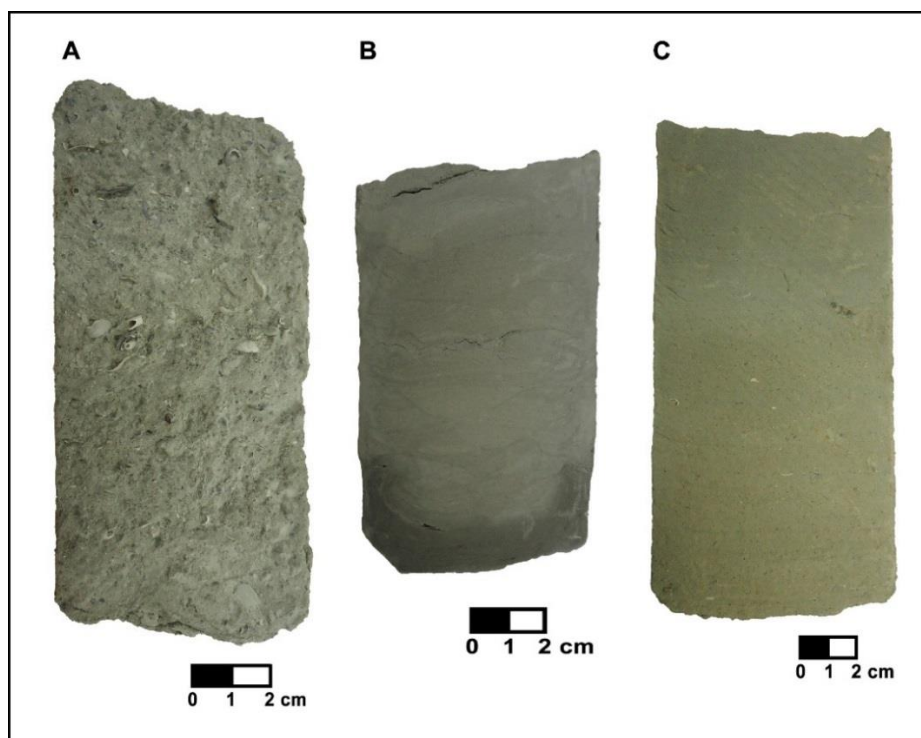


Figura 6 – Fácies (A) Hgb, (B) Ia e (C) HFb. Fácies típicas da sucessão SF-Lg (lagunar). (A) arenito híbrido rico em grânulos e bioclastos de natureza diversa (fácies Hgb). (B) intercalações entre arenito híbrido e argilito (fácies Ia). (C) arenito híbrido com fitoclastos (fácies HFb).

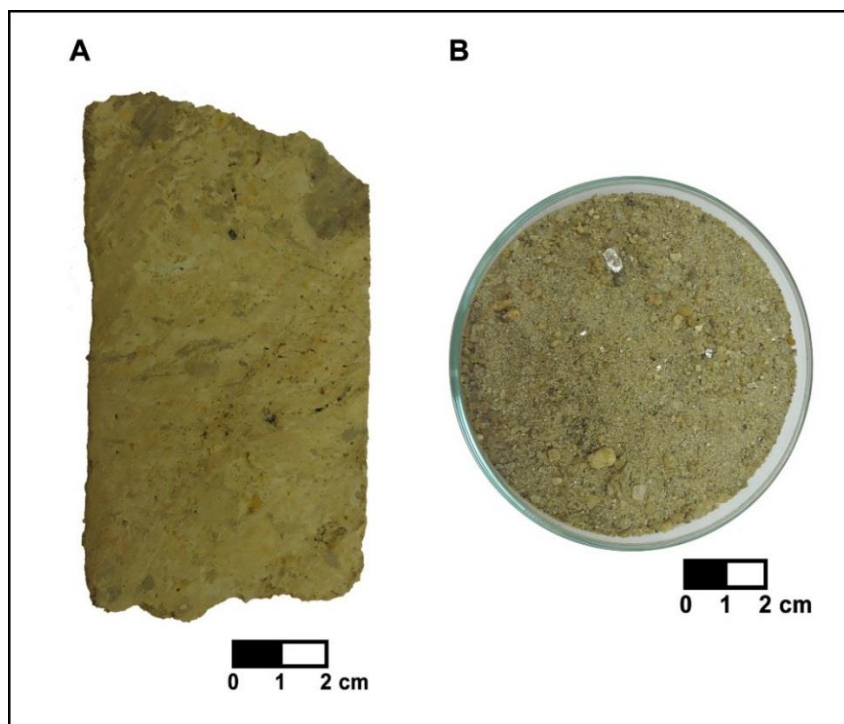


Figura 7 – Fácies (A) Aa e (B) Amf. Fácies típicas da sucessão SF-F2 (planície fluvial). (A) note o aspecto maciço e o elevado grau de oxidação, atribuído a processos pedogenéticos (fácies Aa). (B) note a presença de grânulos de quartzo, feldspato e muscovita (fácies Amf).

Já na porção superior da SF-F1, a presença de argilitos cinzas com composição predominantemente caolinítica sugere que a deposição tenha ocorrido sob condições climáticas quentes e úmidas, permitindo assim, maior lixiviação de

cátions básicos móveis (Na^+ , K^+) e acúmulo de alumínio (Al^{+3}) (Meunier, 2005).

As amostras correspondentes a SF-T (72m-42m), são caracterizadas predominantemente pela presença de esmectita, caolinita, haloisita,

gibbsita, biotita e muscovita, exceto pela fácies Is (49,40m), que apresenta calcita, o que reforça seu caráter híbrido. A associação entre caulinita, haloisita e gibbsita, sugerem condições climáticas mais úmidas do que àquelas que vigoravam durante a sedimentação da SF-F1 (Meunier, 2005).

Na SF-M (42m-30m), a amostra analisada da fácies Hb é caracterizada predominantemente por calcita, aragonita, caulinita e gibbsita, com traços de quartzo e muscovita, o que reforça seu caráter híbrido (siliciclástico/carbonático). A presença de argilominerais indicadores de grande lixiviação de cátions básicos e acúmulo de Al^{+3} associados com quartzo e muscovita em ambiente marinho indicam uma origem detrítica, sugerindo contribuição de alguma fonte fluvial próxima.

Segundo Andrade (2010) a associação entre caulinita e gibbsita é comumente descrita para sedimentos da Formação Barreiras, aflorante na área do CDRPS, que podem ser retrabalhados por sistemas fluviais e chegar ao ambiente marinho junto dos sedimentos siliciclásticos e fragmentos vegetais através de fluxos

hiperpicnais, um dos processos responsáveis pela gênese das rochas híbridas.

As amostras analisadas da SF-Lg (30m-12m), assim como a da sucessão SF-M (fácies Hb), são caracterizadas por expressivo conteúdo carbonático (calcita e aragonita), além de caulinita, gibbsita e pirita, indicando condições paleoclimáticas bastante similares. Diferem apenas quanto a presença de pirita, que aponta para condições redutoras, possivelmente ocasionada por uma circulação restrita na SF-Lg.

Carbono Orgânico Total (COT)

Em linhas gerais, as quinze amostras coletadas ao longo do testemunho (0,30m; 17,00m; 23,20m; 32,80m; 42,20m; 49,00m; 62,65m; 66,45m; 84,00m; 104,35; 108,40m; 110,40; 114,35m; 158,20m e 163,80m) (Figura 2) para determinação do carbono orgânico total (% COT) e enxofre (% S) apresentaram baixos valores, variando entre 0,1 e 1,38% e 0,01 e 1%, respectivamente.

Já a razão COT/S, variou entre 0,1 e 45,7, indicando desde condições redutoras até condições altamente oxidantes (Figura 8).

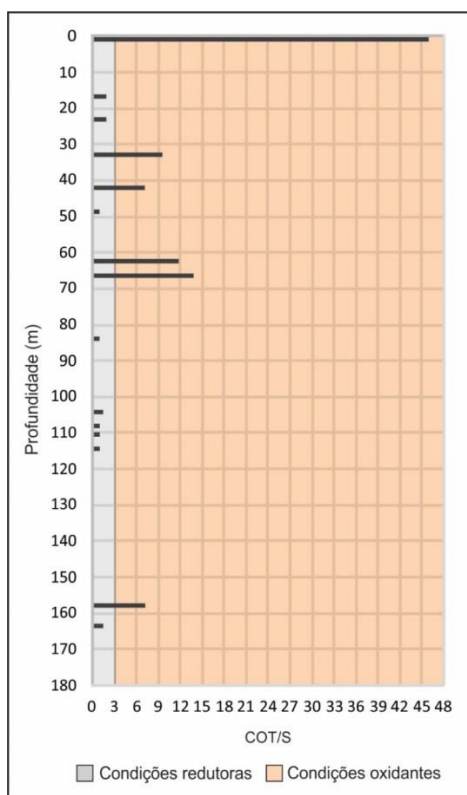


Figura 8 – Razão COT/S obtida para cada uma das quinze amostras analisadas do testemunho do poço 2-MU-1-RJ.

Com exceção da amostra de 158,20m, todas as demais coletadas no intervalo correspondente a SF-F1 (200m-72m), apresentaram valores de

COT/S <3 indicativa de condições redutoras, contrapondo informações advindas de observações megascópicas e de lâminas

petrográficas, que indicam processos de oxidação e pedogênese em todo o intervalo. Segundo Silva et al. (2011), este fato pode estar associado as baixas concentrações de carbono e enxofre nas amostras, muito próximas aos limites de detecção do método, que acabam por fornecer respostas não confiáveis.

Na SF-T (72m-42m), as amostras coletadas no intervalo inferior (62,65m e 66,45m) e no superior (42,20m) apontam para condições oxidantes (COT/S >3), que associadas as características faciológicas indicam, respectivamente, o início de uma fase transgressiva sob condições de lâmina d'água relativamente rasa e oxigenada e uma estabilização ou, até mesmo, uma queda no nível de base (regressão forçada), responsável pela exposição dos depósitos parálicos à atmosfera oxidante e instalação de um sistema fluvial. A amostra correspondente ao intervalo mediano (49,00m) indica condições redutoras (COT/S <3), possivelmente relacionada ao incremento da lâmina d'água e menor circulação de fundo (condições disóxicas). A amostra coletada em 32,80m, representativa da SF-M (42m-30m), sugere condições oxidantes, que podem estar associadas a maior circulação de águas oxigenadas durante a fase transgressiva. Já as amostras coletadas em 23,20m e 17,00m,

representativas da SF-Lg (30m-12m), apontam para condições redutoras, corroborando a interpretação de um paleoambiente lagunar de baixa energia e com circulação restrita.

Na SF-F2 (12m-0m), a amostra coletada em 0,30m apresenta o mais elevado valor de COT/S, evidenciando um ambiente altamente oxidante. Esta amostra corresponde aos depósitos de extravasamento de canal (*crevasse splay*), que ocorrem associados a planície de inundação e estão sujeitos a intensa pedogênese e oxidação.

Palinofácies

Das 20 amostras coletadas ao longo do testemunho do poço 2-MU-1-RJ (Figura 2) e preparadas para o estudo de palinofácies, sete apresentaram-se estéreis (12,95m; 49,00m; 104,35m; 108,40m; 110,40m; 158,20m e 163,80m).

A análise das treze restantes permitiu a identificação dos três principais grupos de matéria orgânica particulada (MOP) e alguns dos seus subgrupos: (i) Grupo Fitoclasto (65,3%) – subgrupos opacos alongados e equidimensionais, não-opacos bioestruturados e não-bioestruturados e cutículas; (ii) Grupo Amorfo (10,4%) – subgrupos matéria orgânica amorfa e pseudoamorfa e (iii) Grupo Palinomorfos (24,3%) – subgrupos esporos, grãos de pólen, esporos de fungos, cistos de dinoflagelados e palinoforaminíferos.

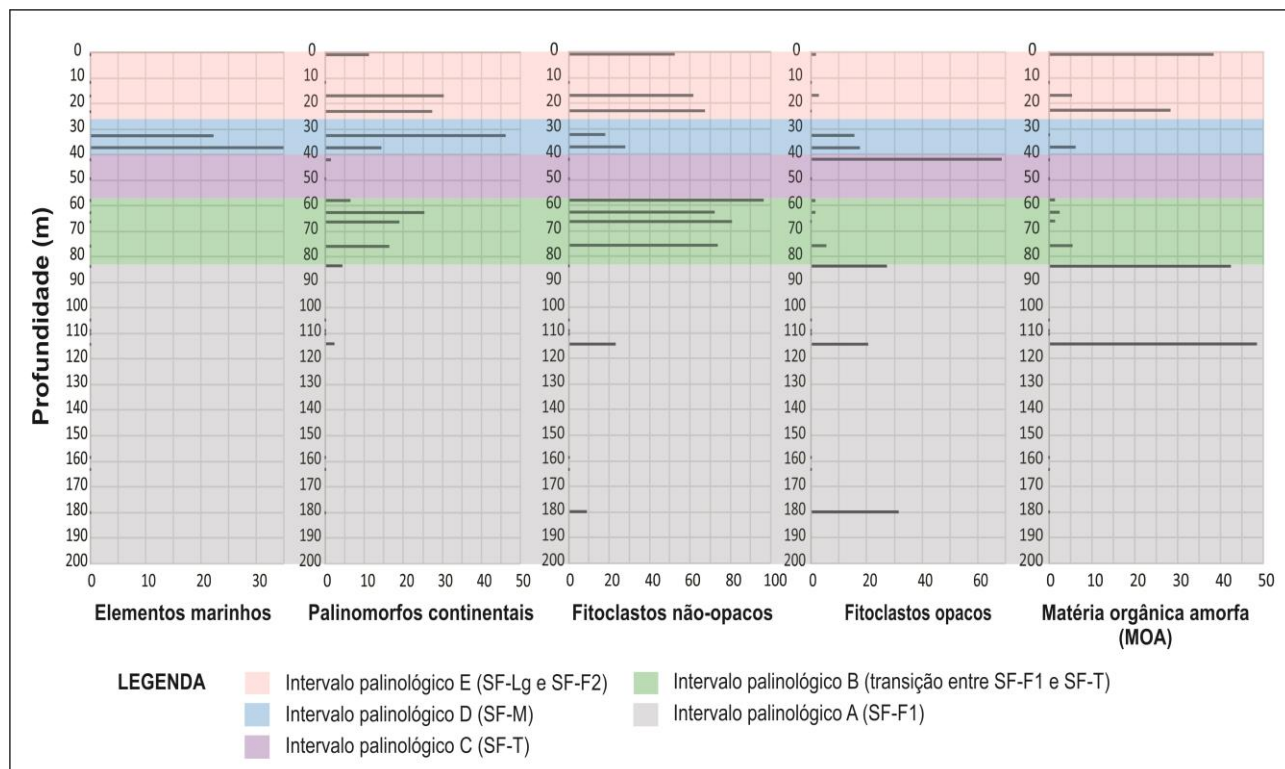


Figura 9 – Correlação entre os cinco intervalos palinológicos (A, B, C, D e E) identificados para o testemunho do poço 2-MU-1-RJ e suas sucessões de fácies (SF-F1, SF-T, SF-M, SF-Lg e SF-F2).

Os grupos e subgrupos de MOP identificados foram agrupados em cinco associações de palinofácies (elementos marinhos, palinomorfos terrestres, fitoclastos não-opacos, fitoclastos opacos e matéria orgânica amorfa), a partir das quais foram identificados cinco intervalos palinológicos (A, B, C, D e E) que apresentam boa correlação com as sucessões de fácies descritas para o testemunho (Figura 9).

O intervalo D (40m-24m), é caracterizado pela mistura de fitoclastos não-opacos e palinomorfos terrestres (indicadores de proximidade com uma fonte fluvial) com elementos marinhos (cistos de dinoflagelados). Já o intervalo E (24m-0m), que corresponde as amostras coletadas na parte superior do testemunho, é marcado pelo aumento no percentual de fitoclastos não-opacos, palinomorfos continentais e MOA, sugerindo maior influência de um sistema fluvial.

Os intervalos A e B, sugerem sedimentação em um ambiente continental, ou sob sua forte influência. A quebra entre os dois intervalos marca uma importante mudança nas condições climáticas, prevalece um clima mais seco na base (período em que o material é frequentemente exposto à atmosfera oxidante) e mais úmido no topo. Esta mudança pode ser associada à subida do nível relativo do mar e ao início da instalação do paleoambiente parálico (SF-T).

As condições oxidantes observadas no topo do intervalo C, corroboram a interpretação de que houve uma estabilização ou queda do nível de base (regressão forçada) com exposição subaérea no intervalo superior da SF-T. Enquanto que a presença de cistos de dinoflagelados associados à fitoclastos não-opacos e palinomorfos terrestres no intervalo D,

ratificam a interpretação de um paleoambiente marinho para a SF-M (rica em nano- e microfósseis diversos) e sugerem que o aporte de terrígenos seja constante.

Já o intervalo E, pode ser correlacionado as SF-Lg (lagunar) e SF-F2 (planície fluvial). O intervalo é caracterizado por uma circulação marinha cada vez mais restrita e por um aporte de sedimentos continentais cada vez mais expressivo, algo bem marcado pelos ciclos de raseamento do sistema lagunar, até que ocorre a instalação de um sistema fluvial.

A análise das partículas orgânicas não identificou elementos diagnósticos de idade.

Datação por Radiocarbono (^{14}C)

Buscando correlacionar as sucessões de fácies aqui analisadas com as variações do nível do mar tradicionalmente descritas para o Quaternário do CDRPS, foram realizadas datações por radiocarbono (^{14}C) em amostras de conchas coletadas nas profundidades de 13,20m e 37,70m e de matéria orgânica (fragmento de lenho) coletada em 59,00m. A amostragem foi realizada de acordo com a disponibilidade de material passível de datação. A presença exclusiva de areias e arenitos e a baixa recuperação no topo do testemunho não permitiram a datação de amostras entre 0 e 13m.

Devido ao limite de detecção do método, não foi possível conferir idade precisa para o material datado, sendo possível afirmar apenas que se trata de depósitos mais antigos que 40.000 anos A.P.

Com base nisto e no trabalho de Gatto (2016), sugere-se que as sucessões SF-T, SF-M e SF-Lg tenham sido depositadas durante o Pleistoceno (Pleistoceno Médio?), sendo a sedimentação holocênica, se presente, restrita aos depósitos fluviais da SF-F2 (12m-0m).

DISCUSSÕES

As cinco sucessões de fácies descritas neste estudo permitiram a caracterização de diferentes paleoambientes deposicionais (fluvial, planície de maré, marinho e lagunar) ao longo do testemunho do poço 2-MU-1-RJ.

A sucessão SF-F1 apresenta similaridades com o modelo de rio meandrante arenoso (*sand-bed meandering river*) de Miall, (1996), esta interpretação baseia-se não só nas características faciológicas e no padrão de empilhamento das camadas, mas também em dados palinológicos,

que apontam para a sedimentação de finos em uma planície de inundação com posterior exposição subaérea. Sua sedimentação ocorreu majoritariamente sob condições climáticas um pouco mais secas, com baixa taxa de fluxo de água, exceto a porção superior, onde tanto dado de DRX quanto de palinofácies sugerem condições de maior umidade. Estas características permitem correlacionar tais depósitos àqueles descritos para o Membro São Tomé da Formação Emborê no testemunho do

poço 2-CST-001-RJ (Cabo de São Tomé), interpretado por Gama Jr. (1977) como o registro de um sistema fluvial anastomosado ou meandrante arenoso, cuja idade é atribuída do Oligoceno ao Plioceno (Schaller, 1973; Gama Jr., 1977).

A discordância existente entre as sucessões SF-F1 (Oligoceno-Plioceno) e SF-T (Pleistoceno Médio?) pode ser atribuída a regressão forçada subsequente ao máximo da antepenúltima transgressão marinha (210.000 anos A.P., Figura 2), o que corresponde ao terceiro estágio evolutivo de Martin et al., (1993).

Regressões forçadas em sistemas siliciclásticos são responsáveis pela exposição, erosão subaérea e formação de vales incisos em regiões costeiras e da plataforma e, a depender da magnitude da queda do nível do mar, pode alcançar o talude continental (Talling, 1998; Dalrymple et al., 2006). Esta superfície discordante e a que ocorre em conformidade correlativa (*sensu* Hunt & Tucker, 1992) marcam o final da queda do nível de base e, em termos estratigráficos, representam um limite de sequências (Van Wagoner et al., 1988, 1990; Christie-Blick, 1991; Hunt & Tucker, 1992, 1995; Plint & Nummedal, 2000). Na sucessão estudada, tal superfície representa também o início da construção do CDRPS (limite Paleógeno/Neógeno – Quaternário).

A sucessão SF-T (planície de maré) registra o início de uma importante sequência transgressiva, caracterizada por oscilações de alta frequência do nível do mar (Figura 2), além de marcar o início da sedimentação sob condições climáticas quentes e úmidas. Seus intervalos inferior e mediano foram depositados em contexto transgressivo, com lâmina d'água cada vez mais espessa, passando de um meio oxigenado para disóxico. Já o intervalo superior é atribuído a uma fase de estabilização do nível de base, ou, ainda, a um evento regressivo (regressão forçada) de pequena magnitude, evidenciado por depósitos continentais sobrepostos à depósitos parálicos (Catuneanu, 2006). Os valores de $COT/S > 3$ sugerem exposição subaérea e a presença de fitoclastos opacos indicam deposição em ambiente oxidante e de alta energia, o que reitera a interpretação.

A presença de lamitos argilosos de coloração

acinzentada, com elevada proporção de fitoclastos e de composição essencialmente caolinítica no topo da SF-F1 associada a ausência de depósitos fluviais de mais alta energia (típicos de sistemas fluviais encaixados em vales incisos) e de fácies transicionais no intervalo inferior da SF-T, sugerem que a sedimentação da mesma ocorreu em um interflúvio (região elevada entre vale(s) inciso(s)), onde, sob condições climáticas úmidas, processos pedogenéticos atuaram na formação de solos incipientes até a transgressão recobrir a região (Dalrymple et al., 1992; McCarthy & Plint, 1998; Boyd et al., 2006; Blum & Aslan, 2006).

Após a estabilização / queda do nível de base marcado pelo intervalo superior da SF-T, houve uma retomada na subida do nível do mar que propiciou a instalação de um ambiente marinho franco (SF-M) caracterizado pela presença de cistos de dinoflagelados e abundante conteúdo fossilífero, incluindo bioclastos, micro- e nanofósseis carbonáticos. O elevado percentual de sedimentos carbonáticos indica o máximo transgressivo (Figura 2), no entanto, a presença de argilominerais detríticos e palinomorfos terrestres evidenciam a presença de um sistema fluvial próximo. Este evento transgressivo pode ser correlacionado ao quarto estágio evolutivo de Martin et al. (1993), que corresponde ao máximo da penúltima transgressão marinha (123.000 anos A.P.), quando o nível relativo do mar esteve $8m \pm 2m$ acima do atual, cobrindo toda a área hoje correspondente ao CDRPS e retrabalhando as falésias esculpidas nos tabuleiros da Formação Barreiras e em parte do embasamento do cristalino (Martin et al. 1993 e Martin et al, 1997).

Com a estabilização do sistema em condições de mar alto, a nucleação de cordões arenosos promove o isolamento de um corpo de água com restrita conexão com o mar. Ocorre a formação de um sistema lagunar (SF-Lg), onde predominam condições redutoras e suas fácies marcam ciclos de raseamento, em que se registra a diminuição da circulação marinha e o aumento do aporte de sedimentos continentais (Figura 2).

Não foram identificadas discordâncias expressivas ao longo das sucessões SF-T, SF-M e SF-Lg e, tão pouco, Gatto, (2016) encontrou biozonas distintas, sendo possível considerar que as três sucessões estão associadas ao evento

transgressivo cujo máximo foi atingido em 123.000 anos A.P. Oscilações de menor magnitude, como a descrita para o intervalo superior da SF-T, marcam eventos de menor ordem dentro de tendências globais (Figura 2).

A baixa recuperação do topo do testemunho (0-12m) impossibilita o estabelecimento de relações paleoambientais e estratigráficas entre a SF-F2 e as demais sucessões de fácies. Conforme observações geomorfológicas na área de estudo, sugere-se que a SF-F2 corresponda a última fase evolutiva da região, caracterizada por uma extensa planície fluvial holocênica. A então discordância presente entre a SF-Lg (Pleistoceno Médio?) e a SF-F2 (Holoceno?) pode ser relacionada ao evento

regressivo (regressão forçada) subsequente ao máximo transgressivo de 123.000 anos A.P. Esta queda no nível de base está associada a um evento global de glaciação, que atingiu seu máximo em torno de 18.000 anos A.P. (Figura 2), quando o nível do mar atingiu cerca de 110m abaixo do atual (Vieira, 1981; Shackleton, 1987; Stanley, 1995).

Os trabalhos existentes na área de estudo (e.g. Lamego, 1955; Bacocoli, 1971; Araújo & Beurlen, 1975; Martin et al., 1984; Silva, 1987; Dominguez, 1990; Martin et al., 1993; Martin et al., 1997) relatam a existência da chamada última transgressão marinha (5.100 anos A.P.), cujo registro não foi recuperado no testemunho estudado.

CONCLUSÕES

As análises realizadas apresentaram correlação direta com as sucessões de fácies identificadas para o testemunho do poço 2-MU-1-RJ, auxiliando na caracterização paleoambiental. Estabelecidos os paleoambientes e suas relações estratigráficas, torna-se claro que as variações relativas do nível do mar exerceram forte controle na evolução da porção central do Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul (CDRPS).

As cinco sucessões de fácies definidas neste estudo (SF-F1, SF-T, SF-M, SF-Lg e SF-F2), apoiadas em dados de DRX, COT, palinofácies e datação, indicam que a evolução do CDRPS, em sua porção central, teve origem a partir da transgressão pleistocênica (123.000 anos A.P.), cujos depósitos estão dispostos em discordância sobre sedimentos oligocênicos-pleiocênicos atribuídos ao Membro São Tomé da Formação Emborê (SF-F1).

Esta discordância pode ser relacionada à regressão subsequente ao máximo da transgressão de 210.000 anos A.P. e evidenciada pelo desenvolvimento incipiente de paleossolo em clima úmido no topo da SF-F1, diferindo das condições que vigoraram durante a sua deposição.

O sucessivo aumento da lâmina d'água marinha propiciou a formação de um ambiente

controlado pela ação de maré (planície de maré), cujo registro evidencia uma rápida resposta as oscilações de alta frequência do nível do mar. O afogamento da região permitiu, no máximo transgressivo de 123.000 anos A.P., a instalação de um ambiente marinho e, sob condições de mar alto, a instalação de uma ampla laguna.

A pronunciada perda de material na parte superior do testemunho, não permitiu estabelecer uma relação direta entre as sucessões SF-Lg (lagunar) e SF-F2 (fluvial), e nem mesmo, o reconhecimento de depósitos marinhos / lagunares de idade holocênica, atribuídos a transgressão de 5.100 anos A.P., documentada por diversos autores.

Nenhum dos modelos evolutivos propostos para o CDRPS fornece um detalhamento para os eventos ocorridos no Pleistoceno, tão pouco, consideram o amplo espectro de fácies sedimentares descritas no testemunho do poço 2-MU-1-RJ e os diversos subambientes de sedimentação que podem estar presentes em um complexo deltaico.

O presente estudo aponta para uma evolução complexa, influenciada pela interação entre o sistema alimentador aluvial e as oscilações de alta frequência no nível relativo do mar, sendo esta última um dos principais controles evolutivos da área de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Canyon (CTPetro-FINEP / Petrobras / UFRJ) pela aquisição do material de estudo e ao Projeto Delta (Fund. Coppetec IGEO - 15857 / Chevron Brasil / P&D-ANP / UFRJ), pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALDAY, M.; CEARRETA, A.; CACHÃO, M.; FREITAS, M.C.; ANDRADE, C.; GAMA, c. Micropaleontological record of Holocene estuarine and marine stages in the Corgo do Porto rivulet (Mira River, SW Portugal). **Estuarine, coastal and shelf Science**, v. 66, p. 532-543, 2005.
- ANDRADE, G.R.P. **Argilominerais em solos de manguezais da costa brasileira**. Piracicaba, 2010. 187p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
- ARAÚJO, M.B. & BEURLEN, G. Projeto rio Paraíba do Sul: Sedimentação Deltaica Holocênica. PETROBRAS/RPBA, DIREX. Rio de Janeiro. v.1, n. 1649, 1975.
- AZEVEDO, A.C. & VIDAL-TORRADO, P. Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxi-entre camadas e clorita. In: MELO, F.M. & ALEONI, L.R.F. (eds). **Química e mineralogia do solo Parte I**. Viçosa. p. 382- 426, 2009.
- Bacoccoli, G. **Os deltas marinhos holocênicos brasileiros – uma tentativa de classificação**. Boletim Técnico da Petrobras. DIVEX/DEXPRO. Rio de Janeiro, v. 14, p. 5-38, 1971.
- BAUERMANN, S.G.; MARQUES-TOIGO, M.; BEHLING, H.; NEVES, P.C.P. Aspectos tafonômicos em palinologia de Quaternário. **Pesquisas (Série Botânica)**, v. 52. p. 223-239, 2002.
- BERNNER, R. A. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis-a comment. In: **Marine Chemistry**, cap. 49, p. 121-122, 1995.
- BLOMEIER, D.P.G. & REIJMER, J.J.G. Facies architecture of an early Jurassic carbonate platform slope (JBEL BOU DAHAR, HIGH ATLAS, MAROCCO). **Journal of Sedimentary Research**, v. 72, n. 4, p. 462-475, 2002.
- BLUM, M.D. & ASLAN, A. Signatures of climate vs. sea-level change within incised-valley-fill successions: Quaternary examples from the Texas Gulf Coast. **Sedimentary Geology**, v. 190, p. 177-211, 2006.
- BORGHI, L. Visão Geral da Análise de fácies Sedimentares do Ponto de Vista da Arquitetura Depositional. **Boletim do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, (Nova Série, Geologia), v. 53. 26p., 2000.
- BORREGO, J.; LOPEZ, M.; PEDON, J. G.; MORALES, J.A. C/S ratios in estuarine sediments of the Odiel River-mouth, S.W. Spain. **Journal of Coastal Research**, v. 14, n. 4, p. 1276-1286, 1998.
- BOYD, R.; DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A. Estuary and incised valley facies models. In: POSAMENTIER, H.W. & WALKER, R.G. (eds). **Facies Models Revisited**. SEPM Special Publication, v. 84. p. 171-234, 2006.
- BOYD, R. Transgressive wave-dominated coasts. In: JAMES, N.P. & DALRYMPLE, R.W. (eds). **Facies Models 4, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland**, p. 184-209, 2010.
- BRÊDA, T.C. **Análise multiescalar da Formação Barreiras na área emersa da bacia de Campos, entre Búzios e Campos dos Goytacazes (RJ)**. Rio de Janeiro, 2012, 117p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CATUNEANU, O. **Principles of Sequence Stratigraphy**, Elsevier. Amsterdam. 375p., 2006.
- CPRM – **Serviço Geológico Brasileiro. Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília. 85p., 2001.
- CHRISTIE-BLICK, N. Onlap, offlap, and the origin of unconformity-bounded depositional sequences. **Marine Geology**, v. 97. p. 35-56, 1991.
- DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A. & BOYD, R. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 62. p. 1130-1146, 1992.
- DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A. & BOYD, R. Estuarine and incised-valley facies models. In: POSAMENTIER, H.W. & WALKER, R.G. (eds). **Facies Models Revisited, SEPM Special Publication**, v. 84. p. 171-235, 2006.
- DAVIS JR., R.A. & FITZGERALD, D.M. **Beaches and Coasts**, Blackwell Publishing. UK. 419p. 2004.
- DOLAN, J.F. Eustatic and tectonic controls on deposition of hybrid siliciclastic/carbonate basinal cycles: Discussion with examples. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 73, n. 10, p. 1233-1246, 1989.
- DOMINGUEZ, J.M.L. Delta dominado por ondas: críticas às ideias atuais com referência particular ao modelo de Coleman & Wright. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20. p. 352-361, 1990.
- GAMA JUNIOR, E.G. **Sistemas Depositionais e Modelos de Sedimentação das Formações Campos e Emborê, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil**. São Paulo, 1977. 104p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo
- GATTO, A.L.M. **Bioestratigrafia e Paleocianografia de uma sucessão estratigráfica quaternária com base em Nanofósseis Calcários (Complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, Bacia de Campos – RJ)**. Rio de Janeiro, 2016. 93p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- HODGSON, D.M. Distribution and origin of hybrid beds in sand-rich submarine fans of the Tanqua depocentre, Karoo Basin, South Africa. **Marine and Petroleum Geology**, v. 26. p. 1940-1956, 2009.
- HUNT, D. & TUCKER, M.E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during sea-level fall. **Sedimentary Geology**, v.81. p.1-9. 1992.
- HUNT, D. & TUCKER, M.E. Reply to discussion. **Sedimentary Geology**, v. 95, p. 147-160, 1995.
- Lamego, A.R. Geologia das Quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé. Div. Geol. Min., DNPM, 154, Rio de Janeiro. 1955.
- LANA, C.C. Dinoflagelados como indicadores paleoambientais durante a sedimentação eocretácea da porção terrestre da Bacia de Campos. In: CARVALHO, I.S.; SRIVASTAVA, N.K.; STROHSCHOEN, O.; LANA, C.C. (eds) **Paleontologia: cenários de vida**, Interciência. Rio de Janeiro, v. 3, p. 211-219, 2011.
- LOPES, A.L.M. **Análise da evolução sedimentar quaternária da plataforma continental sul da bacia de Campos com base em estratigrafia sísmica e sonografia**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, UFF, Rio de Janeiro, RJ. 66p., 2004.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; DOMINGUEZ, J.M.L & AZEVEDO, A.E.G. 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. SBG, v. 1. p. 84-97, 1984.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. Excursion route along the brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (North of State of Rio de Janeiro). In: **International Symposium on global changes in South America during the quaternary**. São Paulo. Proceedings of International Symposium on global changes in South America during the quaternary. São Paulo: INQUA. p. 68-121, 1989.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, M.J. 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, v. 15, p.1-186, 1993.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L. & FLEXOR, J.M. **Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo**. Belo Horizonte, CPRM. 112p., 1997.

- McCARTHY, P.J. & PLINT, A.G. Recognition of interfluvial sequence boundaries: integrating paleopedology and sequence stratigraphy. **Geology**, v. 26, p. 387-390, 1998.
- MENDONÇA FILHO, J.G.; MENEZES, T.R.; MENDONÇA, J.O.; OLIVEIRA, A.D.; CARVALHO, M.A.; SANT'ANNA, A.J. & SOUZA, J.T. Palinofácies. In: CARVALHO, I.S. (ed.), **Paleontologia**. Interciência, Rio de Janeiro, p. 283-317, 2010.
- MEUNIER, A. **Clays in Sedimentary Environments**. In: Clays. 1ª edição. França. Cap. 7. p. 295-327, 2005.
- MEYER, K.E.B.; MENDONÇA FILHO, J.G.; ASHRAF, A.R.; SOUZA, P.A. & REICHHART, K. Análise de Palinofácies em sedimentos holocênicos da Lagoa dos Quadros, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 8, n. 1, p. 57-72, 2005.
- MIALL, A.D. **The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology**, Springer. New York. 582p., 1996.
- MIALL, A.D. Alluvial deposits. In: JAMES, N.P. & DALRYMPLE, R.W. (eds). **Facies Models 4**, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland. p. 105-137, 2010.
- MORAIS, R.M.O. **Estudo Faciológico da Formação Barreiras na região entre Maricá e Barra de Itabapoana, estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado, IGeo/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 113p., 2001.
- MULDER, T.; SYVITSKI, J.P.M.; MIGEON, S.; FAUGÈRES, J.C. & SAVOYE, B. Marine hyperpycnal flows: initiation, behavior and related deposits. A review. **Marine and Petroleum Geology**, v. 20, p. 861-882, 2003.
- OLIVEIRA, J.P.M. **Caracterização sismoestrutural do embasamento do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul**. Dissertação de Mestrado, IGeo/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 125p., 2015.
- PLINT, A.G. & NUMMEDAL, D. The falling stage systems tract: recognition and importance in sequence stratigraphic analysis. In: HUNT, D. & GAWTHORPE, R.L. (eds.). **Sedimentary Response to Forced Regression**. Geological Society of London, Special Publication, v. 172. p. 1-17, 2000.
- RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. Tese de Doutorado, IGC/USP, São Paulo, SP. 256p., 1989.
- RODRIGUES, A.G. **Implicações paleoambientais da siderita eodiagenética nos depósitos do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, UFRGS, Porto Alegre, RS. 80p., 2015.
- SCHALLER, H. Estratigrafia da Bacia de Campos. In: SBG, **Congresso Brasileiro de Geologia**, 27, Aracaju (SE): SBG, v.3. p.247-258. 1973.
- SHACKLETON, N.J. Oxygen isotope, ice and sea-level. **Quaternary Sc. Reviews**, v. 6. p. 183-190, 1987.
- Silva, C.G. **Estudo da evolução geológica e geomorfológica da região da Lagoa Feia**, RJ. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, UFF, Rio de Janeiro, RJ. 160p., 1987.
- SILVA, F.S.; LAUT, L.L.M.; SANTOS, E.S.; LAUT, V.M.; CRAPEZ, M.A.C. & MENDONÇA FILHO, J.G. Biopolímeros, carbono e enxofre totais associados à atividade bacteriana dos sedimentos superficiais do delta do Paraíba do Sul, RJ-Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 34. p. 33-45, 2011.
- SILVA, T.P. & MELLO, C.L. Reativações neotectônicas na zona de cisalhamento do rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). **Geologia USP: Série Científica**. São Paulo. v.11, n.1. p. 95-111. 2011.
- STANLEY, D.J. A global sea-level curve for the late Quaternary: the impossible dream? **Marine Geology**, v. 125. p. 1-6, 1995.
- SUGUIO, K. Tópicos de geociências para o desenvolvimento sustentável: as regiões litorâneas. **Geologia USP: Série Didática**, São Paulo, v. 2. n. 1, 40p., 2003.
- SUGUIO, K. & NOGUEIRA, A.C.R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Geociências**, São Paulo. v. 18, n. 2, p. 461-479, 1999.
- TALLING, P.J. How and where do incised valleys form if sea level remains above the shelf edge? **Geology**, v. 26, n. 1, p. 87-90, 1998.
- TYSON, R.V. Palynofacies analysis. In: D.G. Jenkins (ed.) **Applied Micropaleontology**. Kluwer. p. 153-191, 1993.
- TYSON, R.V. **Sedimentary Organic Matter: Organic Facies and Palynofacies**. Kluwer Academic. Dordrecht, Holland. 615p. 1995.
- VAN WAGONER, J.C.; POSAMENTIER, H.W.; MITCHUM, R.M.; VAIL, P.R.; SARG, J.F.; LOUTIT, T.S. & HARDENBOL, J. An overview of sequence stratigraphy and key definitions. In: WILGUS, C.K.; HASTINGS, B.S.; KENDALL, C.G.St.C.; POSAMENTIER, H.W.; ROSS, C.A. & VAN WAGONER, J.C. (eds.). **Sea Level Changes – An Integrated Approach**. SEPM Special Publication, v.42. p. 39-45, 1988.
- VAN WAGONER, J.C.; MITCHUM, R.M.; CAMPION, K.M. & RAHMANIAN, V.D. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. **American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration Series**, v.7. 55p., 1990.
- VIEIRA, P.C. Variações do nível marinho: Alterações eustáticas no Quaternário. **Revista do Instituto Geológico de São Paulo**, v.2, n. 1, p. 39-58, 1981.
- ZUFFA, G.G. Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. In: Zuffa, G.G. (ed.), **Provenance of Arenites**. NATO-ASI series C.D. Reidel Pub. Co., Dordrecht, p. 165-180, 1985.

Submetido 13 de março de 2017
Aceito em 24 de junho de 2018