

COMPARTIMENTAÇÃO MORFOLÓGICA DA MARGEM LESTE DA ILHA DE MARAJÓ: ZONA COSTEIRA DOS MUNICÍPIOS DE SOURE E SALVATERRA – ESTADO DO PARÁ¹

Carmena Ferreira de França

Departamento de Geografia da Universidade Federal do Pará (UFPA)
e-mail: carir@nautilus.com.br

Pedro Walfir Martins e Souza Filho

Departamento de Geologia da Universidade Federal do Pará (UFPA)
e-mail: walfir@ufpa.br

Resumo

A compartimentação morfológica da zona costeira de Soure e Salvaterra, margem leste da Ilha de Marajó (PA); baseia-se em dados de sensores remotos, nas características geológicas, topográficas e vegetacionais levantadas em trabalhos de campo e na revisão da literatura sobre a região do Golfão Amazônico. A área de estudo subdivide-se em duas grandes unidades: planalto costeiro e planície costeira. O planalto costeiro é constituído por sedimentos areno-argilosos terciários do Grupo Barreiras/Pós-Barreiras, correspondendo a um relevo aplainado com suaves ondulações e cotas topográficas acima de 5 m (baixo platô). A cobertura vegetal apresenta matas secundárias, capoeiras e cerrados. A planície costeira é constituída por sedimentos lamosos e arenosos holocênicos, depositados sob influência de correntes de maré e ondas, apresentando cotas topográficas abaixo de 5 m. A cobertura vegetal é representada por mangues, campos inundáveis e restingas. As sub-unidades da planície costeira são: paleocanal, terraço arenoso, planície lamosa de supramaré, planície lamosa de intermaré, cordões arenosos antigos, cordões arenosos de dunas e praias atuais, canais de maré e deltas de maré vazante.

Palavras-chave: relevo costeiro, sensoriamento remoto, vegetação.

Abstract

The morphological compartments of Soure and Salvaterra zone, eastern coast Marajó Island (Pará State, Brazil) is based on remote sensing data, in geological, topographic and land cover characteristics carried out in fieldwork and based on literature about the region. The large morphological compartments are: coastal plateau and coastal plain. The coastal plateau is formed by tertiary sandy-muddy sediments from Barreiras/Pós-Barreiras Group, corresponding to a plain relief with elevations above five meters over sea level. The land cover is represented by forest, grassland and savana. The coastal plain is formed by holocenic muddy-sandy sediments, deposited by tidal currents and wave, with elevations below five meters. The land cover is represented by mangroves, grassland and dune vegetation. The compartments of coastal plain are: paleochannel, sandy terrace, supratidal mud flat, old dune-beach ridges, actual dune-beach ridges, tidal channels and ebb-tidal delta.

Keywords: Coastal relief, remote sensing, vegetation.

¹ Este trabalho faz parte da tese de doutorado do primeiro autor, vinculado ao Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (CPGG), da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Introdução

A evolução geomorfológica de vários setores da costa nordeste do Estado do Pará tem sido estudada por vários pesquisadores (Franzinelli, 1990; Igreja *et al.*, 1990; Bemerguy *et al.*, 1992; Senna, 1993; Souza Filho, 1995; Santos, 1996; Silva, 1996; Bemerguy, 1997; Silva, 1998; Silva Júnior, 1998; Souza Filho, 2000; Costa *et al.*, 2002; Souza Filho e Paradella, 2002), que anunciam o controle das mudanças relativas do nível do mar, durante o Quaternário, das estruturas neotectônicas e da dinâmica costeira atual na configuração geomorfológica do litoral paraense.

A compartimentação fisiográfica das zonas costeiras resultam da interação de vários processos (morfológicos, tectônicos, eustáticos, abrasivos e deposicionais), que respondem pela gênese da costa (Ab'Saber, 2000). As costas de Soure e Salvaterra, na margem leste da Ilha de Marajó, Estado do Pará, apresentam um contraste na compartimentação do relevo, na geologia e litologia, no gradiente costeiro e na distribuição dos ecossistemas, onde se distinguem duas principais unidades morfológicas: planalto costeiro e planície costeira.

O uso do sensoriamento remoto no estudo dessa diferenciação morfológica costeira permitiu a identificação das formas erosionais e deposicionais, o arranjo espacial das unidades de relevo e forneceu subsídios à compreensão dos processos que operaram (e operam) na evolução do litoral (Gowda *et al.*, 1995).

Diante disso, os objetivos deste trabalho são apresentar o mapeamento, a compartimentação e a caracterização morfológica das costas de Soure e Salvaterra, com base em dados de sensores remotos e nos fatores geológicos, topográficos e vegetacionais.

1. Localização da área de estudo

A área de estudo faz parte da zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra (margem leste da Ilha de Marajó-Pará), no trecho entre as desembocaduras dos canais do Cajuúna e Jubim (latitude entre 00° 36' S e 00° 49' S; longitude entre 48° 27' W e 48° 33' W), perfazendo cerca de 24 km de extensão. Essa área pertence à região estuarina compreendida pela Baía de Marajó e adjacências, dominada por um regime de meso a macromarés, cuja variação das marés de sizígia alcança valores máximos de 3,6 a 4,7 m, entre as Ilhas de Mosqueiro e dos Guarás (DHN, 2001). A distância em relação a Belém é de aproximadamente 86 km, e o acesso se dá por via rodo-fluvial e aérea (Fig. 1).

2. Procedimentos metodológicos

O trabalho iniciou-se pela revisão bibliográfica referente a estudos sobre geomorfologia costeira do Pará, neotectônica da Ilha de Marajó, variações do nível do mar, morfodinâmica e processos estuarinos e marinhos.

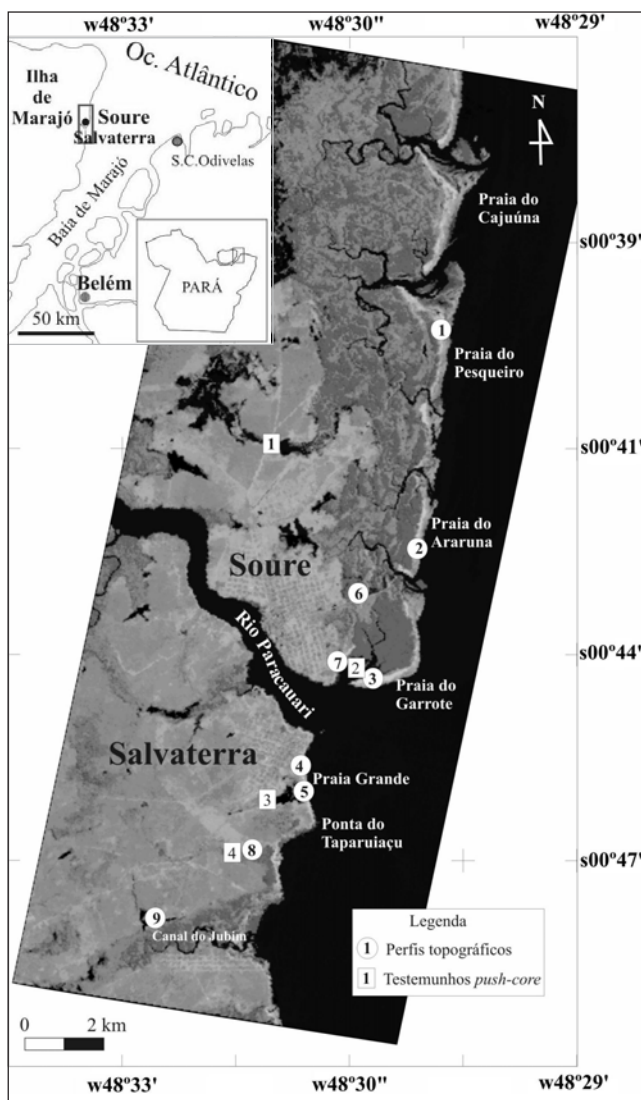


Figura 1 – Localização da área de estudo (imagem Landsat TM 08/06/1995, composição 5R4G3B).

Prosseguiu com a elaboração do mapa morfológico, utilizando-se de: a) fotointerpretação de fotografias aéreas (Levantamento Aerofotogramétrico da Ilha de Marajó, Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis e Cruzeiro do Sul, 1966, CIM: SA-22-X-B-V, escala 1:23.100), com base na metodologia de Soares e Fiori (1976); b) tratamento e processamento digital da imagem Landsat TM 5, 08/06/1995, órbita 223-061, bandas 5, 4 e 3 (composição 5R4G3B), interpretação, digitalização vetorial e classificação visual das unidades morfológicas; e e) interação entre os dados das fotografias aéreas e da imagem Landsat e confecção do mapa temático. As fotografias aéreas e a cena Landsat foram tomadas durante maré baixa.

Foram realizados trabalhos de campo para: a) atualização e complementação do mapeamento; b) levantamentos topográficos; c) coleta de amostras de sedimentos praias para análise granulométrica;

d) identificação de espécies vegetais; e e) testemunhagens *push-core* para caracterização da cobertura sedimentar superficial (análise granulométrica) em áreas de planícies de supramaré, intermaré e planalto costeiro.

3. Compartimentação e caracterização morfológica da zona costeira de Soure e Salvaterra-PA

Com base nas formas de relevo, na topografia, na geologia, na granulometria dos sedimentos e na cobertura vegetal, foi possível compartimentar a área de estudo em duas unidades principais: Planalto Costeiro e Planície Costeira (Fig. 2).

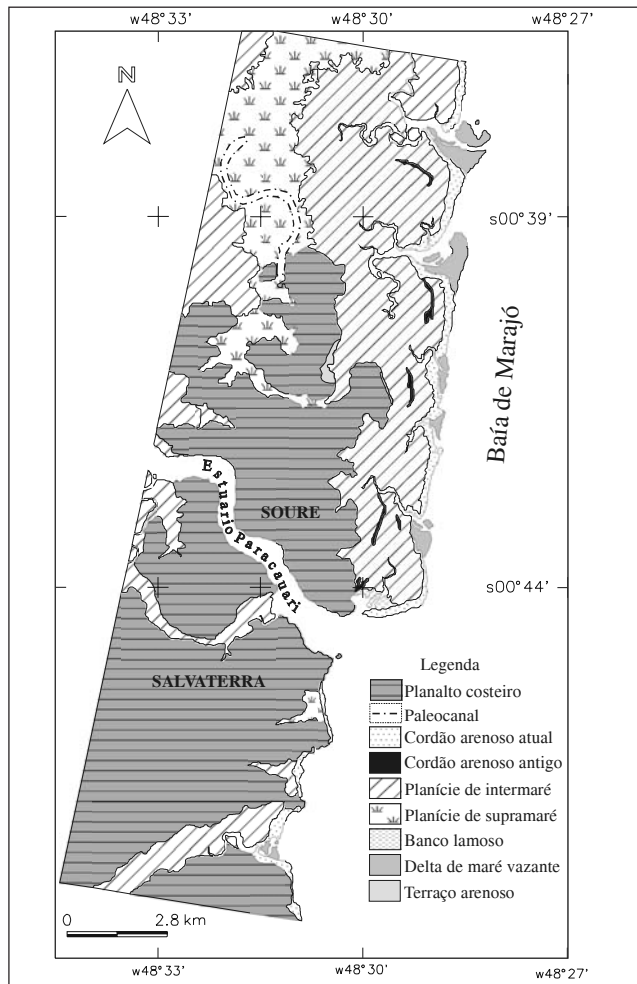


Figura 2 - Mapa morfológico da zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra (margem leste da Ilha de Marajó-PA), entre as desembocaduras dos canais do Cajuúna e Jubim.

3.1. Planalto Costeiro

O planalto costeiro representa a superfície dos baixos platôs, que constitui o nível Belém-Marajó (Ab'Saber, 1967), cujas cotas topográficas variam de 5 a 20 m acima do nível do mar, formando um relevo aplainado com suaves

ondulações, tratando-se do mais baixo dos níveis regionais de terras-firmes da Amazônia brasileira (Ab'Saber, 1967). Na área de estudo, estende-se por 402,23 km² disposto na direção N-S.

Constitui-se de sedimentos do Grupo Barreiras/Pós-Barreiras, cujas seqüências estratigráficas expostas nos afloramentos das falésias, próximas à praia Grande de Salvaterra, mostram da base para o topo: a) a parte média e superior da Formação Barreiras ou Seqüência B (Rossetti, 2001), apresentando acamamentos heterolíticos *linsen*; *facies* areno-argilosa com pequenos blocos ferruginosos e grânulos de quartzo esparsos; *facies* de arenito com tubos fósseis; horizonte laterítico com concreções ferruginosas colunares arqueadas; b) a discordância DS3 (Rossetti, 2001) marcando uma superfície irregular erosiva, constituída por um horizonte conglomerático laterítico (seixos a blocos angulosos e sub-angulosos); e c) sedimentos Pós-Barreiras ou Seqüência C (Rossetti, 2001), sobrejacentes à discordância DS3, constituídos por arenito fino a grosso, estruturação maciça e grânulos de quartzo esparsos (Fig. 3).

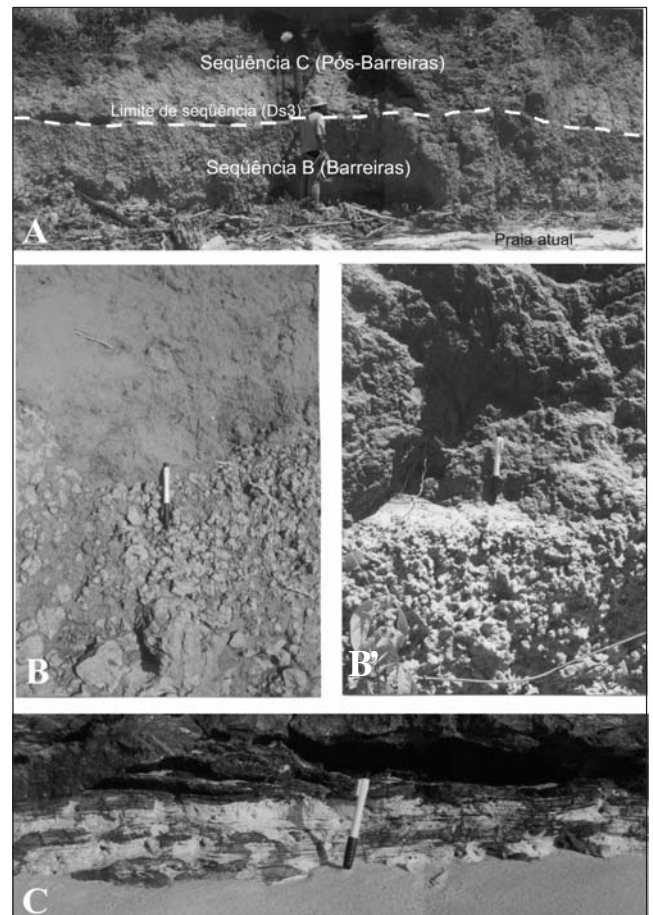


Figura 3 – Interpretação estratigráfica das falésias do município de Salvaterra: A, B e B') seqüências estratigráficas e limite de seqüência, com base em Rossetti (2001); C) *facies* heterolítica com acamamento lenticular em trechos isolados, na base das falésias (fotografias realizadas em julho/2001).

O limite do planalto com a planície costeira caracteriza-se, no interior da área de estudo, por desníveis topográficos de baixo gradiente, apresentando superfícies que gradam suavemente na direção da planície, ou por pequenas escarpas, de aproximadamente 0,5 a 1,5 m de altura, formando falésias inativas. Na costa, o contato topográfico se dá abruptamente, originando falésias ativas, sujeitas à ação erosiva das ondas, com alturas entre 1 e 6 m.

Além das características topográficas, o contorno do planalto é recortado, fragmentado e entalhado por paleovales, chegando a ocorrer blocos isolados. Tal situação evidencia a erosão que se processou durante o basculamento tectônico, ocorrido na porção oriental da Ilha de Marajó, controlado por sistemas de falhas normais e transcorrentes (Costa *et al.*, 2002), e durante as fases de regressão e transgressão marinhas, na costa nordeste do Pará, do Mioceno ao Quaternário (Souza Filho e El-Robrini, 1998). Os paleovales encontram-se colmatados e ocupados por estreitas planícies de maré, cujas larguras variam de 300 a 1.300 m.

Na margem esquerda do rio Paracauari (município de Soure), surgem pequenos terraços escalonados, possivelmente relacionados a rápidas flutuações do nível do mar, durante o Holoceno, ou decorrentes de variações entre as forças erosivas e a litologia (erosão diferencial). O topo é recoberto por vegetação rasteira ou arbustiva (capoeiras), de cerca de 3 m de altura e, em alguns trechos, por manchas de cerrado e mata secundária. A base dos terraços é constituída por bancos de cascalhos, decorrentes do retrabalhamento dos afloramentos da Formação Barreiras/Pós-Barreiras por ondas e correntes de maré.

Em alguns trechos da costa, como na Ponta do Tapariuaçu (município de Salvaterra), a erosão removeu completamente as falésias, deixando um depósito de material laterítico ou fragmentos de concreções ferruginosas. Em pontos isolados da Baía de Marajó, próximos à costa e à foz do rio Paracauari, alguns afloramentos dão origem a ilhotas, chamadas regionalmente de “coroas”, que representam perigo à navegação uma vez que ficam submersas durante a maré alta.

3.2. Planície Costeira

A planície costeira ocupa a porção centro-oriental da área de estudo, abrangendo cerca de 377,18 km², apresenta cotas topográficas inferiores a 5 m e se estende para o interior até o alcance máximo da zona de influência das marés, onde se limita com o planalto costeiro.

Esta planície é constituída por sedimentos lamosos e arenosos quaternários, cuja deposição foi realizada por processos flúvio-marinhos e eólicos, durante fase progradação da linha de costa, sob condições regressivas ou de mar estável, no Holoceno (Souza Filho, 1995; 2000), com desenvolvimento dos ambientes de planície de maré, manguezal, cordões de praias e dunas.

Em Soure, a planície costeira possui disposição N-S, apresentando uma borda leste retilínea, controlada por possíveis falhas normais NW-SE, e cortada por desembocaduras com orientação preferencial NW-SE. Em Salvaterra, as planícies costeiras têm orientação W-E, NE-SW e NNW-SSE, e se estendem pelo interior dos paleovales, dispondo-se provavelmente segundo o controle de estruturas neotectônicas (Costa *et al.*, 2002).

Identificam-se as seguintes sub-unidades: terraços arenosos, planície lamosa de supramaré recoberta por campos inundáveis, planície lamosa de intermaré recoberta por manguezais, cordões arenosos antigos, cordões arenosos de dunas e praias atuais, canais de maré e deltas de maré vazante.

3.2.1. Terraços arenosos

Os terraços arenosos ocupam as áreas topograficamente mais elevadas da planície costeira, entre o planalto e a planície lamosa de intermaré. Possuem uma distribuição descontínua, irregular, com topografia suave e constituição arenosa. Teixeira e Costa (1992) consideram essas superfícies como terraços marinhos, resultantes de depósitos de antigas praias, formadas durante a última transgressão (Holoceno), e que marcam uma linha de costa pretérita.

Silva (1996) identifica superfícies similares no município de Salinópolis (costa NE do Estado do Pará) e as classifica como Coberturas Arenosas Retrabalhadas de Supramaré, inundadas durante as marés de sizígia e desenvolvidas a partir do retrabalhamento dos sedimentos Barreiras/Pós-Barreiras pelas marés, águas pluviais e ventos, em fase de nível do mar superior ao atual.

A análise granulométrica de amostras coletadas em uma trincheira, próximo à estrada entre o aeroporto de Soure e a Fazenda Bom Jesus, revelou a presença de areias finas (2,72 ϕ), bem selecionadas ($\sigma = 0,4$), de coloração branca até a profundidade de 0,40 m, sobrepostas a uma camada de areias finas (2,88 ϕ), muito bem selecionadas ($\sigma = 0,33$), de coloração amarelada até 0,60m de profundidade (Fig.4).

Os limites dos terraços arenosos com o planalto costeiro são gradacionais, do ponto de vista topográfico e abruptos do ponto de vista vegetacional. A mata secundária ou a capoeira do planalto é substituída por uma vegetação de duna ou campo arenoso. Ocorrem espécies, tais como: *Paspalum vaginatum* Sw. (“capim-de-praia”), *Cyperus sp.*, *Syngonanthus tenuis* (H.B.K.) Ruhl. e *Rynchospora riparia* (Nees) Boeck.

A transição para a planície lamosa de intermaré é abrupta, nos aspectos topográfico e vegetacional. A vegetação de duna ou campo arenoso é substituída bruscamente pelo manguezal, que ocupa um nível topográfico inferior (Fig. 4).

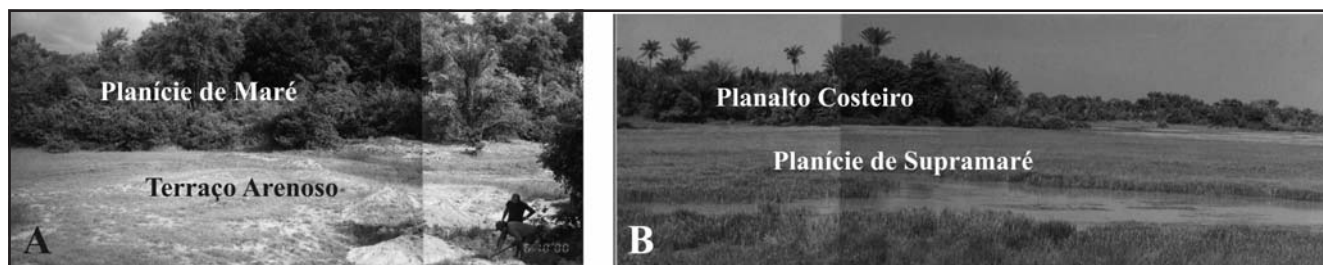


Figura 4 – Contato topográfico e vegetacional abrupto entre : A) o terraço arenoso (coberto pela vegetação de campo arenoso) e a planície de intermaré (coberta pela vegetação de mangue), no município de Soure. A análise granulométrica dos sedimentos superficiais do terraço arenoso revelou a presença de areias finas, bem a muito bem selecionadas; B) o planalto costeiro (cobertura vegetal de mata secundária ou capoeira) e a planície lamosa de supramaré, recoberta por campos inundáveis, em Soure (fotografia realizada em outubro/2000).

3.2.2. Planície lamosa de supramaré

Localiza-se no interior da área de estudo, formando estreitas faixas de larguras entre 200 e 2.300 m, com disposição N-S (em Soure) e E-W (em Salvaterra), entre o planalto costeiro e a planície lamosa de intermaré.

É constituída por sedimentos clásticos quaternários, cuja origem está relacionada aos processos de afogamento e colmatagem de paleocanais, que ligavam o interior da Ilha de Marajó à Baía de Marajó e Oceano Atlântico, entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno (Bemerguy, 1981; Vital, 1988; Costa *et al.*, 2002).

No período de dezembro a maio, o regime é controlado pela pluviosidade, sendo secundária a influência das marés. Entre junho e novembro, a redução das chuvas favorece a maior penetração das marés, tornando salobra a água superficial.

A planície lamosa de supramaré apresenta cotas topográficas inferiores a 5 m, é coberta por vegetação campestre, onde ocorrem espécies tais como: *Eleocharis interstincta* R. Br. (“junco poque-poque”), *Eleocharis mutata* R. et Sch. (“junco triângulo”), *Fimbristylis capillaris* (L.) Kunth., *Xyris jupicai* L.C.Rich., *Borreria laevis* (Lam.) Gris., *Tonina fluviatilis* Aubl., *Nymphoides indica* O. Kuntze, *Panicum sp.* e *Hidrolea spinosa* L.. São espécies características de brejo herbáceo, de várzea e solos arenos-argilosos úmidos (Fig. 4).

O contato com a planície de intermaré se dá por gradação suave no sentido da declividade e, com o planalto costeiro, por pequeno desnível (falésias “mortas”), com mudança vegetal abrupta (da mata secundária ou capoeira para a vegetação campestre) (Fig. 4).

Testemunhos *push-core*, realizados nesta unidade, mostraram depósitos de areia fina lamosa com seixos esparsos, pobremente selecionada, e areia fina moderadamente selecionada.

4.2.3. Planície lamosa de intermaré

Segundo Reineck e Singh (1980), as planícies de marés são unidades morfológicas que se formam ao longo de

costas de declive suave, recortadas e dominadas por maré, em estuários ou em costas abertas, apresentando geometria alongada e paralela à linha de costa.

Em Soure, as planícies lamosas de intermaré estendem-se longitudinalmente, alargando-se para norte. Ocupam, na área de estudo, aproximadamente 155,95 km² e apresentam larguras que variam de 1 a 3,8 km. Limitam-se a oeste com o planalto costeiro e com a planície lamosa de supramaré, a leste com os cordões de dunas e praias, e ao sul com o rio Paracauari. As principais drenagens são representadas pelos canais do Uruci, Araruna, Glória, Barco, Pesqueiro e Cajuúna.

Em Salvaterra, as planícies de intermaré ocupam o interior dos paleovales, escavados no planalto costeiro, até o limite de influência das marés. Ocupam uma área de aproximadamente 59,63 km² e apresentam larguras entre 0,1 a 1,3 km. As principais drenagens são representadas pelos canais Guajará e Jubim.

A cobertura vegetal é representada pelos mangues. Na extremidade leste da planície costeira de Soure (parte externa), em contato com os cordões arenosos de praias e dunas atuais, sob a ação das ondas e correntes de maré da Baía de Marajó, os manguezais apresentam feições erosivas, como formação de terraços lamosos, tombamento de árvores adultas, refletindo a migração dos cordões praias sobre os depósitos lamosos e a retrogradação da linha de costa, que alcançou um recuo linear máximo de 344 m, no período de 1986 a 2001, com uma taxa de 22 m/ano (Fig. 5). Na parte interna, nos setores protegidos da costa, atrás da praia-barreira do Garrote e nas margens deposicionais dos canais de maré, desenvolvem-se formas acrecionais que respondem pela progradação da linha de costa, com instalação de espécies vegetais pioneiras e mangues jovens. Na porção sul da costa de Soure, a taxa máxima de acreção chegou a 23 m/ano, no período de 1986 a 2001 (Fig. 5) (França e Souza Filho, 2003a; 2003b).

Na orla da Baía de Marajó, em Soure, os manguezais adultos estendem-se desde os limites da praia do Garrote

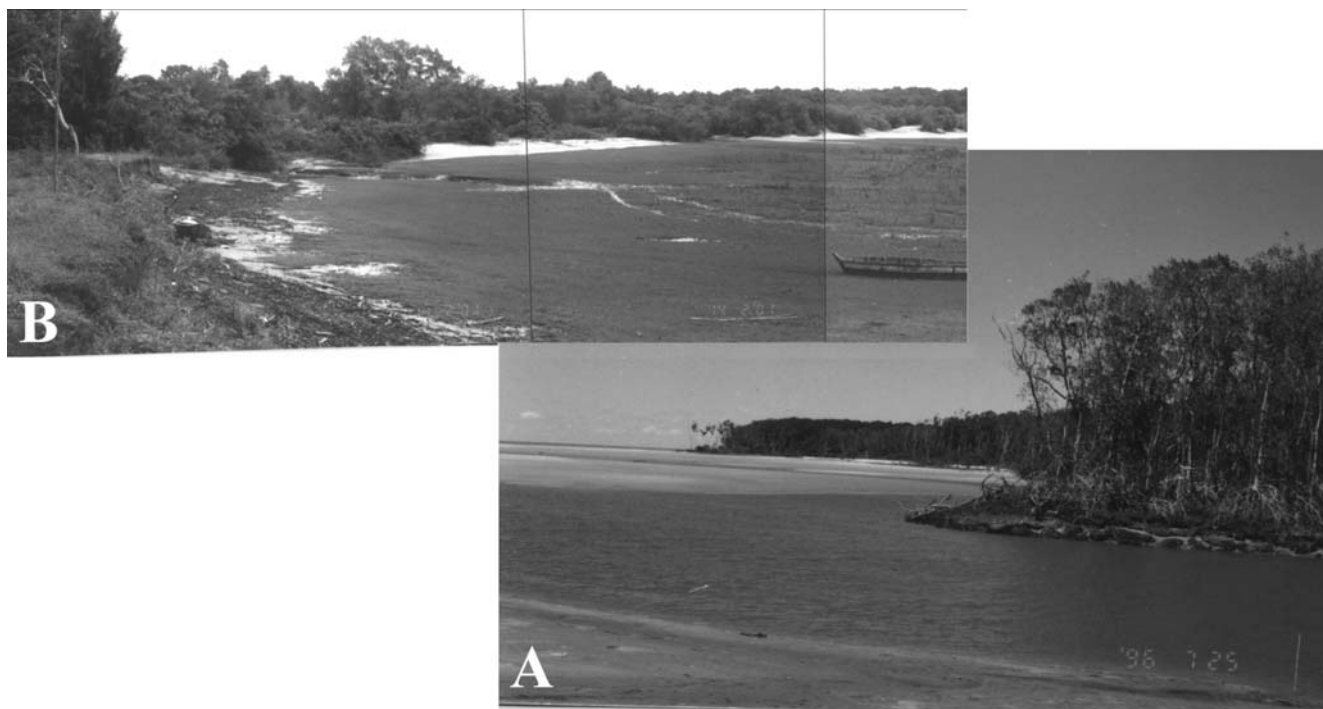


Figura 5 – Planície lamosa de intermaré coberta por manguezais: A) em contato com os cordões arenosos de praias e dunas atuais, em setor costeiro dominado por processos erosivos e retrogradação da linha de costa; B) em setor costeiro de acreção sedimentar e progradação da linha de costa (fotografias realizadas em outubro/2000).

até os limites com a praia do Cajuúna, predominando a espécie *Rhizophora mangle* L. (“mangue vermelho”). Nos setores internos da planície de maré, nas margens do canal do Pesqueiro e nas zonas de progradação, em Soure, e no vale dos canais do Jubim, em Salvaterra, encontram-se as espécies: *Rhizophora mangle* L. (“mangue vermelho”), *Avicennia schaweriana* Stapf & Leech. (“siriúba preta”), *Laguncularia racemosa* Gaertn. (“tinteira”), *Fimbristylis spadicea* (L.) Vahl, *Machaerium ferox* Mart. ex Benth. (“aturia”), *Stigmaphyllon bannisterioides* (L.) C. And., *Spartina* sp., *Alisma macrophyllum* Kunth. e *Hippeastrum equestre* Herb.

Os coqueirais, onde ocorre a espécie *Coccoloba nucifera* Mart., ocorrem nas áreas internas e ao longo das margens de alguns canais de maré, onde a topografia é mais elevada, e coexistem com os mangues. A presença dos coqueirais deve-se à ação antrópica e posterior disseminação de brotos pelas correntes de maré.

3.2.4. Cordões arenosos antigos

Os cordões arenosos antigos ou *cheniers* formam cristas lineares situadas no interior dos manguezais de intermaré, representando depósitos de antigas praias que ficaram preservadas em meio aos sedimentos siltosos/argilosos das planícies de maré prográdantes (Souza Filho, 1995).

Segundo Reineck & Singh (1980), a variação do suprimento sedimentar é fator fundamental para a formação dos *cheniers*. Quando o suprimento de sedimentos finos é interrompido, durante fase erosiva ou de rápida subida do nível do mar, as ondas retrabalham os sedimentos existentes na costa, dando origem a uma flecha arenosa que se forma à frente do mangue. À medida que o suprimento de finos cresce, com o retorno das condições acrecionais, uma nova zona lamosa se forma na frente da flecha arenosa, abandonando-a em meio à planície de lama. Como tal processo se repete, várias cristas arenosas alongadas podem ocorrer.

Para Augustinus (1989), os principais fatores que influenciam a formação dos *cheniers* e determinam mudanças ambientais são: deslocamento de desembocaduras fluviais, flutuações do nível do mar, flutuações climáticas e frequência de tempestades.

De acordo com Souza Filho (1995; 2000), os cordões arenosos antigos ou *cheniers* são também constituídos por cordões de duna/praias e os leques de lavagem podem lhes conferir uma forma irregular. Sua origem está ligada ao retrabalhamento de sedimentos areno-lamosos mal selecionados e que são transportados para a costa como barras longitudinais. São feições morfológicas importantes por fornecerem um registro do nível do mar pretérito e das mudanças ambientais durante o Holoceno, por estarem relacionados à retrogradação da linha de costa, em condições

transgressivas, seguida de fase progradacional das planícies de maré e desenvolvimento de manguezais.

Na planície costeira de Soure, os cordões arenosos antigos dispõem-se paralela ou quase paralelamente à linha de costa atual, distando entre 0,2 a 1,5 km da mesma, e possuem comprimentos variados e formas lineares ou curvadas. Apresentam direção preferencial N-S e NW-SE, e ocupam uma área de 5,2 km².

Em Salvaterra, os cordões arenosos são em menor número e formam agrupamentos próximos à foz do canal do Jubim. Apresentam forma estreita e retilínea, e posição no sentido NE-SW, com área de 0,8 km².

O perfil topográfico de um cordão arenoso, distante cerca de 1 km da praia da Barra Velha (Soure), mostrou gradiente de 1:29 a oeste da crista (lado interno), e de 1:7 a leste da crista (lado externo). Segundo Augustinus (1989), a morfologia característica dos *cheniers* apresenta um lado externo mais curto e mais íngreme, e um lado interno mais extenso e suave, devido ao transporte de sedimentos para o interior da planície de maré, quando da formação do cordão arenoso.

A cobertura é representada por vegetação herbácea e arbustiva aberta, e espécies como: *Borreria sp.*, *Cyperus laxus* Vahl., *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. (“muruci-do-campo”), na zona arenosa, e *Eleocharis caribea* (Rot.) Blake, *Avicennia schaweriana* Stapf & Leech. (“siriúba preta”), *Fimbristylis spadicea* (L.) Vahl e *Paspalum vaginatum* Sw. (“capim-de-praia”), na zona de transição para o mangue.

3.2.5. Cordões arenosos de dunas e praias atuais

a) Dunas

As dunas costeiras são comuns nas áreas de ventos fortes e de grande suprimento sedimentar arenoso, de origem marinha ou fluvial, trazidos para as praias pelas ondas ou redistribuídos ao longo da costa pela corrente litorânea. Uma vez depositadas nas praias, as areias são expostas ao ar e ressecadas, durante a maré baixa, permitindo o retrabalhamento pelo vento (joeiramento), que as seleciona, transporta e deposita acima da zona de pós-praia. As dunas são mais desenvolvidas nas costas que apresentam praias dissipativas, planas e constituídas por areias finas, ao contrário das praias reflectivas, onde a face da praia é íngreme, o estoque sub-aéreo de areia é menor e de granulometria grossa, que não são facilmente joeirados. As características morfológicas e sedimentares das praias influenciam sobremaneira no volume, altura, extensão e complexidade morfológica das dunas, assim como a cobertura vegetal. (Carter, 1988)

Dependendo do tipo de vegetação e dos processos aerodinâmicos, há duas classes principais de dunas, segundo Carter (1988) : uma representada por cristas paralelas à costa, formadas em áreas de vegetação densa, e outra representada

pelas formas barcanóides, piramidais, etc, geradas em costas de vegetação esparsa, onde o vento atua livremente. Em Soure e Salvaterra, a maioria das dunas se enquadra na primeira classificação. São dunas baixas, longitudinais e cobertas por vegetação predominantemente arbustiva (vegetação de restinga), abrangendo uma área de 3,29 km². Ocorrem espécies como: *Paspalum vaginatum* Sw. (“capim-de-praia”), *Ipomea pes-caprae* Rott., *Psidium guajava* L. (“goiabeira”), *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. (“muruci-do-campo”) e *Chrysobalanus icaco* L. (“ajuru”).

Nas praias do Pesqueiro e Araruna (Soure), as cristas paralelas à costa possuem direção preferencial N-S e, próximo à desembocadura do canal do Pesqueiro, apresentam cristas descontínuas. A granulometria varia de 2,37 a 3,07 ϕ (areia fina a muito fina) e a seleção apresenta valores de 0,25 a 0,47 (sedimento muito bem a bem selecionado).

Na praia Grande (Salvaterra), as cristas dispõem-se no sentido NNW-SSE, são ainda mais baixas e de maior granulometria em função das características da costa. O tamanho dos grãos está entre 1,3 e 1,59 ϕ (areia média), e o selecionamento varia de 0,36 a 0,42 (bem selecionado).

b) Praias

As praias formam cristas arenosas que se estendem desde o nível da maré alta de sizígia, limitando-se com a base das dunas ou falésias, até o nível da maré baixa de sizígia (Souza Filho *et al.*, 2002).

Segundo Silva (1996), os sistemas de barreiras evoluem através do crescimento e progradação de flechas arenosas a partir de extremidades da costa, e do crescimento e emergência de barras arenosas de *offshore*, que migram na direção do continente. Esses cordões arenosos geram setores protegidos, favorecendo a sedimentação lamosa e o crescimento de manguezais entre a barreira e o continente.

Na área de estudo, as praias estendem-se pelo extremo oriental da planície costeira, sob a dinâmica da Baía de Marajó e do estuário do Paracauari. O posicionamento espacial das praias e suas características obedecem a um possível controle estrutural e às diferenças fisiográficas entre as costas de Soure e Salvaterra.

As principais praias de Soure, como Cajuúna, Pesqueiro, Araruna (com orientação espacial N-S), Barra Velha (orientação NNW-SSE) e Garrote (orientação E-W), formam extensos cordões entre 1,7 a 4,5 km, apresentando forma retilínea a convexa. São praias-barreiras que permitem o desenvolvimento de zonas protegidas no litoral e extensos manguezais. Pertencem a uma costa de baixo gradiente, seccionada por grandes canais de maré. São praias que possuem zonas de estirâncio com larguras que variam de 180 a 430 m, com gradientes entre 1:52 e 1:95 e sistemas de barras e calhas desenvolvidos. Predominam areias finas a muito finas (2,37 a 3,1 ϕ), bem a muito bem selecionadas ($\sigma = 0,24$ a 0,4).

A praia Grande pertence à costa alta de Salvaterra, limitada por falésias e promontórios do planalto costeiro. Representa um estreito cordão arenoso de forma retilínea a côncava, de 1,2 km de extensão, com orientação NNW-SSE. Possui zona de estirâncio com 59 a 85 m de largura e gradientes de 1:6 a 1:23. Predominam areias grossas a médias (0,74 a 1,51 ϕ), moderadamente selecionadas ($\sigma = 0,5$ a 0,98) (França, 2003).

3.2.6. Canais de Maré e deltas de maré vazante

Os canais de maré constituem vias de irrigação, de drenagem, de nutrientes e de sedimentos, conforme os ciclos de maré, sendo importantes no desenvolvimento das planícies de maré e manguezais. Para montante, os canais tornam-se bifurcados, estreitos, rasos e de fundos lamosos e, na direção de jusante, apresentam-se largos, retilíneos e com fundos arenosos, em resposta às atividades das correntes de maré e ao retrabalhamento dos sedimentos (Reineck e Singh, 1980; Souza Filho, 1995; Silva, 1996).

A migração lateral é um dos fenômenos mais frequentes nos canais de maré, decorrente da erosão nas margens côncavas e deposição nas margens convexas. As margens erosivas dos canais de maré formam escarpas íngremes com níveis escalonados (terraços lamosos) e, em alguns trechos, expõem estratificação plano-paralela. Nas margens deposicionais, dependendo da taxa de sedimentação, favorece a colonização por mangues, preferencialmente pela *Avicennia sp.*, *Laguncularia sp.* e *Rhizophora sp.*

Em Soure, os principais canais de maré (Cajuúna, Pesqueiro, Barco, Glória, Araruna e Uruci) apresentam larguras máximas entre 112 e 468 m, e direções preferenciais NW-SE e N-S. Em Salvaterra, os canais Guajará e Jubim possuem larguras máximas de 58 e 150 m, respectivamente, e direções NE-SW e W-E. Todos os canais de maré desembocam no estuário do Paracauari e Baía de Marajó.

Os deltas de maré vazante ocorrem nas desembocaduras dos canais de maré. A morfologia caracteriza-se pela presença de dois ou mais braços rasos, separados por bancos arenosos de foz de canal, que ficam expostos na maré baixa. A sedimentação arenosa pode originar grandes bancos que se estendem na direção do mar.

Os canais do Cajuúna, Pesqueiro, Glória, Araruna e Jubim possuem deltas de maré vazante, com áreas de 1, 0,9, 0,4, 0,3, e 0,08 km², respectivamente, e com tendências de desenvolvimento no sentido S-N e W-E, conforme análise da imagem Landsat 1995 adquirida em condições de maré baixa (08/06/1995).

4. Conclusões

As características morfológicas da zona costeira de Soure e Salvaterra resultaram da interação de processos geomorfológicos relacionados: (1) à neotectônica, que

condicionou, em nível local, a distribuição e a posição das unidades fisiográficas; (2) às oscilações do nível do mar, cujos ciclos transgressivos e regressivos, do Terciário Superior ao Holoceno, controlaram a deposição do Grupo Barreiras/Pós-Barreiras, que constituem o Planalto Costeiro e dos depósitos flúvio-marinhos da Planície Costeira; e (3) à ação das correntes de maré, e ondas da Baía de Marajó e rio Paracauari, responsáveis pela dinâmica costeira atual.

Na costa de Soure, onde se destaca a planície costeira, os processos geomorfológicos dominantes são gerados por maré, em função do baixo gradiente, permitindo o desenvolvimento das planícies de maré e manguezais. Em Salvaterra, a proximidade do planalto e o gradiente mais acentuado da zona costeira limitam a ação das marés, favorecendo uma influência maior das ondas na elaboração das formas costeiras.

Com base em dados de sensores remotos e nas características geológicas, morfológicas e vegetacionais, a área de estudo foi compartimentada em duas principais unidades: Planalto Costeiro e Planície Costeira.

O Planalto Costeiro é constituído por sedimentos datados do Mioceno Médio ao Holoceno Inferior (Grupo Barreiras/Pós-Barreiras). Apresenta os mais elevados níveis topográficos da área de estudo (entre 5 e 20 m), caracterizando-se por um relevo aplainado com suaves ondulações, classificado como baixo platô. Os seus limites com a planície costeira são recortados e marcados por desníveis topográficos, representados por falésias inativas e ativas, cuja formação está ligada a processos tectônicos de soerguimento e aos ciclos transgressivos e regressivos do nível do mar e à dinâmica costeira atual. A cobertura vegetal é constituída por matas secundárias e capoeiras, tendo quase desaparecido a mata original em função da ocupação humana.

A Planície Costeira ocupa a porção centro-oriental da área de estudo e o interior dos paleovales escavados no planalto costeiro, na zona de influência das marés, apresentando cotas abaixo de 5 m. É constituída por sedimentos lamosos e arenosos quaternários, cuja deposição foi controlada pelos ciclos transgressivos e regressivos do Holoceno e pelas estruturas neotectônicas. Subdivide-se em: terraços arenosos, planícies lamosas de supramaré cobertas por campos, planícies lamosas de intermaré cobertas por manguezais, cordões arenosos antigos (*cheniers*), cordões arenosos de praias e dunas atuais, canais de maré e deltas de maré vazante.

Agradecimentos

Agradecemos, em especial, à Unidade de Análises Espaciais (UAS), do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela concessão da imagem Landsat; ao Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT), do Centro de Geociências (UFPA); aos técnicos Lourival Júnior e Helenice Silva; aos colegas Fábio Colares e Francisco Costa pelo auxílio

no tratamento e processamento da imagem através do Programa Spring; à Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM), do Estado do Pará, pela disponibilização das fotografias aéreas; ao Laboratório de Análise da Informação Geográfica (LAIG) do Departamento de Geografia da UFPA pelo apoio no trabalho de fotointerpretação; ao técnico Afonso Quaresma e ao colega Marcelo Moreno, do Centro de Geociências (UFPA) pelo apoio e colaboração nos trabalhos de campo; ao doutorando Emídio Júnior pelo auxílio na interpretação estratigráfica das falésias de Salvaterra e ao geólogo Rafael Nascimento (MPEG) pela concessão de fotografias das falésias de Salvaterra.

Referências Bibliográficas

- Ab'Saber, A. N. (1967) Problemas geomorfológicos da Amazônia Brasileira. In: LENT, H. (ed.). Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica. Conselho Nacional de Pesquisas, Rio de Janeiro, V.1, 35-67 (Geociências).
- Ab'Saber, A.N. (2000) Fundamentos da Geomorfologia Costeira do Brasil Atlântico Inter e Subtropical. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 1 (1): 27-43.
- Augustinus, P.G.E.F. (1989) Cheniers and chenier plains: a general introduction. *Marine Geology*, 90: 219-229.
- Bemerguy, R. L. (1981) Estudo sedimentológico dos paleocanais da região do rio Paracauari, Ilha do Marajó – Estado do Pará. Tese de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- Bemerguy, R. L. (1997) Morfotectônica e evolução paleogeográfica da Região da Calha do Rio Amazonas. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- Bemerguy, R.L.; Borges, M.S.; Costa, J.B.S. (1992) Geomorfologia da Região do Salgado, NE do Estado do Pará. XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia. SBG, São Paulo: 267-269.
- Carter, R.W.G. (1988) Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press, London, 609 p.
- Costa, J.B.S.; Hasuy, Y.; Bemerguy, R.L.; Soares Júnior, A.V.; Villegas, J.M.C. (2002) Tectonic and paleogeography of the Marajó Basin, Northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 74 (3): 1-13.
- DHN. (2001) Tábua das Marés. Marinha do Brasil. Disponível em: <http://www.mar.mil>. Acesso em: 3 fev. 2001; 20 fev. 2001; 13 jun. 2001; 30 ago. 2001; 5 nov. 2001.
- França, C.F. (2003) Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA). Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- França, C.F.; Souza Filho, P.W.M. (2003a) Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat. *Revista Brasileira de Geociências*, 33 (2-Suplemento): 127-136.
- França, C.F.; Souza Filho, P.W.M. (2003b) Mudanças atuais da linha de costa, no município de Soure (PA), analisadas através de sensoriamento remoto. Simpósio Amazônia, Cidades e Geopolítica das Águas, MEGAM/UFPA, Belém: 191-194.
- Franzinelli, E. (1990) Evolution of the geomorphology of the coastal of the state of Pará, Brazil. Symposium PICG 274, ORSTOM, Cayene: 203-230.
- Gowda, H.H.; Raj, K.J.; Padmavathy, A.S.; Manikian, B. 1995. Multidate satellite data for study of dynamics of coastal landforms of Uttara Kannada, South India. *International Journal of Remote Sensing*, 16 (14): 2539-2553.
- Igreja, H.L.S.; Borges, M.S.; Alves, R.J.; Costa Júnior, P.S.; Costa, J.B.S. 1990. Estudos neotectônicos nas ilhas de Outeiro e Mosqueiro – Nordeste do Estado do Pará. XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, Natal: 2110-2123.
- Reineck, H-E. e Singh, I.B. (1980) Depositional Sedimentary Environments. Springer-Verlag, New York, 543 p.
- 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.
- Santos, V.F. (1996) Estratigrafia holocênica e morfodinâmica atual da Planície Costeira da Ilha de Algodoal e Marudá. Tese de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- Senna, C. (1993) Caracterização geomorfológica da APA Algodoal-Maiandeuá. Simpósio Internacional do Quaternário da Amazônia, ABEQUA, Manaus: 91-94.
- Silva, C.A. (1998) Análise morfoestratigráfica do estuário do rio Marapanim – NE do Pará. Tese de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- Silva, M.S. (1996) Morfoestratigrafia e evolução holocênica da Planície Costeira de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará. Tese de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.

- Silva Júnior, O.G. (1998) Morfoestratigrafia da planície costeira de São João de Pirabas (porção NW) – NE do Estado do Pará. Tese de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- Soares, P.C. e Fiori, A.P. (1976) Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícias Geomorfológicas*, 16 (32): 71-104.
- Souza Filho, P.W.M. (1995) A planície costeira bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno. Tese de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- Souza Filho, P.W.M. (2000) Avaliação e aplicação de dados de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais úmidos, Bragança, Norte do Brasil. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.
- Souza Filho, P.W.M. e El-Robrini, M. (1998) As variações de nível relativo do mar e a estratigrafia de seqüências da planície costeira bragantina, nordeste do Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 10: 45-78.
- Souza Filho, P.W.M. e Paradella, W.R. (2002) Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and Radarsat-1 data. *Wetlands Ecology and Management*. 10: 123-132.
- Souza Filho, P.W.M; Tozzi, H.A.M.; El-Robrini, M. (2002) Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sandy beach, northern Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue, 35 (no prelo).
- Teixeira, J.V.B. e Costa, L.T. (1992) Estudo integrado da região de Soure-Salvaterra (Marajó). Estágio de Campo III, Departamento de Geologia, UFPA.
- Vital, H. (1988) Estudo do geossistema do Lago Arari. Tese de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.