

Caracterização sedimentológica da planície flúvio-marinha do rio Acaraú, Ceará (NE-Brasil)

Sedimentary characterization of the fluvial-marine plain of Acaraú river, Ceará (NE-Brazil)

Jader Onofre Morais^{ag}, Brígida Miola^{bh}, Antônio Rodrigues Ximenes Neto^{cdi}, Francisco Oricélio da Silva Brindeiro^{aj}, Lidriana de Souza Pinheiro^{ek}, Georg Friedrich Irion^{fl}

^aUniversidade Estadual do Ceará - UECE, ^bUniversidade de Fortaleza - UNIFOR, ^cUniversidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, ^dUniversidade Federal do Espírito Santo - UFES, ^eInstituto de Ciências do Mar-LABOMAR/UFC, ^fSenckenberg Institute of Marine Science - Alemanha

^gjader.morais@uece.br, ^hbmiola@gmail.com, ⁱantonio.lgco@gmail.com, ^joriceliobrindeiro@gmail.com, ^klidriana@ufc.br, ^lg.irion@gmx.de

Resumo

A zona costeira de Acaraú (Costa Oeste do Ceará) é caracterizada por extensos depósitos paludiais com manguezais, sistemas de barreiras costeiras, bancos arenosos e areno-lamosos, campos de dunas e depósitos praias. O objetivo foi caracterizar os padrões sedimentológicos da planície flúvio-marinha do rio Acaraú. Foram coletadas 26 amostras no canal principal e margens do rio Acaraú (da foz à ponte de Cruz). Foram identificados três tipos deposicionais principais: fácies arenosa (39%), fácies areno-lamosa (17%) e fácies lamosa (44%), os quais estavam relacionados a quatro ambientes sedimentares: canal estuarino (50%); tidal flat (apicum/salgado – 23%), planícies lamosas com manguezal (19,2%) e bancos intermaré (7,8%). Estes sedimentos são eminentemente mal selecionados, o que deve estar relacionado à atuação de agentes hidrodinâmicos (maré e rio) e aerodinâmico (vento), além da contribuição bioclástica dos moluscos estuarinos. Em relação à mineralogia dos argilominerais, foi evidenciada a presença de caulinita (46%), illita (31%) e esmectita (23%). Já em relação aos teores de matéria orgânica e carbonato de cálcio, foram verificados teores médios de 2,29% e 21%, respectivamente. Fica evidenciado que os padrões sedimentares da planície flúvio-marinha são principalmente influenciados pela interação entre os agentes hidrodinâmicos e a ação antrópica. O primeiro apresenta o fator maré e a baixa vazão fluvial como principais agentes, e o segundo possui diversas ações de uso e ocupação nas margens do Acaraú (e.g. carcinicultura, lançamentos de efluentes).

Palavras-chave: Estuário; Ambientes deposicionais; Argilominerais.

Abstract

Acaraú coastal zone (West Coast of Ceará) is characterized by extensive paludal deposits with mangroves, coastal barrier systems, sandy and muddy-sand banks, dune fields and beach deposits. The objective was to characterize the sedimentological patterns of the fluvial-marine plain of the Acaraú River. Twenty six samples were collected near the main channel of the Acaraú River (from the mouth of the Cruz bridge). Three major depositional styles were identified: sandy facies (39%), muddy-sand facies (17%) and muddy facies (44%), which were related to four sedimentary environments: estuarine channel (50%); tidal flat (apicum/salgado – 23%), muddy plains with mangroves (19.2%), and intertidal banks (7.8%). These sediments are eminently poorly selected, which should be related to the performance of hydrodynamic (tide and river) and aerodynamic (wind) agents, as well as the bioclastic contribution of estuarine mollusks. The presence of kaolinite (46%), illite (31%) and smectite (23%) was evidenced in relation to the mineralogy of clay minerals. Regarding the organic matter and calcium carbonate contents, mean levels of 2.15% and 21% were verified, respectively. It is evidenced that the sedimentary patterns of the fluvial-marine plain are mainly influenced by the interaction between the hydrodynamic agents and the anthropic action. The first presents the tidal factor and the low fluvial flow as the main agents, and the second one has several actions of use and occupation on the banks of the Acaraú (e.g. shrimp farming, effluent releases).

Keywords: Estuary; Depositional environments; Clay minerals.

1. Introdução

A zona costeira do Ceará é composta predominantemente por sedimentos do Néogeno-Quaternário, onde se destacam diversas gerações de dunas, praias, planícies estuarinas, falésias ativas e inativas, além de promontórios do embasamento cristalino pré-Cambriano nas praias de

Jericoacoara, Pecém, Iguape e Mucuripe (Pinheiro et al. 2016).

As planícies flúvio-marinhas são importantes sistemas geomorfológicos criados a partir da interação da ação marinha (maré) e fluvial (rio), onde no Estado do Ceará se verifica uma ampliação das áreas de influência longitudinal da maré, hipersalinização sazonal e diminuição do aporte de sedimentos

argilo-siltosos na planície flúvio-marinha, devido a barramentos construídos para abastecimento nos médio e alto curso fluvial (Morais et al. 2006).

O ecossistema manguezal é um importante berçário natural encontrado nas planícies flúvio-marinhas. Este sistema apresenta solo úmido, pobre em oxigênio, salgado, argiloso e com decomposição de matéria orgânica (Thiers et al. 2016).

Segundo Pessoa (2015), o rio Acaraú está inserido na segunda maior bacia hidrografia do Estado e sua região estuarina apresenta diversos processos de degradação ambiental – lançamento de efluentes, uso e ocupação em setores de elevada instabilidade ambiental

e mineração. Ainda aponta que, devido ao baixo volume de água doce para o estuário do rio Acaraú se verifica o avanço da salinidade ao longo do estuário (aumento da influência marinha), modificação na morfologia dos canais, alterações na carga de material em suspensão, alteração no balanço sedimentar, impactos na pesca artesanal e erosão na região da foz do rio.

A área de estudo se localiza no baixo curso do Acaraú, sendo que as coletas sedimentológicas foram realizadas no canal e nas margens do rio principal (Figura 1). Esta pesquisa teve como objetivo compreender os padrões sedimentares associados à planície flúvio-marinha do estuário do rio Acaraú.

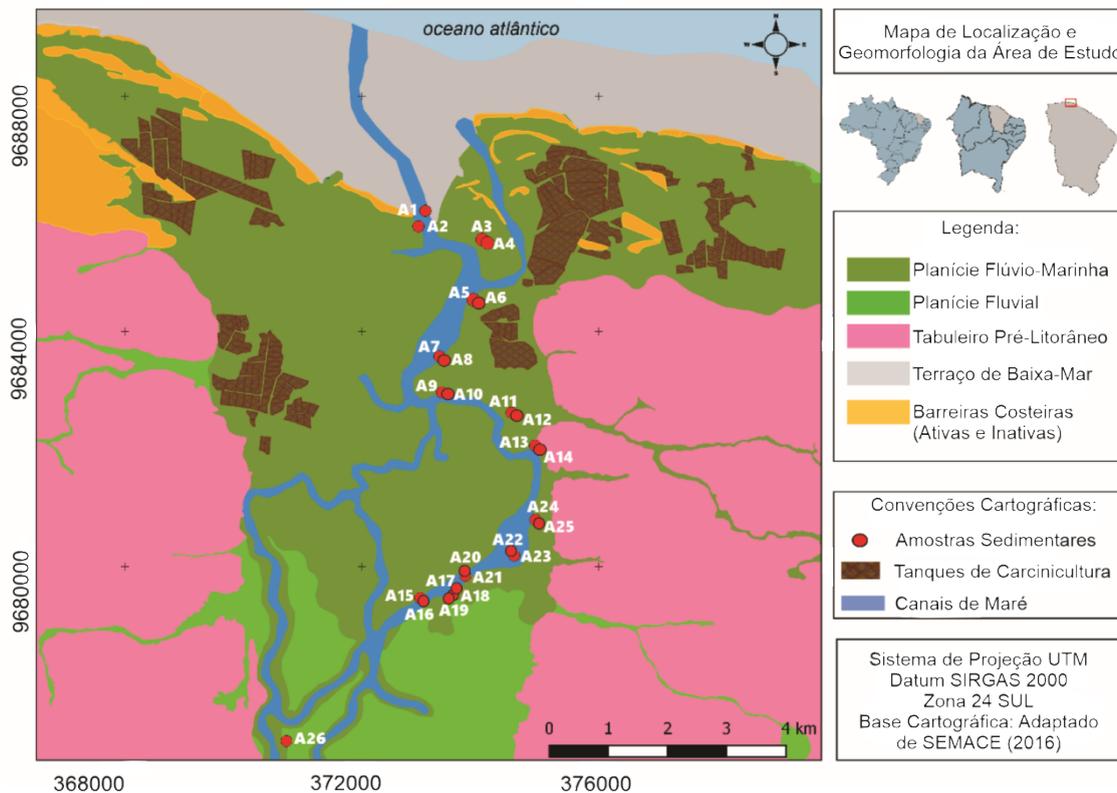


Figura 1: Localização e geomorfologia regional da área de estudo na planície flúvio-marinha do rio Acaraú – Ceará.

2. Aspectos geológicos e climáticos do baixo Acaraú

A compartimentação tectônica associada ao Baixo Acaraú está relacionada à Província Costeira, dominada por depósitos Cenozoicos. Destaca-se que a Sul, o Subdomínio Médio Coreau predomina (Província Borborema) (CPRM, 2003).

Os depósitos Cenozoicos são representados pelos depósitos eólicos (com destaque para as dunas frontais), depósitos praias (praias modificadas por maré, compostas por areias finas a muito finas), depósitos paludiais de mangue, depósitos intermarés, depósitos fluviais (predominando principalmente a partir do fim da região estuarina em direção ao médio curso) e os depósitos associados à Formação Barreiras

(Pessoa 2015; Pinheiro et al. 2016). Em relação aos padrões morfológicos principais identificados na planície flúvio-marinha do Acaraú, destacam-se a ocorrência das planícies sujeitas a oscilação da maré com manguezais (Thiers et al. 2016), os bancos intermarés associado a sedimentos arenosos e lamosos (Miola 2017), os apicuns/salgados (tidal flats) localizados nos setores intertidais superiores e supralitoral (Medeiros 2020), extensos estirâncios associados a terraços de baixa-mar (Pinheiro et al. 2016).

O Baixo Acaraú é classificado como clima tropical semi-árido brando (IPECE, 2009). Sendo que o Município de Acaraú apresenta precipitação média de 1098 mm, com amplitudes variando de 346 mm a 2886

mm (Pessoa 2015). Destaca-se que o período chuvoso ocorre entre os meses de Janeiro a Abril. O segundo semestre é caracterizado pela baixa pluviosidade e aumento da intensidade da velocidade do vento, sendo que em Acaraú o vento apresenta uma velocidade média de 7,2 m/s (Maia et al. 2001).

Destaca-se que a característica semi-árida da bacia hidrográfica do Acaraú, somada ao fator barragens, proporciona um baixo aporte de siliciclásticos via descarga fluvial para a planície litorânea (Pessoa 2015).

3. Materiais e métodos

A pesquisa foi dividida em duas etapas: campo e laboratório. Na atividade de campo, com o auxílio de uma lancha, foram coletadas 26 amostras na planície flúvio-marinha do rio Acaraú. Sendo que 13 foram coletados no canal estuarino via draga van-veen e as outras 13 na respectiva margem, ou seja, a cada coleta no canal outra amostra era coletada na margem mais próxima. Em cada ponto, os sedimentos foram etiquetados, ensacados e marcadas as coordenadas x,y, com auxílio de um GPS Garmin 60CSx. Em laboratório os sedimentos foram processados via quatro análises: granulométrica, carbonato de cálcio, matéria orgânica e mineralogia para identificação de argilominerais. As três primeiras foram realizadas no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica da Universidade Estadual do Ceará. Já em relação aos argilominerais, foram realizados os ensaios de difração de raios-X em um difratômetro da marca Philips, modelo PW1370 no Instituto de Ciências Marinhas de Senckenberg da Alemanha. Em 10 amostras (A2, A4, A6, A8, A12, A16, A19, A21, A25, A26) foram realizadas a difração de raios-X.

A análise granulométrica foi realizada conforme metodologias de Suguio (1973) e Dias (2004), esta etapa foi dividida em duas: peneiramento mecânico para grãos de areia e cascalho (13 peneiras – 4 mm a 0,062 mm) e pipetagem para lama (<0,062 mm). Em 23 amostras foram realizadas a análise granulométrica, as exceções foram às amostras A2, A9 e A26.

O teor de carbonato de cálcio foi baseado na metodologia proposta por Lamas et al., (2005), a qual utiliza o calcímetro modificado de Bernard. Este quantifica o teor de CaCO₃ a partir da reação de 0,5 g de amostra com 2 ml de HCL a 10%. Os dados granulométricos e de carbonato de cálcio foram inseridos no software Sistema de Análise Granulométrico (SAG) para análises estatísticas.

O teor de matéria orgânica foi quantificado a partir da titulação por reagentes químicos, utilizando o método modificado de Walkley- Black. Este procedimento tem como princípio a oxidação da matéria orgânica com solução de dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico, utilizando como catalisador da oxirredução o calor desprendido na diluição do ácido sulfúrico e titulação com sulfato ferroso amoniacal. Em todas as 26 amostras foram

realizadas análise do teor de matéria orgânica e de carbonato de cálcio.

4. Resultados e discussões

4.1 Aspectos Sedimentares

A planície flúvio-marinha do rio Acaraú apresenta o predomínio das frações arenosas (49,13%) e lamosas (44,45), seguidos pela fração cascalho (6,42%), associados à ocorrência de quatro ambientes deposicionais: canal estuarino (50%); tidal flat (apicum/salgado – 23%), planícies lamosas com manguezal (19,2%) e bancos intermaré (7,8%) tabela 1. As maiores variações granulométricas de um ponto a outro ocorrem entre as frações arenosas e lamosas, sendo que o predomínio de uma destas é determinado principalmente pelo ambiente sedimentar associado. Nas planícies de manguezais o substrato lamoso predomina. Nas planícies do tipo tidal flat (apicum, salgado) e canal estuarino ocorrem uma nítida mescla de areia com lama, porém predominando o primeiro. Nos bancos intermaré o substrato arenoso predomina. As variações dos teores de cascalho não, necessariamente, se associam com maior presença de grãos de cascalho e seixos terrígenos e sim a presença de carapaças carbonáticas de moluscos estuarinos.

Cohen et al. (2005), em estudo nos manguezais de Bragança, no Maranhão, identificou que sedimentos areno-lamosos ocorrem nos ambientes supramaré e os lamosos são associados aos ambientes intermaré. Os arenosos ocorrem próximos ao litoral e em ambientes nunca inundados pela maré. No caso do rio Acaraú, a grande presença de areia pode ocorrer tanto nos ambientes intermaré como supramaré.

Os teores de carbonato de cálcio variaram entre 3% a 84%, com média de 21%, figura 2. Esta grande variação, em sedimentos estuarinos, se deve a contribuição principalmente de conchas de moluscos. Destaca-se que os maiores teores de CaCO₃ ocorrem apenas em 6 amostras (média de 56%) em um setor meandrante entre a cidade de Acaraú e um complexo de tanques de fazendas de camarão (carcinicultura). As outras 20, que ocorrem desde a foz até próximo da cidade de Cruz, apresentaram teores relativamente constantes (média de 10%).

Os teores de matéria orgânica variam de 0,13% a 6,51%, com média de 2,29%, figura 2. Os maiores teores (média de 6,2%) ocorrem próximos à foz do Acaraú e na ponte de Cruz e o restante dos pontos apresentaram teores relativamente baixos (1,6%). Miola et al., (2016a) observaram no estuário do rio Coreaú, que a granulometria, matéria orgânica e metais apresentam relação com ações antropogênicas, tais como, carcinicultura e efluentes urbanos. Sendo que, no Coreaú os valores de matéria orgânica apresentam padrão similar (1,8% a 5,3%) ao do Acaraú.

Tabela 1: Frações granulométricas e Argilominerais identificados na planície flúvio-marinha do rio Acaraú.

Amostras	Cascalho (%)	Areia (%)	Lama (%)	Esmectita (%)	Ilita (%)	Caulinita (%)	Seleção	Fácies	Ambiente Depositional
A-1	25,3	74,7	-	-	-	-	Pobrememente Seleccionada	Arenosa	Canal Estuarino
A-2	-	-	-	16,8	34,2	49	-	-	Planície Lamosa com Manguezal
A-3	3,7	96,3	-	-	-	-	Moderadamente Seleccionada	Arenosa	Canal Estuarino
A-4	0,03	21,3	78,6	21,6	34,5	43,2	Muito Pobrememente Seleccionada	Lamosa	Planície Lamosa com Manguezal
A-5	1,3	98,7	-	-	-	-	Bem Seleccionada	Arenosa	Canal Estuarino
A-6	0,1	38,3	61,6	29,1	31,6	39,2	Muito Pobrememente Seleccionada	Lamosa	Planície Lamosa com Manguezal
A-7	1,6	13,8	84,6	-	-	-	Pobrememente Seleccionada	Lamosa	Canal Estuarino
A-8	0,2	15,8	84	23,2	30,3	46,5	Pobrememente Seleccionada	Lamosa	Planície Lamosa com Manguezal
A-9	-	-	-	-	-	-	-	-	Canal Estuarino
A-10	-	-	100	-	-	-	Muito Bem Seleccionada	Lamosa	Planície Lamosa com Manguezal
A-11	20,9	40,2	38,9	-	-	-	Extremamente Mal Seleccionada	Areno Lamosa	Canal Estuarino
A-12	-	1,7	98,3	23	27,9	49,2	Muito Bem Seleccionada	Lamosa	Tidal Flat (Apicum/Salgado)
A-13	13,7	82,2	4,1	-	-	-	Pobrememente Seleccionada	Arenosa	Canal Estuarino
A-14	0,02	54,5	45,4	-	-	-	Muito Pobrememente Seleccionada	Areno-Lamosa	Tidal Flat (Apicum/Salgado)
A-15	22	78	-	-	-	-	Pobrememente Seleccionada	Arenosa	Canal Estuarino
A-16	5,1	54,1	40,8	21,8	33,6	44,6	Muito Pobrememente Seleccionada	Areno-Lamosa	Tidal Flat (Apicum/Salgado)
A-17	-	20,7	79,3	-	-	-	Muito Pobrememente Seleccionada	Lamosa	Canal Estuarino
A-18	-	95,3	4,7	-	-	-	Bem Seleccionada	Arenosa	Bancos Intermaré
A-19	0,02	16,5	83,4	28,9	28,3	42,8	Muito Pobrememente Seleccionada	Lamosa	Canal Estuarino
A-20	21	79	-	-	-	-	Pobrememente Seleccionada	Arenosa	Tidal Flat (Apicum/Salgado)
A-21	0,9	16,3	82,8	15,5	40,4	44,1	Muito Pobrememente Seleccionada	Lamosa	Canal Estuarino
A-22	30,8	65,1	4,1	-	-	-	Pobrememente Seleccionada	Arenosa	Tidal Flat (Apicum/Salgado)
A-23	-	12,9	87,1	-	-	-	Moderadamente Seleccionada	Lamosa	Canal Estuarino
A-24	2,5	97,5	-	-	-	-	Moderadamente Seleccionada	Arenosa	Bancos Intermaré
A-25	0,1	55,7	44,2	18,6	33,9	47,5	Muito Pobrememente Seleccionada	Areno-Lamosa	Canal Estuarino
A-26	-	-	-	34,8	17,9	47,3	-	-	Tidal Flat (Apicum/Salgado)

Analisando de maneira correlativa os teores de matéria orgânica, carbonato de cálcio e as frações granulométricas, foi identificada correlação negativa entre MO x areia, areia x lama e lama x cascalho, já em relação à correlação positiva foi verificada entre MO x lama (Tabela 2). Evidencia-se desta forma, que quanto mais fino o sedimento maior a tendência de acumular material orgânico. Uma correlação negativa pode ser esperada entre teores de matéria orgânica e carbonato

de cálcio, devido ser associados a ambientes distintos do ponto de vista principalmente físico-químico. Porém, esta pesquisa encontrou uma correlação positiva relativamente fraca entre ambos (p-value: 0,083). Este fato pode estar associado à grande presença de carapaças carbonáticas de moluscos. Da mesma forma, para o estuário do rio Pacoti e Pirangi (Ceará) foram encontradas baixas correlações positivas

entre matéria orgânica e carbonato de cálcio (Silva 2006).

Os argilominerais identificados na fração argila (<0,062 mm) a partir da difratometria de Raio-X são representados por três grupos: esmectita, ilita e caulinita. Sendo o argilomineral caulinita o mais abundante (46%), seguido pela ilita (31%) e esmectita (23%), tabela 1. A esmectita e ilita apresentaram os maiores desvio padrão. Em todas as amostras, a caulinita predomina, a ilita é o segundo mais abundante, porém em duas amostras a esmectita predomina – A19 e A26. Analisando a frequência dos argilominerais, identificam-se duas características importantes: a amostra A-2 coletada na foz apresenta rica influência marinha com baixa presença de

esmectita, porém na amostra A-26 associada ao fim da região estuarina evidencia-se a maior influência fluvial, destacando-se os maiores teores de esmectita.

Analisando os percentuais de argilominerais do estuário do Acaraú com os estuários do Coreául –caulinita (55-95%), esmectita (0-35%) e ilita (5-39%) (Miola 2013) e Marapanim – caulinita (70-71%), esmectita (22-25%) e ilita (4-5%) (Berrêdo et al. 2008), fica evidenciado que o Acaraú apresenta modernamente baixos teores de caulinita e teores consideráveis de esmectita, o que pode caracterizar este como um estuário que está em processo de evolução associada a transgressão marinha e/ou baixo aporte terrígeno.

Tabela 2: Correlação entre granulometria, MO e CaCO₃

	CaCO ₃	Matéria Orgânica	Areia	Lama	Cascalho
CaCO ₃	1				
Matéria Orgânica	0,38	1			
Areia	-0,47	-0,68	1		
Lama	0,47	0,71	-0,97	1	
Cascalho	-0,24	-0,48	0,39	-0,60	1

No estuário do rio Marapanim (Pará), Berrêdo et al. (2008) destacam que a assinatura mineralógica é típica dos sedimentos e solos associados ao Barreiras (quartzo, goethita, hematita, caulinita e ilita como principais). Como minerais neoformados presentes neste manguezal destaca a esmectita, feldspato potássico, pirita, halita, gipso e a jarosita.

Para o estuário do rio Coreául, Miola (2013) encontrou para a mesma assembleia mineralógica do Acaraú (esmectita, ilita e caulinita) uma uniformidade mineralógica, a qual reflete a presença de condições geoquímicas semelhantes pela planície flúvio-marinha. Desta forma, no estuário do Acaraú as mudanças na mineralogia dos argilominerais, principalmente entre ilita e esmectita, podem estar associadas a fatores de mudanças geoquímicas no solo e/ou influência marinha.

A origem para o mineral mais predominante (caulinita) é continental, pois de acordo com Corrêa et al. (2008), os tabuleiros costeiros são ricos em caulinita. Desta forma, os interflúvios tabulares do Grupo Barreiras podem ser importantes fontes de argilominerais e principalmente de caulinita para o estuário do Acaraú. Miola (2013) ressalta que a possível origem do argilomineral ilita é do embasamento cristalino pré-Cambriano. A origem da

esmectita pode se dar a partir da dissolução da caulinita, principalmente na presença de sílica biogênica (como diatomáceas), como ocorre na costa Norte do Brasil (Michalopoulos et al. 2000; Berrêdo et al. 2008). Porém, está gênese para a esmectita no Acaraú é pouco provável.

Miola et al. (2016b), em um estudo acerca da proveniência de sedimentos para o estuário do rio Acaraú, identificaram que os sedimentos marinhos adentram no rio e fazem parte dos processos sedimentares nas áreas de ocorrência de manguezais.

A partir destas características principais, foram elencadas três fácies sedimentares para a planície flúvio-marinha do Acaraú – fácies lamosa (43,5%), fácies arenosa (39,1%) e fácies areno-lamosa (17,4%). Foi verificado que o mal selecionamento granulométrico (70%) predomina em relação ao bom selecionamento (30%), tabela 1. Destaca-se que todas as amostras da fácies areno-lamosa são do tipo mal selecionadas. Portanto este estuário apresenta um caráter misto do ponto de vista granulométrico, principalmente entre areia e lama.

4.1.1 Fácies Lamosa

Este é o principal padrão sedimentar da planície flúvio-marinha do Acaraú, com destaque para a

amostra A-10 que possui 100% de lama, tabela 1. O teor de carbonato de cálcio variou de 7% a 84%, com média de 33%. Em relação aos teores de matéria orgânica, os valores variaram de 0,75% a 6,51%, com média de 2,91%, figura 2. Destaca que a relação matéria orgânica e sedimentos lamosos favorece a ocorrência mútua, porém não necessariamente em amostras com maior teor (%) de lama terão os maiores teores de matéria orgânica, o que consequentemente dependerá de fatores naturais (bióticos e transporte via meio aquoso) e antrópico. Os ambientes deposicionais associados à fácies lamosa são as planícies lamosas com manguezais, canal estuarino e tidal flat, respectivamente.

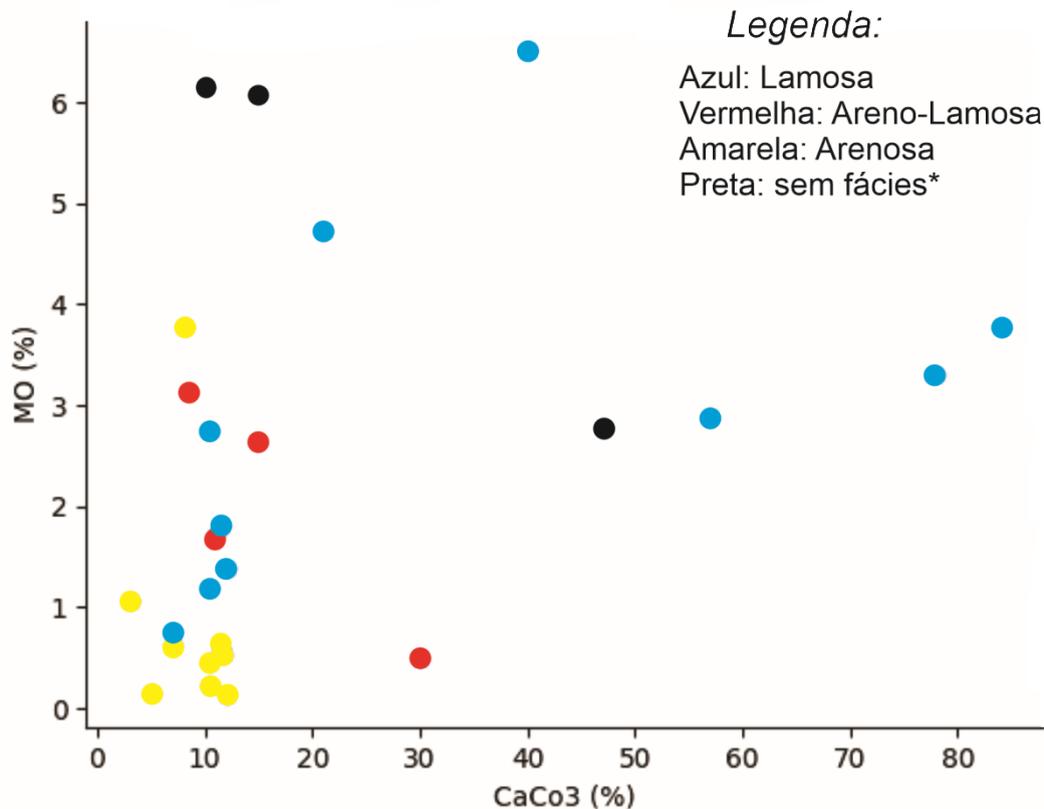


Figura 2: Gráfico de Dispersão referente aos conteúdos de Matéria Orgânica e Carbonato de Cálcio, distribuídos a partir das Fácies. * amostras que não apresentaram quantidade suficiente para a granulometria, sendo assim, não sendo enquadrada nas fácies, apenas o seu ambiente como visto na tabela 1.

4.1.2 Fácies Areno-Lamosa

Esta é a fácies sedimentar de menor abrangência espacial na planície flúvio-marinha, associada ao canal principal do rio Acaraú. Destaca-se a ocorrência predominante das frações areia (51%) e lama (42%), ressalta-se na amostra A-11 a grande ocorrência de cascalho (21%), sendo representada principalmente por conchas de moluscos, tabela 1. O teor de CaCO_3 apresenta média de 16%, podendo alcançar 30%. Já os teores de matéria orgânica possuem média de 1,99%, figura 2. Os ambientes deposicionais sedimentares associados à fácies areno-lamosa são os tidal flats e canal estuarino.

Miola (2017), analisando a proveniência sedimentar dos argilominerais no estuário do rio Acaraú foi verificado grande influência marinha, o que demonstra um baixo aporte terrígeno.

Souza Filho et al. (2006) sugerem para a costa de manguezais da Amazônia, que as fácies lamosas de manguezais e planícies lamosas são interpretadas como indicadores de progradação sedimentar durante o Holoceno Superior.

Silva (2006) em estudo nos bancos areno-lamosos dos estuários do Pirangi e Pacoti, identificou que os bancos do Pirangi são mais lamosos (37%) e os do Pacoti são mais arenosos (80%). O padrão areno-lamoso do Acaraú se apresenta mais mesclado e com abundância das duas frações.

Os vetores marinhos e fluviais são os principais influenciadores na proveniência dos sedimentos desta fácies na planície flúvio-marinha do Acaraú.

4.1.3 Fácies Arenosa

Esta é a segunda mais importante fácies sedimentar da planície flúvio-marinha do Acaraú. Destaca-se a ocorrência principal das frações areia (85%) e cascalho

(14%), tabela 1. Esta presença de cascalho se deve a presença de material terrígeno (quartzo) e conchas, o que demonstra um ambiente sedimentar que possui ou apresentou maior energia deposicional – maré e/ou fluvial. Apresentou a menor média do teor de CaCO_3 – 8% e de matéria orgânica – 0,44%, figura 2. Este fato se deve a um ambiente de maior dinâmica e rico em sedimentos quartzosos. Os ambientes sedimentares associados à fácies arenosa principalmente são os canais estuarinos, seguidos dos bancos e tidal flats.

Morais et al. (2006) destacam que processos aerodinâmicos (formação de dunas e setores de bypass) e hidrodinâmica costeira (onda, correntes e maré) são os responsáveis pela distribuição sedimentar para a costa cearense. Sendo que os depósitos arenosos são comuns nas faixas de praia, barreiras costeiras e em terraços fluviais.

Ximenes Neto et al. (2018) analisando os sistemas deposicionais lagunares a Leste da foz do rio Acaraú evidenciou a grande contribuição de sedimentação carbonática (marinha). Os principais bioclastos mesclados aos sedimentos siliciclásticos são as algas calcárias, moluscos e foraminíferos.

Desta forma, evidencia-se que esta fácies é influenciada além do vetor fluvial, pelo marinho e eólico acerca da proveniência sedimentar.

5. Conclusões

A planície flúvio-marinha associada ao rio Acaraú possui três padrões sedimentológicos principais: fácies lamosa, fácies areno-lamosa e fácies arenosa. Estas representam os seguintes ambientes deposicionais: canal estuarino; tidal flat (apicum/salgado), planícies lamosas com manguezal e bancos intermaré. Estes padrões sedimentares são principalmente influenciados pela interação dos agentes hidrodinâmicos e a ação antrópica. O primeiro apresenta o fator maré e a baixa vazão fluvial como principais agentes e o segundo possui diversas ações como a carcinicultura, lançamentos de efluentes, além de ocupações em setores de elevada vulnerabilidade ambiental.

A proveniência sedimentar para o estuário do Acaraú ocorre via três vetores principais: eólico, marinho e fluvial. Sendo que modernamente (clima semiárido e barramentos) os dois primeiros são responsáveis principalmente pela distribuição de sedimentos quartzosos e alteração de argilominerais, já o último é responsável principalmente pela carga de sedimentos em suspensão, associados às frações lamosas.

Agradecimentos

Ao CNPq pelas bolsas de produtividade (Morais, J.O; Irion, G.F; Pinheiro, L.S), a Funcap pela bolsa de Doutorado (Miola, B) e a CAPES pelas bolsas de doutorado e professor visitante (Ximenes Neto, A.R; Brindeiro, F.O.S; Pinheiro, L.S – Código: 001). Aos Projetos PRONEX (Funcap/CNPq) “Geodiversidades,

Interações e Impactos Socioambientais no Sistema Praia-Plataforma da Costa Oeste do Ceará” e “Ciências do Mar” (Capes) pelo suporte dos campos e análises laboratoriais. Também gostaríamos de agradecer a Friederike Bungenstock (Lower Saxony Institute for Historical Coastal Research) pelo auxílio nas análises de campo e em laboratório.

Referências

- BERRÊDO J. F., COSTA, M. L., VILHENA, M. P. S. P., SANTOS, J. T. 2008. Mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais da costa amazônica: o exemplo do estuário do rio Marapanim (Pará). *Revista Brasileira de Geociências* 38(1): 24-35.
- COHEN M. C. L., BEHLING, H., LARA, R. J. 2005. Amazonian mangrove dynamics during the last millennium: The relative sea-level and the Little Ice Age. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 136: 93– 108.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. Mapa de Geologia do Estado do Ceará, Fortaleza, CPRM, 2003.
- CORRÊA M. M., KER, J. C., BARRÓN, V., TORRENT, J., FONTES, M.P. F., CURI, N. 2008. Propriedades cristalográficas de caulinitas de solos do ambiente Tabuleiros Costeiros, Amazônia e Recôncavo Baiano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 32: 1857-1872.
- DIAS J. A. 2004. A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinheiros – Uma Introdução à Oceanografia Geológica. Universidade do Algarve, 91p.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. Perfil Básico Municipal 2009 de Acaraú. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Acaraú_2009.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.
- LAMAS F., IRIGARAY, C., OTEO, C., CHACON, J. 2005. Selection of the most appropriate method to determine the carbonate content for engineering purposes with particular regard to marls. *Eng. Geol.* 81: 32–41.
- MAIA L.P., FREIRE, G. S. S., MORAIS, J. O., RODRIGUES, A. C. B., PESSOA, P. R. S., MAGALHÃES, S. H. O. 2001. Dynamics of coastal dunes at Ceará state, northeastern Brazil: dimensions and migration rate. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, 34: 11–22.
- MEDEIROS, D.H.M. 2020. Influência da Salinidade na heterogeneidade de paisagens estuarinas do domínio morfoclimático do semiárido brasileiro. Tese de Doutorado no Programa de pós-graduação em ciências marinhas tropicais, Instituto de Ciências do Mar, UFC.237f.
- MICHALOPOULOS P., ALLER, R. C., REEDER, R. J. 2000. Conversion of diatoms to clays during early diagenesis in tropical, continental shelf muds. *Geology*. 28 (12):1095- 1098.
- MIOLA B. 2013. Caracterização geoquímica e mineralógica dos sedimentos do manguezal do estuário do Rio Coreaú, Ceará, Brasil. Dissertação de mestrado no Programa de pós-graduação em ciências marinhas tropicais, Instituto de Ciências do Mar, UFC.101p.
- MIOLA B. 2017. Proveniência de sedimentos para os ecossistemas estuarinos do litoral oeste do Ceará. Tese de Doutorado no Programa de pós-graduação em ciências marinhas tropicais, Instituto de Ciências do Mar, UFC.166f.
- MIOLA B., MORAIS, J. O., PINHEIRO, L. S (A). 2016a. Trace metal concentrations in tropical mangrove sediments, NE Brazil. *Marine Pollution Bulletin*.102:206–209.
- MIOLA B., MORAIS, J. O., PINHEIRO, L. S., IRION, G., BUNGENSTOCK, F (B). 2016b. Clay mineral evolution in the Acaraú estuary, NE of Brazil: implications for sediment provenance sand paleoenvironmental changes. In: 47ª Reunião do Programa de Geologia e Geofísica Marinha – PGGM, Natal/RN. Workshop de Geologia e Geofísica Marinha.1p.
- MORAIS J. O., FREIRE, G. S. S., PINHEIRO, L. S., SOUZA, M. J. N., CARVALHO, A. M., PESSOA, P. R. S.2006. Ceará. In: MUEHE, D (ed). *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. MMA, Brasília,132–154p.

- PESSOA P. R. S. 2015. Análise integrada da evolução da paisagem no estuário do Rio Acaraú. Tese de Doutorado em Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia, UECE, 135p.
- PINHEIRO L. S., MORAIS, J. O., MAIA, L. P. 2016. The Beaches of Ceará. In: SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. Brazilian Beach Systems. Springer, 74p.
- SILVA A. F. 2006. Caracterização da macrofauna bentônica de bancos arenos lamosos dos estuários dos rios Pacoti e Pirangi - Ceará, Brasil. Dissertação de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais – Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar/UFC, 86p.
- SOUZA FILHO P.W.M., COHEN, M.C.L., LARA, R.J., LESSA, G.C., KOCH, B., BEHLING, H. 2006. Holocene Coastal Evolution and Facies Model of the Bragança Macrotidal Flat on the Amazon Mangrove Coast, Northern Brazil. Journal of Coastal Research, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), Itajaí, SC, Brazil, 306 – 310p.
- SUGUIO K. 1973. Introdução à sedimentologia. Edgard Blucher. EDUSP, 317p.
- THIERS P. R. L., MEIRELES, A. J. A., SANTOS, J. O. 2016. Manguezais na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades. Imprensa universitária UFC, 126p.
- XIMENES NETO A.R., MORAIS, J.O., PESSOA, P.R.S., PINHEIRO, L.S. 2018. Interação Sedimentar Plataforma Interna-Costa em um Sistema Depositional Misto Carbonático-Siliciclástico, Costa Oeste do Ceará. I Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha; 49º Reunião anual do Programa de Geologia e Geofísica Marinha, Rio de Janeiro. 1p.

¹Recebido 09 de setembro de 2021
Aceito 19 de julho de 2023