



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Análise das áreas de ocorrência e características morfológicas de sedimentos Pós-Barreiras na região sul da Bahia

Cristiano Marcelo Pereira de Souza¹ Liovando Marciano da Costa² Ronaldo Lima Gomes³ Ana Maria Souza dos Santos Moreau³

¹Estudante de doutorado do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa – UFV. Autor correspondente: E-mail: cristiano.souza@ufv.br. ²Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – UFV. E-mail liovandomc@yahoo.br; ³Professores do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais – Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC. E-mail – rlgomes@uesc.br; amoreau@uesc.br.

Artigo recebido em 31/07/2016 e aceito em 27/08/2016

RESUMO

Estudos na região costeira do Brasil têm identificado a presença de depósitos Quaternários sotopostos de forma discordante aos sedimentos da Formação Barreiras e são denominados como Pós-Barreiras, pouco se conhece sobre a origem e mecanismos de transporte destes sedimentos. O objetivo deste trabalho é analisar os locais de ocorrência dos sedimentos Pós-Barreiras, associado identificação dos padrões granulométricos e morfológicos do material sedimentar, como forma de criar bases para identificação da forma e mecanismos de transporte e deposição. Foram demarcados pontos das áreas dos sedimentos e realizou cruzamento com dados geomorfométricos advindos de imagem SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), com uso do software de geoprocessamento; a morfologia dos grãos de areia foi analisada com uso de microscópio ótico em amostras previamente tratadas, livre de argila e materiais orgânicos; e análise mineralógica com difração de raio X foram aplicados em algumas amostras. Observou-se que sedimentos Pós-Barreiras estão localizados em áreas elevadas, em declividades suaves, associados a relevo convexos com faces voltados para leste. A morfologia dos grãos evidenciou que os sedimentos Pós-Barreiras apresentaram baixo grau de arredondamento, o que pode se configurar evidência de transporte em meio aquoso. Todavia, a presença de sedimentos Pós-Barreiras é registrada ao máximo de 5 km após a linha de costa, e os grãos transportados pelo vento possam não assumir características completas de grãos transportados por processos eólicos. Embora estudos aprofundados ainda são necessários, os sedimentos Pós-Barreiras podem registrar mais de um episódio de deposição, marinho e/ou eólico e devido a cota altimétrica de localização atual pode se configurar evidência de processos neotectônicos.

Palavras-chave: Dados geomorfométricos, geoprocessamento, morfologia de areia, sedimentos do Quaternário.

Analysis of the occurrence sites and morphological characteristics of sediments Post-Barreiras in Southern of Bahia

ABSTRACT

Researches in the coastal region of Brazil have identified the presence of Quaternary deposits covering sediments Barreiras Formation and are referred to as Post-Barreiras, little is known about the origin and transport mechanisms of these sediments. The objective of this study is to analyze the occurrence sites of sediment Post-Barreiras associated with the identification of granulometric patterns and morphological analysis of sediments. GPS points were collected from areas of sediments and crossed with geomorphometric data, extracted from image SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) with use of geoprocessing software; the morphology of the sand grains was analyzed by optical microscope, in previously treated samples free of clay and organic materials; and X ray diffractometry of the clay+silt and sand fraction were performed. It was observed that Post-Barreiras sediments are located in elevated areas in mild slopes, associated with convex hillsides with faces of the hills facing east. The morphology of the grains showed that the post-Barreiras sediments presented a low degree of rounding, which it might be configured evidence of transport in an aqueous environment. However, presence of Post-Barreiras sediments is registered to a maximum of 5 km after coastline and grains carried by wind might not have assumed complete characteristics of grain transported by aeolian processes. Although further studies are needed, Post-Barreiras sediments can register more than one episode of deposition, marine and/or aeolian and due altitude of current locations can be configured evidence of neotectonic processes.

Keywords: geomorphometric data, geoprocessing, sand morphology, Quaternary sediments.

Introdução

A formação Barreiras é unidade geológica que ocorre ao longo da costa brasileira desde do Estado Rio de Janeiro até o Amapá, cuja a origem dos depósitos foi interpretada como continental e formam por vezes unidade geomorfológica denominada tabuleiros costeiros (Bigarella, 1975; BIGARELLA e Andrade, 1964; BRANNER, 1902)

Embora a origem da Formação Barreiras se relacione majoritariamente a sedimentos de origem continental, pesquisas recentes têm identificado evidências de influência marinha e o sistema deposicional, em algumas regiões deve ter ocorrido por meio de um ambiente de transição continental e marinho com sistemas fluviais entrelaçados (Arai, 2006; Gandini et al., 2014; Rossetti et al., 2013; Rossetti et al., 2011a; Sanabria et al., 2015).

Relacionado ainda a sedimentos da Formação Barreiras, em determinadas regiões verifica-se a presença de depósitos discordantes na porção superior dos depósitos e denominado genericamente como Pós-Barreiras (Rossetti et al., 2001; Rossetti et al., 1989; Tatumi et al., 2008).

Acreditava-se que a origem do material discordante Pós-Barreiras, era ligada ao intemperismo dos depósitos da Formação Barreiras (Mabessone et al., 1972). No entanto datações com técnica de Luminescência Óptica Estimulada (LOE) definiram que a deposição ocorreu do Pleistoceno tardio ao Holoceno (Gandini et al., 2014; Souza, 2014; Tatumi et al., 2008).

Resultados de estudos recentes revelam que os sedimentos Pós-Barreiras podem ser mal classificados, com elevado grau de biopertubação e apresentar icnofósseis marinhos. Tais aspectos indicam ação ou pelo menos influência marinha nos depósitos (Gandini et al., 2014; Rossetti et al., 2011a; Rossetti et al., 2011b).

Apesar da deposição ser relacionada a partir do final do Pleistoceno, o processo de deposição não deve ser aplicado a um evento comum em todas as áreas de ocorrência. Há diferenças quanto a característica dos sedimentos que se configuram por vezes arenosos e/ou areno-argilosos (Rossetti et al., 1989; Souza, 2016; Tatumi et al., 2008) e diferenças na posição da paisagem quanto a declive, altitude e formas de relevo. Além disso, sua posição altitudinal pode ser reflexo de atividades neotectônicas como sugere Gandini et al. (2014).

Nesse contexto, como passo inicial é necessário compreender as formas de depósitos e sua configuração na paisagem. Além disso, as análises morfológicas dos grãos e fracionamento

granulométrico também podem indicar as condições de depósitos e de transporte, se configurando um método eficiente para interpretar ambientes de sedimentação (Camargo, 2006; Folk e Ward, 1957; Friedman, 1961).

O objetivo deste estudo é analisar as áreas de ocorrência dos sedimentos Pós-Barreiras no Sul da Bahia entre a região litorânea do município de Ilhéus-BA, bem como analisar padrões granulométricos, morfológicos e mineralógicos dos sedimentos.

Área de estudo e Configuração regional

A área de estudo compreende a porção a área Sul da Bahia, representada pela região litorânea do município de Ilhéus. A Área situa-se entre as coordenadas -14° 41' a -15° 11' de latitude sul e de -39° 55' a -38° 99' de longitude W.Gr e apresenta nove domínios geomorfológicos (Figura 1). A região encontra-se sob domínio de vegetação Mata Atlântica arbórea, com precipitação variando de 1900 a 2200 mm anuais no litoral.

O relevo da região (Figura 2) é caracterizado por superfícies de colinas do substrato cristalino com configuração de mar de morro. São formadas por rochas do embasamento cristalino do complexo Suíte Intrusiva-Itabuna sienito com litologia que variam de Gabro, Norito, Cancrinita sienito de idade Proterozóica Inferior à Arqueana (Arcanjo; Barbosa & Oliveira, 1992).

Ao norte da área de estudo verifica-se a presença de unidades denominadas patamares colinosos, que são formas de relevo que circundam a bacia sedimentar do Almada (*graben*) e se configuram como escarpas estruturais (*horst*) (Figura 1A). Os patamares são rochas do complexo São José com litologia do tipo básica metamorfizada do Paleoproterozóico, de composição cálcio-alcalina.

A unidade de tabuleiros costeiros ocorre na área sul do município (abaixo do paralelo 14° 50'). São sedimentos da Formação Barreiras recobrem o embasamento cristalino ao longo do litoral e apresentam faixas de material argilo-arenosos ou arenosos (Amorim et al., 2010; Sanabria et al., 2015).

Os tabuleiros costeiros da região, estruturalmente não formam relevo totalmente aplainado e seguem o modelado das camadas de rochas cristalinas subjacentes e se assemelham as formas de mar de morro (Figura 1B), esta característica deve-se também a evolução do modelado em tabuleiros costeiros que adquirem formato colinosos ao longo do tempo em regiões clima Tropical Úmido. Os Tabuleiros estão

divididos em categorias de pouco dissecados e dissecados, ambos não apresentam contato com o mar e se configuram como paleofalésias, que por sua vez são registros de alterações do nível do mar durante o Quaternário. O que se observa é a formação de uma planície costeira formada na parte frontal dos tabuleiros.

Na área Norte não há presença de tabuleiros costeiros, ocorre apenas manchas espaçadas de material da Formação Barreiras sobre a unidade geomorfológica patamar colinoso. Os depósitos são interrompidos justamente na região de sedimentação mesozoica em bacia tipo *rift* (bacia sedimentar Almada) (Pereira, 2001).

A bacia sedimentar Almada consiste em uma área rebaixada e com presença de sedimentos de diversas idades e filiações. A bacia apresenta uma estrutura romboédrica com presença de uma extensa lagoa (lagoa Encantada) e a configuração da bacia se associa direto ou indiretamente a orógenos do paleoproterozóico e neoproterozóico, de zonas de cisalhamento neoproterozóicas e de rupturas de supercontinente no Mesozóico (Corrêa-Gomes et al., 2007).

Os depósitos da bacia mais antigos são os sedimentos conglomeráticos da formação

Formação Sergi (cretáceo) e Urucutuca (cretáceo superior). Os depósitos mais recentes são sedimentos fluvio-marinhos do Pleistoceno e Holoceno e estão relacionados aos últimos eventos de transgressão marinha (Martin & Suguio, 1992; Martin; Suguio & Flexor, 1993).

Estudos de Pereira (2001) na região da bacia sedimentar do Almada apresentam possíveis evidências de processos neotectônicos relacionado a reativação de antigas falhas presentes na bacia como: mudança de canais de drenagem; falhas presentes em horizontes espódicos e presença de sedimentos da Formação Barreiras e Pós-Barreiras em áreas elevadas (140 m).

Outros domínios geomorfológicos são encontrados na área de estudo, como planície sedimentar argilo-arenosa formadas principalmente no Holoceno; vales fluviais rasos que são área de rochas cristalina formados nas áreas de rios com maior leito e área intramontana; e planície intertidal que são áreas de acumulação de sedimentos típicos de mangue.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

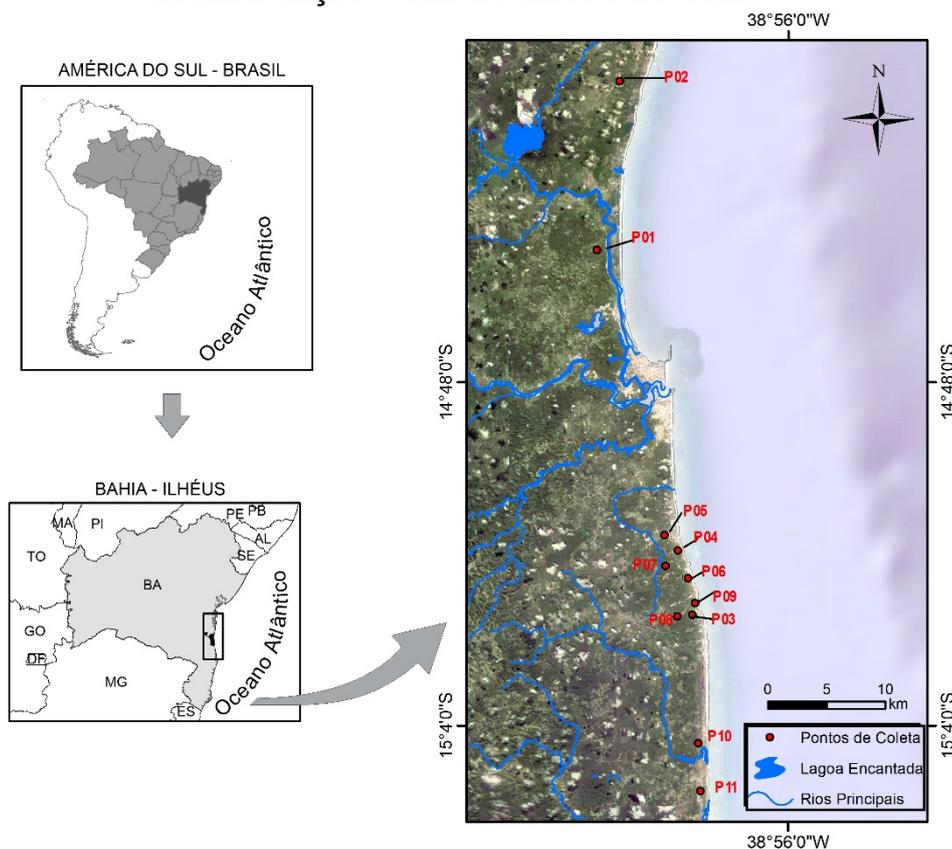


Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo, com pontos de coleta dos sedimentos Pós-Barreiras.

MAPA GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

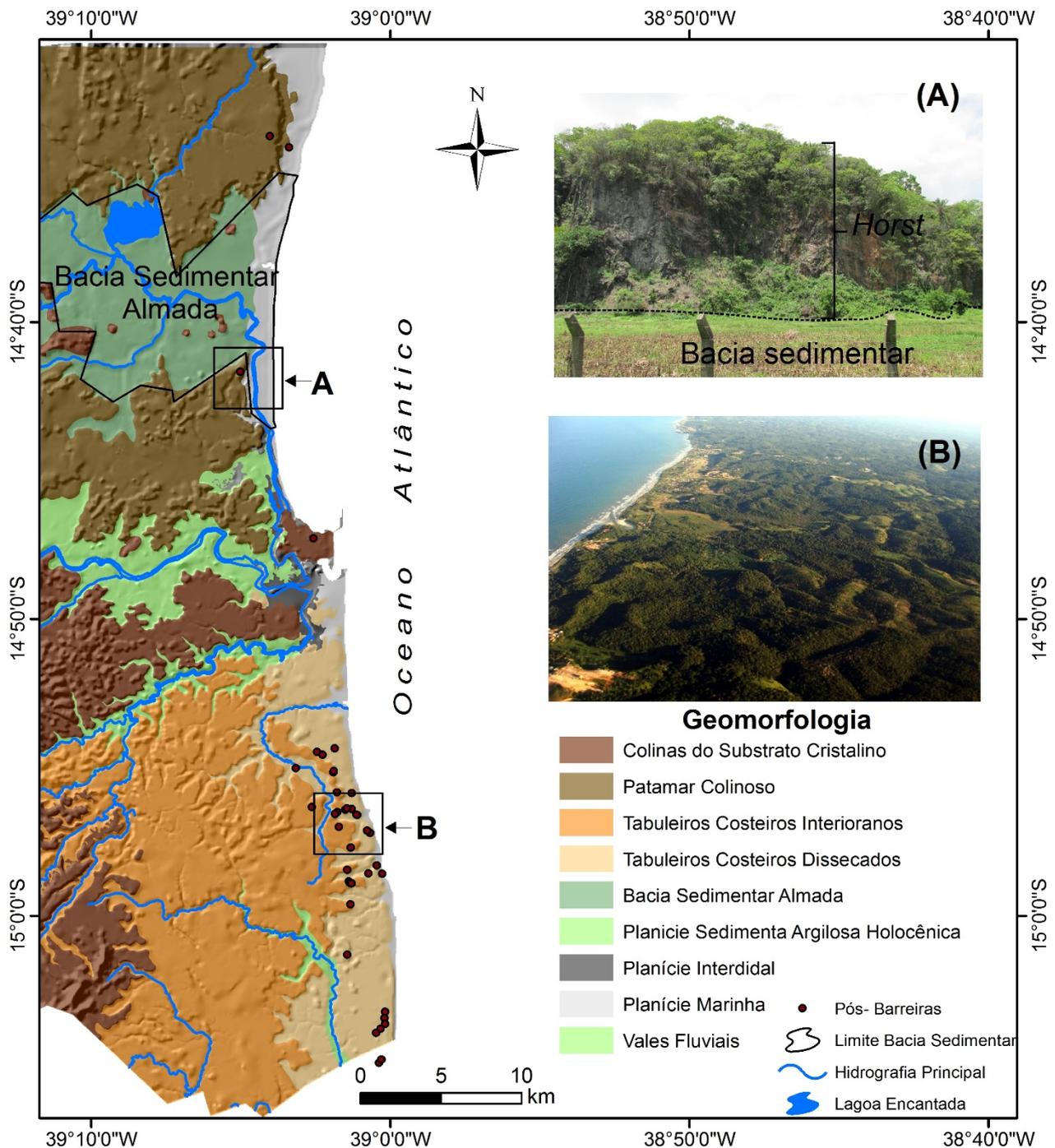


Figura 2 – Mapa de geomorfológico da área de estudo sobreposto a modelo digital de elevação e com indicação da localização da área de estudo. (A) - Escarpa da área da bacia sedimentar do Almada. (B) – configuração dos tabuleiros costeiros na região.

Material e métodos

Trabalho de campo e geoprocessamento

Foram realizados trabalhos de campo com objetivo de analisar/reconhecer a paisagem da região. Em campo foram observadas as formas de

relevo relacionadas aos sedimentos, e realizado registro fotográfico dos sedimentos.

Nas áreas de ocorrência de sedimentos Pós-Barreiras foram demarcados pontos georeferenciados com uso de GPS (*Global Positioning System*), ao total de 60 demarcações ao

longo do litoral. Em alguns destes locais foram coletadas amostras dos sedimentos para análise totalizando 11 amostras.

Em laboratório, utilizou-se sistema de informação Geográfica (SIG) para observar variáveis geomorfológicas relacionadas a ocorrência dos sedimentos. Foram utilizadas imagens do modelo digital de elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 3 arc segundos (≈ 90 m), que foram adquiridas diretamente do endereço da USGS (*United States Geological Survey*). As imagens para área de estudo foram submetidas a tratamento para eliminação de valores nulos e aplicadas técnicas de preenchimento com base nos valores de vizinhança e posteriormente interpolada para 30 m, com uso da ferramenta *Topo to Raster* do software ArcGis 10.3[®].

O método de interpolação *topo raster* é baseado na aplicação do algoritmo estabelecido por Hutchinson (1989). No processo foram considerados pontos com cotas altimétricas obtidos da conversão do arquivo raster da SRTM para formato vetorial, curvas de nível de 30 m e drenagem com fluxo de direção corrigida (SEI, 2011). O procedimento visa correção e refinamento e gera um modelo digital de elevação hidrológicamente consistente (MDEHC) (Cardoso et al., 2006; Ribeiro et al., 2005).

A partir do MDEHC foram extraídos dados de hipsometria, declividade, face de exposição de vertente e curvatura. Posteriormente foi realizado o cruzamento com pontos georreferenciados da localização dos sedimentos Pós-Barreiras com os dados geomorfológicos afim de obter as informações do relevo para cada área.

Tratamentos e análise de amostras

Nas amostras, realizou-se o fracionamento granulométrico, na qual a argila e silte foram dispersadas utilizando 50 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹ e 150 mL de água deionizada em 50 g de amostra, com descanso de 6 horas e agitação mecânica por 16 horas a 50 RPM (Agitador tipo Wagner MA160), tal procedimento baseou-se no princípio de dispersão de agregados de solos estabelecido por Ruiz (2005) e Mauri et al. (2011). Posteriormente a matéria orgânica residual foi removida com uso de solução H₂O₂ a 10 % aquecida a 60° C.

Foram extraídas fotografias das amostras, obtidas com uso de microscópio ótico ZEISS, modelo AXIOLAB POL, que foram registradas para fração areia média. Contou-se ainda com análise visual dos grãos comparando com a carta de Krumbein (1941) e análise morfológica a partir

das imagens utilizando o software UTHSCSA *Image Tool* (Wilcox et al., 2002).

Além da análise visual, calculou-se os fatores de arredondamento para cada grão presente nas imagens, essa medida dependente da rugosidade da superfície externa do grão (perímetro) e fornece o resultado entre 0 e 1, sendo que quanto maior o valor, mais arredondado é o grão (Tabela 1). O fator é dado pela fórmula:

$$Ard = (4\pi ar)/Pm^2$$

Onde: Ard – grau de arredondamento, ar – área do grão (corresponde ao número de pixels identificado na imagem) e Pm – Perímetro, que consiste no comprimento do limite exterior do grão.

Tabela 1 - Fatores estatísticos de análise de arredondamento dos grãos (Powers, 1953).

Índice de arredondamento	Grau de arredondamento
Muito angular	0,14
Angular	0,21
Sub-angular	0,30
Sub-rolado	0,41
Rolado	0,59
Bem rolado	0,84

Foram realizadas análises mineralógicas por método de difração de Raios X. Para leituras das amostras foi utilizado o aparelho PANalytical X'Pert Pro com tubo de CoK α , operado entre os ângulos de varredura 4 e 50 ° 2 θ . Por se tratar de sedimentos com elevada quantidade de areia, as frações analisadas foram argila+silte de forma conjunta, e areia. Previamente foi realizado tratamento para remoção de matéria orgânica com solução de NaClO a 10 % em temperatura de 75 a 80° por 15 min. A fração areia foi extraída por peneiramento em malha de 0,025 mm e considerou-se as frações silte+argila o material que passou pela mala citada.

Resultados

Os sedimentos Pós- Barreiras estão distribuídos ao longo do litoral de Ilhéus. Estando presentes na área Sul que se estende abaixo da Latitude -14° 50' no sentido sul e no setor norte posterior a área urbana, em latitudes inferiores a -14° 50' (vide Figura 1 e 2).

Na porção sul, os sedimentos Pós-Barreiras estão sobrepostos aos tabuleiros costeiros (tabuleiros dissecados), essas formas do relevo apresentam-se distribuídos ao longo do litoral sul. A Figura 3 apresenta o padrão de distribuição de

sedimentos Pós-Barreiras por meio de um bloco diagrama, onde é possível observar que os sedimentos ocorrem ao máximo de 5 km distante da linha de costa.

Os sedimentos na região formam um grande pacote sedimentar e não apresenta grandes diversificações nos estratos, há apenas

ocasionalmente indicação de estratificação cruzada no pacote (Figura 2B).

Na área norte estão situados nos blocos elevados da unidade geomorfológica patamares colinosos (*horst*) e separados pela bacia sedimentar do Almada (*Graben*) (Figura 4). São os locais de ocorrência de Pós-Barreiras com maior altitude.

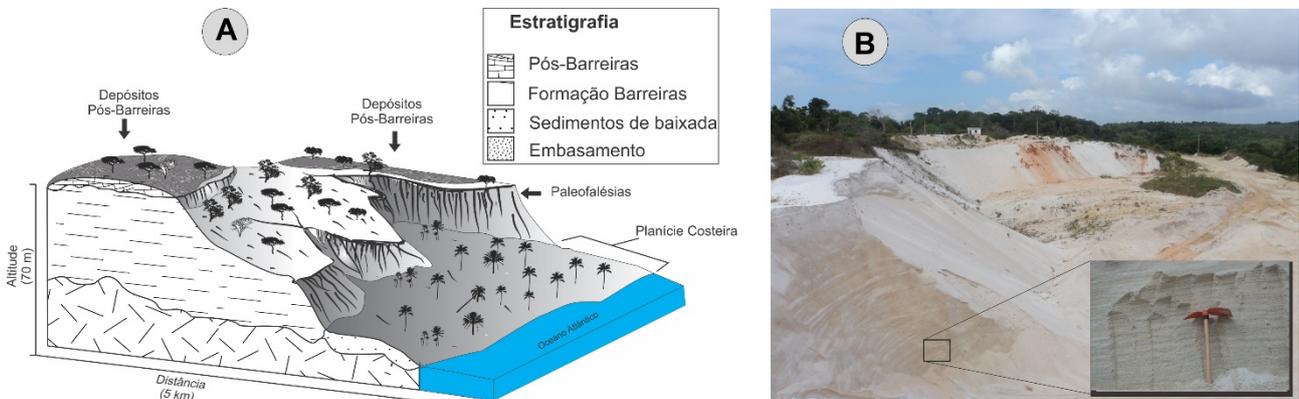


Figura 3 – (A) - Bloco diagrama das formas de relevo das áreas de ocorrência dos sedimentos Pós-Barreiras no contexto dos tabuleiros costeiros, indicando a presença de paleofalésias e depósitos quaternário no sopé dos tabuleiros. (B) – Depósito de sedimentos Pós-Barreiras em área elevada (55 m), com destaque para característica estratificada dos depósitos.

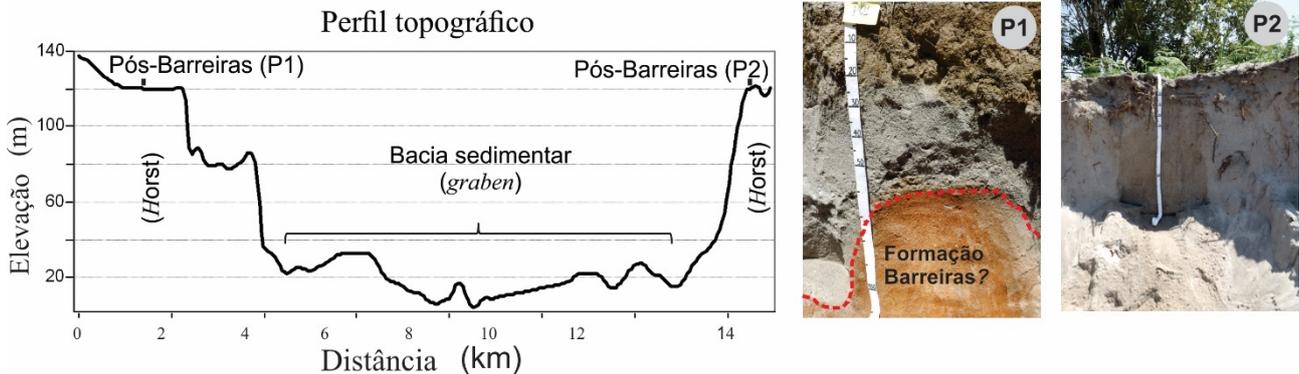


Figura 4 – Perfil topográfico da localização dos sedimentos Pós-Barreiras na região de norte de Ilhéus entre a bacia sedimentar Almada (Figura da direita). Figuras: P1- contato entre sedimentos Pós-Barreiras e camada discordante (Barreiras?) na área do relevo patamar colinoso. P2 – sedimentos Pós-Barreiras, padrão arenoso.

De maneira geral, os sedimentos Pós-Barreiras encontram-se atualmente na posição mais estável da paisagem dos tabuleiros costeiros e na porção superior dos patamares colinosos. As variáveis geomorfométricas representadas na Tabela 2 e no conjunto de gráficos da Figura 5, demonstra que as declividades dos pontos analisados tendem a se concentrar entre 2 a 10 %, com média de declive registrada de 5 %. O primeiro quartil demonstra que 25 % das declividades mais baixas registradas é de 2 % enquanto que a declividade registrada no terceiro quartil é de 9,21 %.

As altitudes das áreas de ocorrência dos sedimentos Pós-Barreiras variaram entre 19 a 138

m, sendo que a maioria dos pontos situam na altitude de 39 a 82 m. A média altitudinal registrada para todos pontos foi 69 m.

Os depósitos também estão relacionados as formas planos convexos do relevo, que estão associados aos topos superiores (linha cumeada) que são os locais de maior frequência dos sedimentos Pós-Barreiras. Quanto à face de exposição de vertente, observa-se que a média de face de exposição foi de 135°. Os valores de mediana e 3 quartil demonstra que os dados concentram na faixa de 123° e 163°, faixas estas que correspondem ou se aproximam da face de relevo direcionadas para leste.

Tabela 2 – Dados descritivos das variáveis geomorfométricas das áreas de localização dos sedimentos Pós-Barreiras.

Estatística	Declividade	Altitude	Aspecto*	Curvatura**
No. de observações	60,00	60,00	60,00	60,00
Mínimo	0,13	19,92	15,60	1,00
Máximo	15,42	138,12	347,07	2,00
Freq. do mínimo	1,00	1,00	3,00	19,00
Freq. do máximo	2,00	5,00	1,00	41,00
1° Quartil	2,21	39,53	94,99	1,00
Mediana	3,88	75,20	123,74	2,00
3° Quartil	9,21	82,31	163,32	2,00
Média	5,22	69,44	135,60	1,68
Variância (n-1)	17,10	1106,62	6686,48	0,22
Desvio-padrão (n-1)	4,14	33,27	81,77	0,47
Assimetria (Pearson)	0,85	0,58	0,72	-0,79

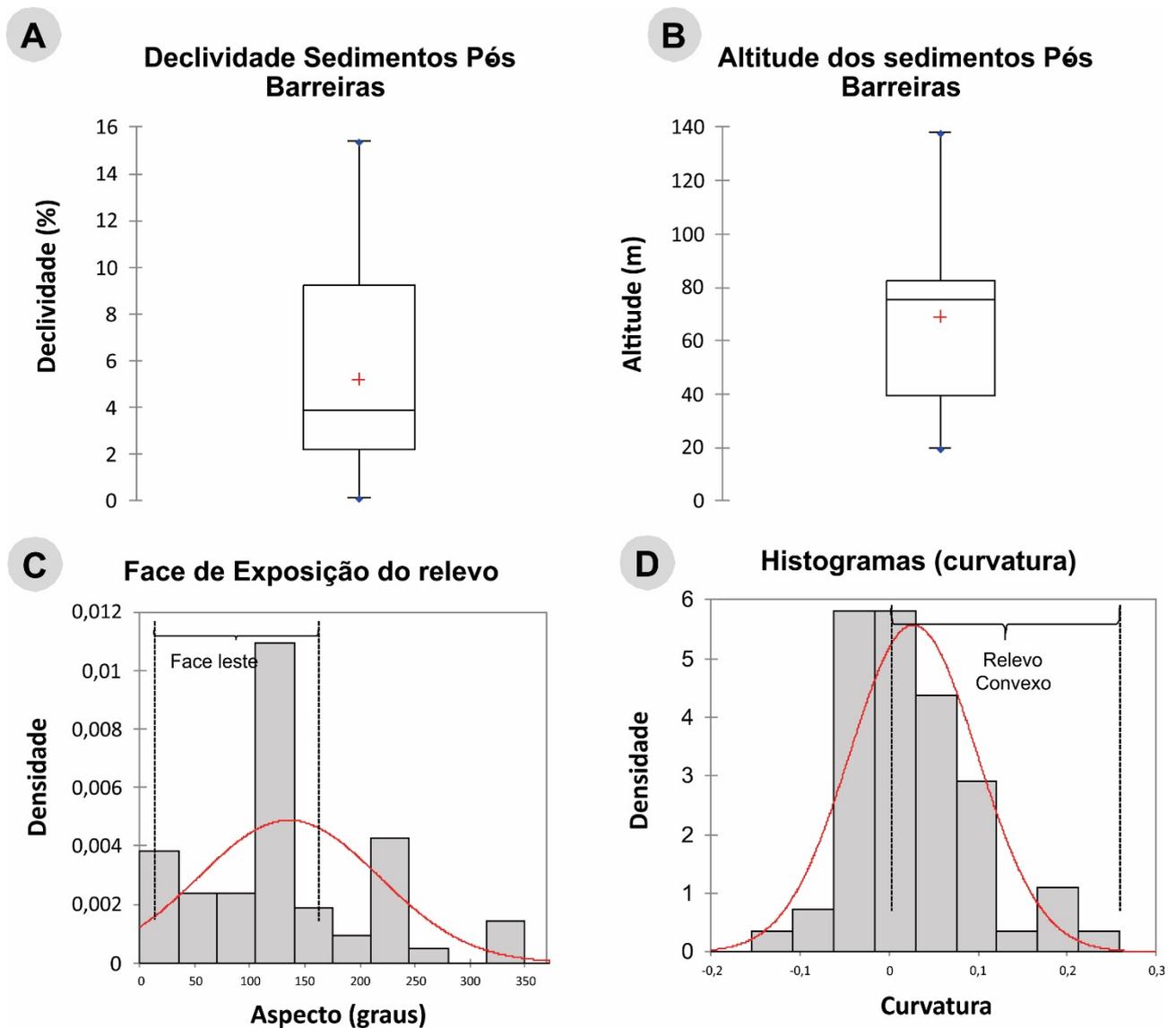


Figura 5- Conjunto de Box-plot de variáveis geomorfométricas das áreas de ocorrência de sedimentos Pós-Barreiras. A – Declividade, B- Altitude, C- Face de exposição do relevo (aspecto), D – Histograma.

O fracionamento granulométrico demonstrou que Pós-Barreiras na região são essencialmente arenosos, com teor de areia que chega até 98 dag kg⁻¹, a classificação média dos grãos é de areia média à areia fina e foi observado a presença de sedimentos grosseiros em pontos de coleta situados em altitude (P1 A P3) (Figura 6).

A morfologia dos grãos indicou baixo grau de arredondamento. A partir de imagens obtidas por microscópio óptico, os grãos foram classificados por meio da escala definida por Powers (1953), que estabelece classes de arredondamento dos grãos. Comparativamente, as

amostras em análises se enquadraram na escala de arredondamento de angular e sub- angular (Figura 7).

Além da análise comparativa visual, foi observado o fator de arredondamento para cada grão presentes na imagem. Observou-se que os fatores de arredondamento variaram de 0,136 a 0,196 , sendo que média de todos os grãos foi de 0,163, assim com base na tabela de fatores de arredondamento definidos por Powers (1953), os grãos podem ser classificados como muito angular e angular.

Granulometria

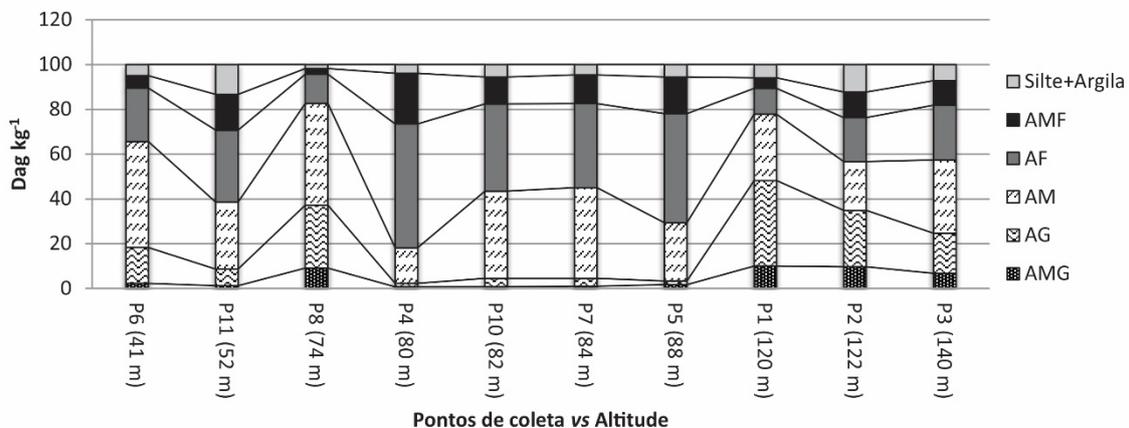


Figura 6 - Distribuição granulométrica da fração areia para os pontos coletados e relação com altitude.

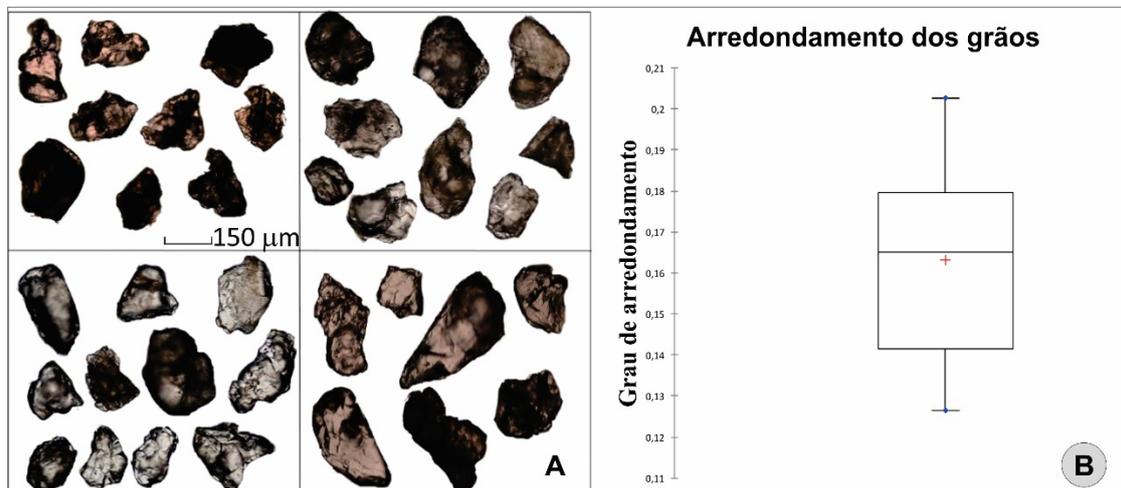


Figura 7 – (A) Conjunto de imagens obtidas por meio de microscópio óptico dos grãos de areia na fração areia média (Pontos: 1, 8, 9 e 10, no sentido esquerda para direita). (B) Box plot referente ao grau de arredondamento dos grãos de areia dos sedimentos Pós-Barreiras.

Quanto a mineralogia, observou-se que os sedimentos Pós-Barreiras na fração areia apresentam predominância do mineral quartzo e minerais facilmente intemperizáveis não

foram identificados. Para a fração silte+argila foi verificada a presença também de mineral de quartzo, picos de caulinita e muscovita (Figura 8).

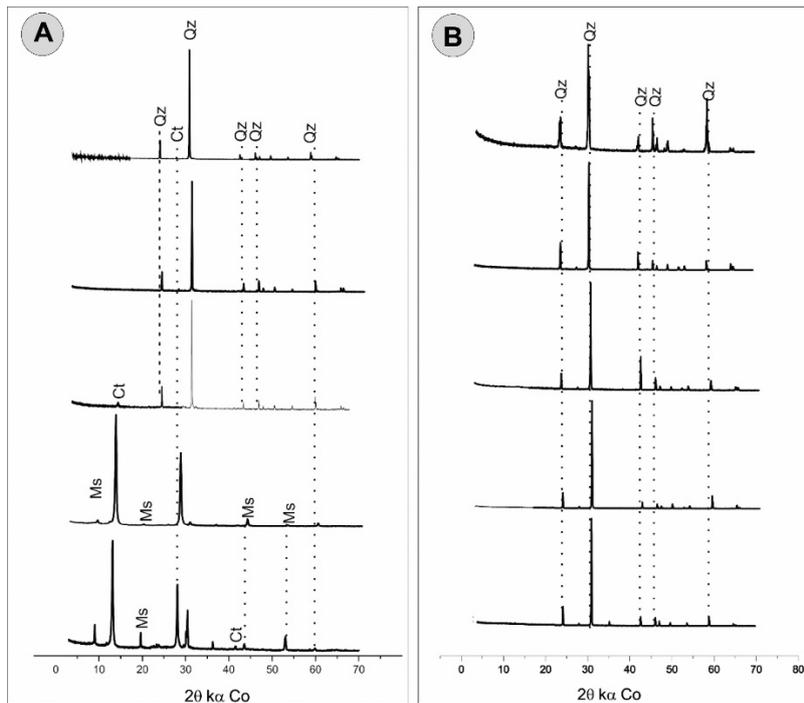


Figura 8 - Difratomogramas de raios X (radiação CoK α) da fração: (A) - Argila+Silte, (B) - Fração areia de sedimentos Pós-Barreiras.

Discussão

Características e distribuição geográfica dos sedimentos Pós-Barreiras

A partir de observações em campo dos sedimentos Pós-Barreiras na região, foi observado que se apresenta como um grande pacote sedimentar, de característica arenosa da base até o topo e com pacotes que variam de profundidades desde 50 cm a extensos pacotes com até 7 m. Estudos de Tatumi et al. (2008) também identificaram depósitos Pós-Barreiras com profundidades semelhantes na região Nordeste do Pará e estudos de Braun e Ramalho, (1980) na região de Ilhéus já mencionava que as areias sobre os tabuleiros costeiros na região de Ilhéus têm sua origem relacionado a processos deposicionais.

Ao considerar as áreas de depósitos da Formação Barreiras no contexto da Bahia, estudos já identificaram a presença de material arenoso na porção superior dos tabuleiros; que apresenta características como: coloração branca a cinzenta, com fração de areia fina a muito grossa, com grânulos e seixos de quartzo subordinados e presença de sub-horizontes ricos em matéria orgânica. São áreas denominados regionalmente como mussunungas e ocorrem em áreas abaciadas do relevo, cujo a origem do material arenoso relaciona-se ao intemperismo da Formação Barreiras (Figura 9A) (Moreau et al., 2006; Oliveira et al., 2010).

Embora haja algumas semelhanças entre o material arenoso das mussunungas e sedimentos Pós-Barreiras da região de Ilhéus (Figura 9B). Observa-se diferenças quanto ao padrão de ocorrência e característica ambientais (Tabela 1).

Tabela 1 – Características das áreas de Mussunungas e sedimentos Pós-Barreiras.

Mussunungas*	Pós-Barreiras
-Vegetação de baixo porte herbáceo e arbóreo de baixo porte.	-Vegetação de baixo porte herbáceo e arbóreo de baixo e médio porte.
-Ocorre no interior do continente. Em até 60 km após a linha de costa.	-Restrito a zona costeira ao máximo de <5 km.
- Áreas abaciadas do relevo.	-Áreas aplainadas relacionados a topo do relevo e linha cumeada.
-Formas arredondas ou alongadas.	-Não apresenta padrão de forma.
-Relacionado principalmente depósitos da Formação Barreiras.	-Áreas da Formação Barreiras e outras geologias.

*Características apresentadas em estudos: (Brito, 2013; Saporetti-Junior et al., 2012; Sarcinelli, 2010).

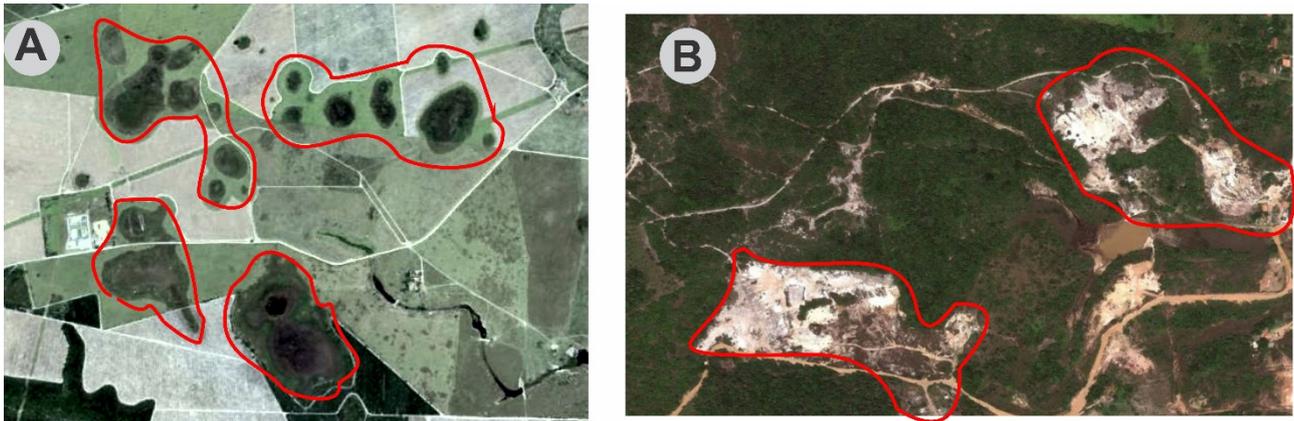


Figura 9 – Imagem de satélite Ikonos: (A) conjunto de áreas de mussunungas com formato arredondado localizados no município de Porto Seguro – BA. (B) - área de sedimentos Pós-Barreiras Ilhéus-BA.

As diferenças apresentadas entre as características das areias situadas no topo dos tabuleiros na região de Ilhéus e as areias resultante do intemperismo (mussunungas) reforçam o argumento que no primeiro caso foi relacionado a mecanismos de transporte e deposição. Embora haja possibilidade que o material fonte das areias seja também relacionado ao intemperismo da Formação Barreiras, no entanto processo de retrabalhamento evidenciado por presença de estratificação cruzada na porção basal dos Pós-Barreiras, permitem afirmar que estes não guardam mais relação com material subjacente e sua formação não foi *in situ*.

O fator primordial que controla a manutenção dos depósitos, deve-se a configuração geomorfológica dos tabuleiros, que favorece a estabilidade dos depósitos. Observa-se que as declividades onde ocorre Pós-Barreiras são baixas com variação entre 2 a 10 %. Além disso, há um predomínio dos depósitos nas áreas relevo planos-convexos. Estes fatores conjuntamente dificultam o carreamento dos depósitos por processos erosivos.

A respeito da configuração dos tabuleiros costeiros da região, verifica-se que não apresenta contato direto com o mar, tratam-se de paleofalésias que foram esculpidas pelos sucessivos avanços marinhos ocorridos durante o quaternário (Martin et al., 1993). As variações do nível do mar ao mesmo tempo que causavam a regressão das falésias, propiciou também um acréscimo sedimentar na porção frontal dos tabuleiros formando assim a planície costeira.

Nesse sentido, há possibilidade que sedimentos arenosos depositados no sopé dos tabuleiros contribuísse também como material fonte para Pós-Barreiras.

As áreas mais elevadas que ocorrem sedimentos Pós-Barreiras é na porção Norte, sobre a unidade geomorfológica patamares colinosos, que são também tendencialmente planos e situam-se entre 120 a 140 m. No entanto, há entre a localização sedimentos e a linha de costa um desnível de 140 m de altitude, em uma distância de 500 m das áreas de depósitos, o que implica que processos eólicos teriam dificuldades para carrear as areias nessa cota, principalmente frações grosseiras e seriam barradas pelo relevo frontal escarpado (Figura 10). Estudos em outras regiões identificaram sedimentos Pós-Barreiras localizados em altitude de 15 a 38 m (Rossetti, 2001; Rossetti et al., 2011b).

Ao considerar o fator altimétrico da posição dos sedimentos Pós-Barreiras, principalmente na área Norte, há estudos executados por Pereira (2001) relata que houve processos neotectônicos na área norte de Ilhéus, região da Lagoa Encantada (Bacia sedimentar Almada) e os processos ocorridos relacionam-se a reativações de antigas falhas. Nesse sentido, há possibilidade que os sedimentos Pós-Barreira tenham sido depositados quando os patamares colinosos encontravam-se em cotas altimétricas mais baixa que atual.

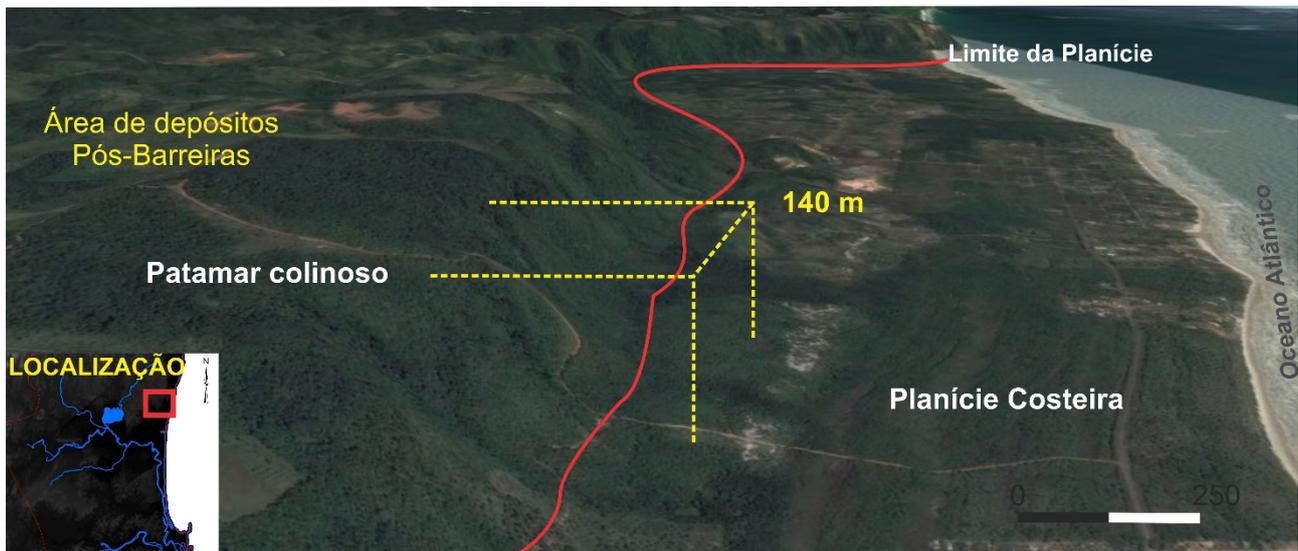


Figura 10 – Área de depósitos de sedimentos da Pós-Barreiras, demonstrando a presença de relevo escarpado (patamar colinoso) com desnível altimétrico em relação a planície costeira. Canto inferior esquerdo – Localização cartográfica da área (próximo a bacia sedimentar Almada). Fonte: Elaborado a partir do *software google Earth pro*.

Estudos de Gandini et al. (2014) na região de bacia do Paraíba realizado nas proximidades de uma bacia tipo *rift*, formada durante a separação dos continentes, identificou presença de sedimentos Pós-Barreiras em altitude; com base nas características dos sedimentos e identificação icnofósseis, presumivelmente os depósitos relacionam-se a ambiente marinho raso e estão agora expostos a uma altitude de até 38 m acima do nível do mar atual, reflexo de neotectônica ocorrida na área

No contexto da área de estudo, deve-se considerar que bacia sedimentar Almada tem sua origem também associada ao sistema de *riftes* implantado no Cretáceo inferior, quando teve início o processo de separação das placas Sulamericana e Africana (Netto e Sanches, 1991; Corrêa-Gomes et al., 2007; Franco et al., 2012;) e conforme argumenta Pereira (2001), falhas permaneceram ativas durante o Terciário.

Embora estudos de neotectônica na região não sejam conclusivos, verifica-se que na região da bacia sedimentar do Almada ocorre uma interrupção dos depósitos da Formação Barreiras; justamente na área da bacia sedimentar Almada, os depósitos se apresentam como ilhas e com camadas pouco espessas, fato que se verifica ao longo de outras bacias mesozoicas situadas ao longo da costa da Bahia que tiveram atividades neotectônicas (Ghignone, 1979; Saadi, 1993). Nesse sentido, admite-se que a deposição dos sedimentos ocorreu quando o relevo circundante a bacia encontrava-se em cotas mais baixas que atuais. A cota mais baixa também deve ter sido o fator que facilitou a deposição dos Pós-Barreiras.

Morfologia e mineralogia dos sedimentos Pós-Barreiras

Os sedimentos Pós-Barreiras na região apresentam coloração de areias brancas e amareladas. Estudos de Cohen et al. (2008) na região da Ilha de Marajó em Amazonas, identificou ambientes estratificado com coloração vermelho claro, e granulação areias grossa e com presença de argilitos. Na região de Ilhéus, os resultados da análise de fracionamento granulométrico dos sedimentos Pós-Barreiras na região, demonstraram a predominância majoritária da fração areia.

Os sedimentos Pós-Barreiras de Ilhéus, apresentaram frações de areia grossa e areia muito grossa em alguns pontos. A princípio esperava-se que sedimentos mais grosseiros relacionassem com altitudes mais baixas. Porém foi verificado que em locais de maior altitude, frações areia grossa e muito grossa estavam presentes em quantidades significativas (pontos – P1, P2, P3, P8 – Figura 6). Essas frações de areia, não são facilmente mobilizadas pelo vento, alia-se ao fato que altitude do local implicaria uma barreira para sedimentação eólica e ou marinha.

As características morfológicas dos sedimentos podem também fornecer indicativos quanto a origem dos sedimentos (Camargo, 2006; Ochoa et al., 2013; Souza Filho e El-Robrini, 2013). Os grãos dos sedimentos Pós-Barreiras de maneira geral apresentaram baixo grau de arredondamento.

As características morfológicas dos grãos indicam dois aspectos, primeiro os sedimentos foram transportados em meio aquoso que mantém

a característica angulosa dos grãos, ou no segundo caso por processos eólicos e a manutenção da angulosidade deve-se a pouca distância de transporte da área fonte (litoral), uma vez que os grãos que são transportados por processos eólicos são mais arredondados devido à baixa viscosidade do ar, o que implica em choque entre os grãos com maior força (Press et al., 2006).

Embora se saiba que processos eólicos são bastantes dinâmicos e capazes de transportar grandes quantidades de materiais (Bagnold, 2012; Silva, 2002; Suguio, 1973), no entanto características como a localização atual dos sedimentos com altitudes de até 140 m, inclusive em áreas de relevo escarpado; granulometria, na qual se observa presença de areia grossa e muito grossa em altitude e morfologia dos grãos, são características que não sustentam o argumento de origem dos sedimentos Pós-Barreiras, unicamente por processos eólicos.

As características mineralógicas demonstraram que os sedimentos são muito intemperizados, uma vez que os processos de perda e dissolução de minerais em grande parte, já ocorreram durante transporte e deposição dos sedimentos. A presença de quartzo foi identificada na fração areia e na fração silte+argila. Segundo estudos de Gustafsson et al. (1999) e Carvalho et al. (2013) o quartzo na fração argila é comum em solos e sedimentos Terciários e Quaternários, sendo restrita à fração argila grossa (0,2 a 2 μm).

Foram também identificados picos de caulinita, este possivelmente relacionado ao intemperismo de minerais de feldspato, ou ainda devido à proximidade com sedimentos da Formação Barreiras que pode ser fonte de aluminossilicatos via processos eólicos ou erosivo advindos de áreas mais elevadas. De maneira geral, os resultados indicaram que as assembleias mineralógicas dos sedimentos nas frações analisadas são bastante similares.

Conclusões

Os sedimentos Pós-Barreiras estão localizados em áreas estáveis da paisagem, em locais elevados. Os depósitos predominam em áreas de declividade suave com tendência de formas de relevo planos e convexos. As áreas dos depósitos apresentam as faces do relevo voltadas para leste. Observou-se que a conjunção destes fatores contribui diretamente para manutenção das areias frente a processos erosivos.

Os dados de morfologia dos sedimentos demonstraram características de angulosidades nos grãos analisados. Tais características sustentam *a priori* que os sedimentos possam ter sido

transportados em ambiente aquoso, uma vez que angulosidade dos grãos é mantida pela viscosidade do meio de transporte e como os depósitos Pós-Barreiras são a última fase de depósito, exclui-se a possibilidade de sedimentos advindos de área elevadas, que poderiam ter grãos com morfologia angulosa devido a curta distância percorrida, gerando assim sedimentos imaturos de encosta.

A morfologia angulosa dos grãos não extingue a possibilidade de contribuição eólica na deposição sedimentar, uma vez que admitindo-se que os sedimentos são advindos do litoral, pode-se inferir que percorreram curta distância ($\leq 5\text{km}$) e este fator pode não ter influenciado diretamente na morfologia. A mineralogia dos sedimentos foi majoritariamente quartzo, típicos de sedimentos já intemperizados..

A posição altitudinal dos sedimentos não se associa a nenhum evento de variação do mar conhecida em estudos anteriores. No entanto devido à proximidade com uma área que estudos demonstram que houve processos neotectônicos, há possibilidade que a deposição seja por processos eólicos e/ou marinhos tenha ocorrido quando as áreas se encontravam em cotas altimétricas mais baixas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela Bolsa de Mestrado do primeiro autor e à Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC pelo apoio na logística para realização de trabalho de campo.

Referências

- Amorim, R. R., Moreau, A. M. S. S., Moreau, M. S., Fontes, E. O., da Costa, L. M. 2010, Estratificação de ambientes como ferramenta no estudo das unidades de paisagem: o cenário do município de Ilhéus-Bahia. Revista Caminhos de Geografia 11, 140-157.
- Arai, M. 2006, A grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do grupo barreiras. Geologia USP. Série Científica, 6, 1-6.
- Bagnold, R. A. 2012, The physics of blown sand and desert dunes, Courier Corporation, New York.
- Bigarella, J. J. 1975, The Barreiras group in northeastern Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 47, 365-393.

- Bigarella, J. J., Andrade, G. O. 1964, Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). *Arquivos do Instituto de Ciências da Terra* 2, 2-14.
- Branner, J. C. 1902, Geology of the northeast coast of Brazil. *Geological Society of America Bulletin* 13, 41-98.
- Braun, O., Ramalho, R. 1980, Geomorfologia da Bahia. *Revista Brasileira de Geografia*, 42, 822-861.
- Brito, C. R. 2013, Mapeamento de Muçunungas no sul da Bahia e norte do Espírito Santo utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Tese (Mestrado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.
- Camargo, M. d. 2006, SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 36, 371-378.
- Cardoso, C. A., Dias, H. C. T., Soares, C. P. B., Martins, S. V. 2006, Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore* 30, 241-248.
- Carvalho, V. S., Ribeiro, M. R., Souza, V. S. 2013, Caracterização de espodosolos dos Estados da Paraíba e do Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 37, 1454-1463.
- Cohen, M. C. L., Lara, R. J., Smith, C. B., Angélica, R. S., Dias, B. S., Pequeno, T. 2008, Wetland dynamics of Marajó Island, northern Brazil, during the last 1000 years. *CATENA* 76, 70-77.
- Corrêa-Gomes, L. C., Dominguez, J. M. L., Barbosa, J. S. F., da Silva, I. C., Pinto, M. V. 2007, Relações entre orógenos, zonas de cisalhamento, quebra continental e deformações 3D. a história tectônica da Bacia Sedimentar de Almada, Bahia. *Brazilian Journal of Geology* 35, 105-115.
- Folk, R. L., Ward, W. C. 1957, Brazos River bar (Texas); a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research* 27, 3-26.
- Franco, G. B., Souza, C. M. P., Betim, L. S., Marques, E. A. G., Gomes, R. L., da Silva Chagas, C. 2012, Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Almada (BA) *GEOGRAFIA (Londrina)* 20, 071-094.
- Friedman, G. M. 1961, Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Research* 31, 514.
- Gandini, R., Rossetti, D. d. F., Netto, R. G., Bezerra, F. H. R., Góes, A. M. 2014, Neotectonic evolution of the Brazilian northeastern continental margin based on sedimentary facies and ichnology. *Quaternary Research* 82, 462-472.
- Ghignone, J. 1979, Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. *Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia: textos básicos*, 1.
- Gustafsson, J. P., Bhattacharya, P., Karlun, E. 1999, Mineralogy of poorly crystalline aluminium phases in the B horizon of Podzols in southern Sweden. *Applied Geochemistry* 14, 707-718.
- Hutchinson, M. 1989, A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, 106, 211-232.
- Krumbein, W. C. 1941, Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research* 11, 64-72.
- Mabessone, J., Silva, A., Beurlen, K. 1972, Estratigrafia e origem do grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. *Brazilian Journal of Geology* 2, 173-188.
- Martin, L., Suguio, K., Flexor, J. 1993, As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de "deltas" brasileiros. *Boletim IG-USP. Publicação Especial*, 01-186.
- Mauri, J., Ruiz, H. A., Fernandes, R. B. A., Ker, J. C., Rezende, L. R. M. 2011, Dispersantes químicos na análise granulométrica de Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35, 1277-1284.
- Moreau, A. M. S. d. S., Ker, J. C., Costa, L. M. d., Gomes, F. H. 2006, Caracterização de solos de duas toposequências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30, 1007-1019.
- Netto, A. S., Sanches, C. P. 1991, Roteiro Geológico da Bacia de Almada, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências* 21, 186-198.
- Ochoa, F. L., Góes, A. M., Rossetti, D. d. F., Sawakuchi, A. O., Cassini, L. V., Coutinho, J. M. V. 2013, Discriminação dos depósitos

- cenozoicos da parte emersa da Bacia Paraíba (NE, Brasil) por meio de minerais pesados e granulometria. *Brazilian Journal of Geology* 43, 555-570.
- Oliveira, A. P. d., Ker, J. C., Silva, I. R. d., Fontes, M. P. F., Oliveira, A. P. d., Neves, A. T. G. 2010, Spodosols pedogenesis under barreiras formation and sandbank environments in the south of Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 847-860.
- Pereira, A. D. C. 2001, Lagoa encantada testemunho de uma baía quaternária Ilhéus – Bahia Brasil. Tese (Doutorado).Braga-Portugal, Universidade do Minho.
- Powers, M. C. 1953, A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research* 23, 117-119.
- Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., Jordan, T. 2006, Ventos e desertos, *in* Para entender a Terra. Trad. R. Menegat, P. F., LAD Fernandes, CC Porcher, ed. Porto Alegre: Bookman., 367-385.
- Ribeiro, C. A. A. S., Soares, V. P., Oliveira, A. M. S., Gleriani, J. M. 2005, O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. *Revista Árvore* 29, 203-212.
- Rossetti, D. F. 2001, Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences* 14, 77-89.
- Rossetti, D. F., Bezerra, F. H. R., Dominguez, J. M. L. 2013, Late Oligocene–Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. *Earth-Science Reviews* 123, 87-112.
- Rossetti, D. F., Bezerra, F. H. R., Góes, A. M., Neves, B. B. B. 2011a, Sediment deformation in Miocene and post-Miocene strata, Northeastern Brazil: Evidence for paleoseismicity in a passive margin. *Sedimentary Geology* 235, 172-187.
- Rossetti, D. F., Bezerra, F. H. R., Góes, A. M., Valeriano, M. M., Andrades-Filho, C. O., Mittani, J. C. R., Tatum, S. H., Brito-Neves, B. B. 2011b, Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: Landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 300, 191-204.
- Rossetti, D. F., Góes, A. M., Souza, L. S. B. 2001, Estratigrafia da sucessão sedimentar Pós-Barreiras (Zona Bragantina, Pará) com base em radar de penetração no solo. *Revista Brasileira de Geofísica* 19, 113-130.
- Rossetti, D. F., Truckenbrodt, W., Góes, A. M. 1989, Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Ciências da Terra* 25 -74.
- Ruiz, H. A. 2005, Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte+ argila). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29, 297-300.
- Saadi, A. 1993, Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. *Revista Geonomos* 1, 1-15.
- Sanabria, L. L. O., Pereira, E., Antonioli, L. 2015, Revisão estratigráfica dos depósitos miocênicos aflorantes na região do alto de Olivença, litoral Sul do Estado da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 18, 3.
- Saporetti-Junior, A. W., Schaefer, C. E. G. R., de Souza, A. L., Soares, M. P., Araújo, D. S. D., Meira-Neto, J. A. A. 2012, Influence of soil physical properties on plants of the Mussununga ecosystem, Brazil. *Folia Geobotanica* 47, 29-39.
- Sarcinelli, T. S. 2010, Muçunungas: enclaves de vegetação arenícola na Floresta Atlântica de Tabuleiro. Tese (Doutorado).Viçosa, Universidade Federal de Viçosa.
- SEI. 2011, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Mapa digital do Estado da Bahia. Salvador-Bahia.
- Silva, E. A. D. J. 2002, As dunas eólicas de Natal/RN: datação e evolução. Tese (Dissertação). Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Souza, C. M. P., Costa, L. M., Moreau, A. M. S. S., Gomes, R. L. 2016, Sedimentological parameters and dating of post-barreiras sediments from region the coastline. *Revista Mercator*, 15, 127-139.
- Souza Filho, P. W. M., El-Robrini, M. 2013, Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da Planície Costeira Bragantina, Nordeste do Pará, Brasil. *Revista Geonomos* 4, 1-16.
- Suguio, K. 1973, Introdução à sedimentologia Blucher/EDUSP, São Paulo.

Tatumi, S. H., Silva, L. P. d., Pires, E. L., Rossetti, D. F., Góes, A. M., Munita, C. S. 2008, Datação de Sedimentos Pós-Barreiras no norte do Brasil: implicações

paleogeográficas. Revista Brasileira de Geociências, 38, 514-524.

Wilcox, C., Dove, S., McDavid, W., Greer, D. 2002, UTHSCSA Image Tool. San Antonio, TX: The University of Texas Health Science Center.