



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

**INAÊ DE BRITO ALBUQUERQUE NASCIMENTO**

**BATIMETRIA E ASPECTOS MORFODINÂMICOS DE CANAIS DE MARÉ DA  
COSTA LESTE DA ILHA DO MARAJÓ (PARÁ)**

**BELÉM**

**2010**

**INAÊ DE BRITO ALBUQUERQUE NASCIMENTO**

**BATIMETRIA E ASPECTOS MORFODINÂMICOS DE CANAIS DE MARÉ DA  
COSTA LESTE DA ILHA DO MARAJÓ (PARÁ)**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de  
Oceanografia da Universidade  
Federal do Pará – UFPA, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo  
Rollnic

Belém

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

N244b Nascimento, Inaê de Brito Albuquerque

Batimetria e aspectos morfodinâmicos de canais de maré da costa leste da ilha do Marajó (Pará) / Inaê de Brito Albuquerque Nascimento; Orientador: Marcelo Rollnic – 2010

78 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Canais de maré. 2. Batimetria. 3. Migração de canal. 4. Marcas de leito. 5. Ilha do Marajó (PA). I. Rollnic, Marcelo, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20º ed.: 551.45098115

---

**INAÊ DE BRITO ALBUQUERQUE NASCIMENTO**

**BATIMETRIA E ASPECTOS MORFODINÂMICOS DE CANAIS DE MARÉ DA  
COSTA LESTE DA ILHA DO MARAJÓ.(PARÁ)**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de  
Oceanografia da Universidade  
Federal do Pará – UFPA, em  
cumprimento às exigências para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Oceanografia.

Data de aprovação: 20/12/2010

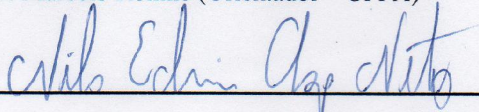
Conceito: BOM

Banca examinadora:



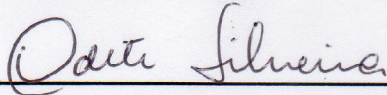
---

Dr. Marcelo Rollnic (Orientador – UFPA)



---

Dr. Nils Asp (Membro – UFPA)



---

Dra. Odete Fátima Machado da Silveira (Membro – UFPA)

Ao meu avô Rubens, que me chama de  
doutora desde que nasci. Esse é o primeiro passo, vô.

## AGRADECIMENTOS

Primeiro, agradeço a todos que estiveram diretamente presentes neste trabalho, mesmo que em uma única coleta, afinal de contas oceanografia não se faz sozinho, então, vai lá: Gabi e Maurício (pelos campos, mapas, ensinamentos, disposição, enfim, estamos juntos nessa! Boa sorte para nós, e muitíssimo obrigada!); Laíssa (obrigada por toda a ajuda, alegria e conselhos); Yuri, Davi, Laísa, Piolho e Luan (esse TCC não existiria sem a disposição de vocês. Valeu!); Antonio, Malandro, Bruna, Arroz e Pedro (por alguns quilômetros de bicicleta, e pela ajuda, claro! Valeu muito!); e, claro, Prof. Marcelo Rollnic (muitíssimo obrigada pela paciência, ensinamentos e total ajuda!).

Agradecimentos especiais: à Maura, Dona Beth e Seu Mauro pelo abrigo, conforto e total apoio durante as coletas; ao tio Leno e seu coração enorme, pela mão estendida sempre (Salve, tio Leno!); À Lene e à Ray pelo abrigo mesmo em cima da hora (Valeu mesmo!); À tia Adriana, pelo notebook emprestado num momento extremamente preciso (obrigadíssimo, tia!); Ao seu Catita e sua família pelo apoio na vila do Pesqueiro; Aos donos do bar “Menina do mar” pelo apoio na praia do Mata-Fome.

Por todo amor, apoio, incentivo, carinho, dedicação, “puxões de orelha” e toda alegria sou eternamente grata à minha família e amigos. Sem as minhas pessoas queridas, com certeza nada disso existiria. Amo vocês.

Por quatro anos de convivência, “aperreios” e “farras” em sala de aula, na praia, no mangue, no R.U. ou na beira, Oceano 2007, muito obrigada! Aprendi muito e me diverti muito com vocês, espero que os laços perdurem. Boa sorte para todos nós!

Por fim e sempre, agradeço à Deus e à todos os Santos, brancos e pretos, de todas as cores, que me iluminaram e me iluminam nessa trajetória. A benção, meu pai!



Quino

## RESUMO

A zona costeira é um ambiente bastante instável, sendo constantemente retrabalhada por processos erosivos e deposicionais, principalmente pela ação de ondas, maré e correntes costeiras, o que torna fundamental o monitoramento destes ambientes. Dentre os diversos ambientes costeiros, podemos citar os estuários e as planícies de maré. Importantes para o desenvolvimento das planícies de maré e de manguezais encontram-se associados a estes ambientes os canais de maré, os quais são importantes na drenagem e distribuição de nutrientes e sedimentos. Por estarem sujeitos a modificações externas, como, por exemplo, aumento relativo do nível do mar e ações antropogênicas, compreender os processos que governam o desenvolvimento e a evolução temporal dos canais de maré é imprescindível. Foram verificadas a batimetria, a variação do canal de maré entre os meses de abril/maio, agosto e dezembro de 2010, turbidez da água e observações *in situ* de marcas onduladas nos canais de maré do Limão e Jubim no município de Salvaterra, e nos canais de maré do Uruci e Andiroba (Pesqueiro) no município de Soure, costa leste da Ilha do Marajó, Estado do Pará. Os canais de maré do Limão, Jubim, Uruci e Andiroba (Pesqueiro) são canais rasos (profundidade máxima de aproximadamente 5 m), com a presença de inúmeros bancos, sob regime de mesomarés (amplitudes variando de 3,28 m no canal do Uruci e 2,58 m nos canais do Limão e Jubim) associados a extensas áreas inundáveis, localizados em uma região de alta hidrodinâmica, com predomínio de sedimentos arenosos e apresentando uma variedade de energia de fluxo o que é indicado pela variedade de marcas de leito observadas ao longo das planícies de intermaré associadas aos canais. A turbidez da água atingiu seus máximos entre início e meio da maré vazante, e os menores durante a preamar, identificando-os como exportadores de material particulado em suspensão. Este presente trabalho apresentou uma caracterização prévia da morfodinâmica presente nos canais de maré do Limão, Jubim, Uruci e Andiroba, presentes na costa leste da Ilha do Marajó.

**Palavras-chave:** Canais de maré. Ilha do Marajó (Pará). Batimetria. Migração de canal. Marcas de leito.

## ABSTRACT

Coastal zone is a very unstable environment, which is constantly reworked by erosive and depositional processes, mainly by action of waves, tides and coastal currents, what makes the monitoring of these environments critical. Among the different coastal environments, we can mention the estuaries and tidal flats. Tidal channels are important for the development of tidal flats and mangroves, and for drainage and distribution of nutrients and sediment. This environments are subject to external modifications, for example, increasing the relative sea level and anthropogenic activities, in this way understanding the processes the govern the development and evolution of tidal channes is essential. It was verified the bathymetry, the variation of tidal channel between April/May, August and December 2010, water turbidity and it was observed bed forms in Limão and Jubim tidal channels in Salvaterra, Uruci e Andiroba (Pesqueiro) tidal channels in Soure, east coast of Marajó Island, State of Pará. Limão, Jubim, Uruci e Andiroba tidal channels are shallow (maximum depth of approximately 5 m) with the presence of numerous sandbanks, under a mesotidal regime (ranging from 3.28 m in Uruci tidal channel and 2.58 m in Limão and Jubim tidal channels) associated to extensive wetlands, located in a high hydrodynamic region, with a predominance of sandy sediments and presenting a variety of energy flow, which is indicated by the variety of bed forms observed over the intertidal flats associated to channels. Water turbidity presented its peak between the beginning and middle of the ebb tide, and lowest during high tide, identifying the tidal channels as exporters of suspended particulate matter. Present study was a previous characterization of Limão, Jubim, Uruci and Andiroba tidal channels' morphodynamics, tidal channels located in the east coast of Marajó Island.

**Keywords:** Tidal channel. Marajó Island (Pará). Bathymetry. Channel migration. Bed forms.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

Figura 1: Representação esquemática dos vários tipos de <i>bed forms</i> relacionados a interação entre o tamanho do grão e a energia do fluxo, apresentada por Reineck & Singh (1973) baseados em Simons <i>et al.</i> (1965) e Allen (1968a).....	25
Figura 2: Diferentes tipos de <i>ripples</i> apresentado por Allen (1968) modificado por Morang & Parson (2006).....	26
Figura 3: Mapa de localização dos quatro canais de maré estudados na costa leste da Ilha do Marajó-PA.....	27
Figura 4: Fotos do canal de maré Limão, na vila de Joanes (Salvaterra-PA).....	28
Figura 5: Fotos do canal de maré Jubim, na vila do Jubim (Salvaterra-PA).....	29
Figura 6: Fotos do canal de maré Uruci, entre as praias do Mata-Fome e Garrote (Soure-PA).....	30
Figura 7: Fotos d canal de maré Andiroba, na praia do Pesqueiro (Soure-PA).....	31
Figura 8: 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 (França e Souza Filho, 2006).....	34
Figura 9: Ecobatímetro utilizado para a obtenção das profundidades nos canais de maré estudados.....	41
Figura 10: Perfis obtidos no levantamento batimétrico dos canais de maré.....	41
Figura 11: Mapa batimétrico do canal de maré do Limão, no município de Salvaterra-PA, em 2010.....	43
Figura 12: Mapa batimétrico do canal de maré do Jubim, no município de Salvaterra-PA, em 2010.....	44

Figura 13: Mapa batimétrico do canal de maré do Uruci, no município de Soure-PA, em 2010.....	44
Figura 14: Mapa batimétrico do canal de maré do Andiroba, no município de Soure-PA, em 2010.....	45
Figura 15: Mapa apresentando a variação do canal de maré do Limão (Salvaterra-PA) entre maio e dezembro de 2010.....	46
Figura 16: Mapa apresentando a variação do canal de maré do Jubim (Salvaterra-PA) entre os meses de maio, agosto e dezembro de 2010.....	47
Figura 17: Mapa apresentando a variação do canal de maré do Uruci (Soure-PA) entre agosto e dezembro de 2010.....	48
Figura 18: Mapa apresentando a variação do canal de maré do Limão (Soure-PA) entre agosto e dezembro de 2010.....	49
Figura 19: Gráfico representando a variação da turbidez da água ao longo de um ciclo de maré para o dia 7/12/2010 no canal de maré do Limão (Salvaterra-PA).....	50
Figura 20: Gráfico representando a variação da turbidez da água ao longo de um ciclo de maré para o dia 8/12/2010 no canal de maré do Jubim (Salvaterra-PA).....	51
Figura 21: Gráfico representando a variação da turbidez da água ao longo de um ciclo de maré para o dia 6/12/2010 no canal de maré do Andiroba (Soure-PA).....	52
Figura 22: Principais tipos de <i>ripples</i> observados ao longo dos quatro canais de maré. Da esquerda para direita, de cima para baixo: <i>ripples</i> tipo sinuosa, linguoide, meia-lua, e sobrepostas.....	53
Figura 23: <i>Megaripples</i> observadas no canal de maré do Limão (Salvaterra-PA). De cima para baixo: tipos linguoide e sinuosa.....	53
Figura 24: <i>Ripple</i> do tipo reta ( <i>straight</i> ) observada no canal de maré do Jubim (Salvaterra-PA).....	54

Figura 25: Depósitos lateríticos presentes nos canais do Jubim e Uruci, da esquerda para a direita respectivamente.....	54
Figura 26: Margem direita do canal de maré do Uruci (Soure-PA).....	55
Figura 27: Margem esquerda do canal de maré do Uruci, apresentando <i>ripples</i> do tipo linguoide e sinuosa, e <i>megaripples</i> sinuosas (da esquerda para direita, de cima para baixo, respectivamente).....	55
Figura 28: <i>Ripples</i> do tipo sinuosas observadas às margens do canal de maré Andiroba, na praia do Pesqueiro (Soure-PA).....	56
Figura 29: Imagem de França & Sousa Filho (2003) indicando a migração das desembocaduras dos principais canais de maré de Soure e Salvaterra entre 1986 e 1995.....	58
Figura 30: Variação da maré em uma maré de sizígia, entre os dias 28 de abril e 1º de maio, nos quatro canais de maré estudados.....	59

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	14
2.	<b>OBJETIVOS.....</b>	16
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3.	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	17
3.1.	MARÉ.....	17
3.2.	ESTUÁRIOS.....	19
3.3.	CANAIS DE MARÉ.....	21
3.4.	BATIMETRIA.....	22
3.5.	MARCAS DE LEITO.....	23
4.	<b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>	27
4.1.	LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	31
4.2.	HISTÓRICO E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	32
4.3.	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E SEDIMENTARES.....	33
4.4.	ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS.....	34
4.5.	HIDROGRAFIA.....	35
5.	<b>MATERIAIS E METÓDOS.....</b>	37
5.1.	COLETA DE DADOS.....	37
5.2.	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	42
6.	<b>RESULTADOS.....</b>	43

6.1.	BATIMETRIA.....	43
6.2.	CAMINHAMENTO DO CANAL.....	45
6.3.	TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO EM SUPENSÃO.....	49
6.4.	OBSERVAÇÕES <i>IN SITU</i> DE MARCAS DE LEITO.....	52
7.	<b>DISCUSSÕES.....</b>	<b>57</b>
8.	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente bastante instável, por ser uma região de transição entre o continente e o mar. De acordo com Vidigal *et al.* (2006), a modelagem da costa é função de processos erosivos ou deposicionais, que podem ser devido à ação física, química ou biológica, tendo os principais processos físicos causados pela ação de ondas e maré e das correntes costeiras. Desencadeadas por processos naturais, e por vezes por ações antrópicas, as mudanças morfológicas costeiras atuam em várias escalas temporais e espaciais, e se apresentam como crescimento ou diminuição de áreas de manguezais, desenvolvimento de cordões e bancos arenosos, recuos de falésias, migração de desembocaduras de canais de maré, etc., como citam França e Souza Filho (2003). O monitoramento da região costeira é fundamental para a identificação da dinâmica e transporte de sedimento locais, sendo este conhecimento de grande relevância para o planejamento de obras de engenharia na região costeira, como citado por Vidigal *et al.* (2006). Dentre os diversos ambientes costeiros, podemos citar os estuários e as planícies de maré.

Os estuários são os grandes responsáveis pela descarga de nutrientes para os oceanos, como exposto por Dyer (1973), devido a esta característica são ambientes férteis com alta produção biológica, servindo como abrigo e criadouro de diversas espécies de interesse comercial (VIDIGAL *et al.*, 2006), além disso, constituem ambientes de acesso ao continente sendo favoráveis a construção de portos (DYER, 1973). Todas essas características fizeram das regiões estuarinas os principais centros de desenvolvimento humano (DYER, 1973). As planícies de maré desenvolvem-se sob fraca ação de ondas, em regimes de maré moderados a altos, onde há uma elevada concentração de sedimento em suspensão na água (PARK, 1999). Em regiões equatoriais e tropicais associados a estes dois ambientes desenvolvem-se os manguezais, sendo estes uns dos principais responsáveis pela manutenção de boa parte das atividades pesqueiras nessas regiões (VIDIGAL *et al.*, 2006). Importantes para o desenvolvimento das planícies de maré e de manguezais encontram-se associados a estes ambientes os canais de maré. Segundo Vlaswinkel e Cantelli (2010), os canais de maré são responsáveis pelo controle da distribuição hidrológica e sedimentar, pela

geomorfologia e ecologia presentes nas planícies de maré. Como esses ambientes estão sujeitos à modificações externas, tais como, o aumento relativo do nível do mar e intervenções antropogênicas, compreender os processos que governam o desenvolvimento e a evolução temporal dos canais de maré é imprescindível (VLASWINKEL; CANTELLI, 2010).

A Zona Costeira Amazônica (ZCA), que abrange os estados do Pará, Amapá e Maranhão, se medida em linha reta, em escala 1:2.500.000, possui 2.250 km de extensão. A porção oriental é extremamente irregular, abrigando pouco mais que duas dezenas de estuários influenciados por macromarés, com extensas planícies de maré arenosas e lamosas, entre outras feições costeiras típicas de latitudes tropicais úmidas (SOUZA FILHO, 2005<sup>1</sup> apud GREGÓRIO; MENDES, 2009). A costa leste da Ilha do Marajó esta sob influência da baía do Marajó, a qual possui como principais afluentes os rios Pará, Tocantins e todo o complexo da baía do Guajará, e segundo Côrrea (2005) é um ambiente de elevada energia hidrodinâmica, tendo como principais controladores dos processos de mistura e modelagem da área as correntes de maré e fluviais, sob influência de ondas. A região amazônica possui uma vocação natural para a navegação, uma vez que os rios desempenham um papel preponderante, sendo em muitos casos as únicas alternativas de transporte e comunicação (SOUZA, 2006). Dentro deste contexto, estudos voltados para o conhecimento dos processos dinâmicos costeiros são de grande relevância para a região amazônica.

---

<sup>1</sup> SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação do maior cinturão contínuo de manguezais do mundo. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23(4), p. 427 – 435. 2005.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

-Realizar um diagnóstico dos aspectos morfodinâmicas de quatro canais de maré da costa leste da Ilha do Marajó (Pará).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Produzir mapas batimétricos dos canais de maré Limão e Jubim (Salvaterra-PA) e Uruci e Andiroba (Soure-PA).

-Verificar se há variação na direção das desembocaduras destes canais de maré em diferentes períodos sazonais.

-Verificar a quantidade de material particulado em suspensão transportado por esses canais de maré ao longo de um ciclo de maré.

-Identificar os tipos de marcas de leito presentes nos canais de maré, a fim de inferir o regime de fluxo presente em cada canal.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 MARÉ

Caracterizada pelo movimento rítmico de subida e descida do nível do mar ao longo do dia (PARK, 1999), podemos, de um modo simples e geral, dizer que as marés são alterações periódicas, de curto prazo, na altura da superfície do oceano, em um determinado lugar, causadas pela combinação da força gravitacional da Lua e do Sol com o movimento da Terra, como define Garrison (2010). São na verdade imensas ondas de águas rasas com um comprimento de onda de metade da circunferência da Terra (GARRISON, 2010). A passagem da cava e da crista dessa onda é o que nos dá a impressão do movimento de “ida” e “vinda” do mar o qual chamamos de maré, como expostos por Park (1999). Quando observamos a crista dessa onda em determinado lugar observamos a maré alta ou a chamada preamar. Já a passagem da cava é chamada de maré baixa ou baixa-mar. Este movimento de subida e descida do mar acaba gerando um movimento de massas d’água, são as correntes de maré enchente e vazante. Estas correntes de maré são significativas no transporte sedimentar costeiro especialmente onde a variação da maré é expressiva (TESSLER; GOYA, 2005). Na costa paraense as correntes de marés são dominantes (BRAGA *et al.*, 2007), atingindo velocidades de 2,1 e 1,9 nós durante as preamares (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

Devido a relação Terra-Lua-Sol observamos as marés de quadratura e de sizígia. Quando o sistema Terra-Lua-Sol está alinhado, ou seja, na lua cheia e na lua nova, a atração exercida pelo Sol e pela Lua sobre a Terra é “somada”, resultando nas marés de sizígia ou marés vivas, com amplitudes de maré (diferença de nível entre a preamar e a baixama) bastante acentuada. Já quando o sistema Terra-Lua-Sol não está alinhado, com a Lua e o Sol formando um ângulo de aproximadamente 90°, a atração exercida pelo Sol “subtrai” a exercida pela Lua gerando as chamadas marés de quadratura ou marés mortas, que ocorrem no quarto crescente e no quarto minguante, onde as amplitudes de maré são menores que as observadas durante as marés de sizígia. A amplitude das marés, segundo Tessler e Goya (2005), é um elemento

modelador da linha de costa, em função das velocidades de correntes a ela associadas. No Brasil, amplitudes superiores a 4 metros, associado a regime de macromarés, ocorrem apenas no Estado do Maranhão, em parte do Pará e no litoral sul do Cabo Norte (Amapá). Nestes locais as correntes de marés possuem capacidade para modificar a morfologia da linha de costa e da plataforma continental interna (TESSLER; GOYA, 2005).

Apesar das forças geradoras de maré serem as mesma em escala global, observamos diferentes padrões de maré no mundo todo. Isso ocorre, pois, como afirma Park (1999), a resposta dos oceanos a essas forças são modificadas de acordo com a topografia e efeitos transitórios dos padrões climáticos. As massas de terra obstruem as cristas de maré, desviando, freando e complicando seus movimentos. Essa interferência produz diferentes padrões na chegada das cristas de maré a diferentes lugares (GARRISON, 2010). Nesse sentido, em relação ao período podemos observar marés semidiurnas, com período de aproximadamente 12 horas, ou seja, apresentando duas baixamars e duas preamars com aproximadamente o mesmo nível ao longo de um dia lunar (24h50min); marés diurnas, com apenas uma baixamar e uma preamar ao longo do dia lunar; e marés mistas, quando sucessivas marés altas ou baixas são de alturas significativamente diferentes ao longo de um ciclo (GARRISON, 2010). Em relação a amplitude observamos regimes de hiper (acima de 6 m), macro (entre 4 e 6m), meso (entre 2 a 4 m) e micromarés (menores que 2 m), como classificado por Davies (1964<sup>2</sup> apud MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002).

A Zona Costeira Paraense (ZCP), como afirmam El-Robrini *et al.* (2006), é influenciada por macromarés semidiurnas com amplitude de 5,2 m no setor 1 (Costa Atlântica do Salgado), e mesomarés semidiurnas com amplitudes de 3,65 m nos setores 2 e 3 (Insular Estuarino e Continental Estuarino, respectivamente). A área de estudo deste presente trabalho está inserida no setor 2. Contudo não há tábua de maré para a costa leste da Ilha do Marajó, sendo constantemente observados em estudos para a área, cujos dados de maré são necessários, o uso de réguas e/ou o cálculo médio

---

<sup>2</sup> DAVIES, J. H. A morphogenic approach of World Shorelines. *Z. Geomorphology*, 8: 127 – 142. 1964.

entre os horários de maré das tábuas da Ilha dos Guarás e da Ilha de Mosqueiro, localizados a margem direita da baía do Marajó.

Os padrões de maré nos estuários são ainda mais variados. De acordo com Miranda, Castro e Kjerfve. (2002) a oscilação vertical da superfície dos estuários é resultante de um grande número de processos distintos, tendo como principais forçantes as ondas de gravidade superficiais, a co-oscilação das marés, a tensão de cisalhamento do vento, variações temporais nas descargas dos rios e na pressão atmosférica, bem como a co-oscilação com o levantamento pelo vento que ocorre na plataforma continental adjacente ao estuário. Além disso, os estuários não têm uma geometria uniforme, sendo a onda de maré no interior da maioria dos estuários uma composição complexa de ondas progressivas e estacionárias (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002). A energia das correntes de marés serve como mecanismo de mistura entre as águas doces provenientes dos rios e as águas salgadas oriundas do ambiente marinho, bem como a ressuspensão, transporte e deposição dos sedimentos, a formação de canais e bancos e a redistribuição de contaminantes que possam existir na área (CORRÊA, 2005). A velocidade das correntes de marés, no estuário da baía de Marajó e em suas cercanias, pode exceder a 250 cm/s (CÔRREA, 2005).

### 3.2 ESTUÁRIOS

A definição clássica para estuários, comumente adotada, é a de Cameron & Pritchard (1963<sup>3</sup> apud DYER, 1973), que diz o seguinte:

“Estuário é um corpo de água costeiro semifechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

---

<sup>3</sup> CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. *Estuaries*. The Sea (ed. M. N. Hill), John Wiley & Sons, vol. 2, p. 306 – 324. New York. 1963.

Contudo há diversas definições para este ambiente, de acordo com o autor e a área de estudo focada. Por exemplo, Dalrymple *et al.* (1992<sup>4</sup> apud MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002) consideram em sua definição para estuários aspectos relacionados a sedimentação:

“Estuário é a parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, os quais recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, onda e processos fluviais. Considera-se que o estuário se estende desde o limite interno das fácies de maré, até o limite oceânico das fácies costeiras de entrada”.

Todas essas definições se dão devido à complexidade que envolve os sistemas estuarinos. São ecossistemas ricos em recursos naturais, mas com inúmeras características que tornam o estudo destes corpos d’água extremamente complexo. Esta complexidade, em termos hidrodinâmicos e dos processos de transporte de contaminantes e sedimentos, é proveniente da interação de condicionantes distintas como vazão fluvial, maré, topografia irregular do fundo, estratificação de densidade e tensões superficiais provocadas pelo vento (MEDEIROS, 2003). De um modo geral, os estuários são ambientes transicionais entre os continentes e oceanos, mais precisamente, ambientes que representam o encontro entre a drenagem continental com o mar. Segundo Perillo (1995<sup>5</sup>, apud LANZONI; SEMINARA, 2002), os estuários, dentro da escala geológica, são ambientes recentes e efêmeros, tendo sido possivelmente originados durante a Transgressão Flandriana, quando houve uma rápida subida eustática do nível do mar afogando vales de rios e vales glaciais. De acordo com Medeiros (2003), a alta produtividade e a localização favorável ao desenvolvimento humano atribui aos estuários uma grande importância econômica e biológica.

Gregório e Mendes (2009) baseados em diversos autores (Côrrea, 2005; Dalrymple *et al.*, 1992 e Dalrymple & Choy, 2004) afirmam que mesmo o estuário do

---

<sup>4</sup> DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. B.; BOYD, R. A conceptual model of estuarine sedimentation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62: 1130 – 1146. 1992.

<sup>5</sup> PERILLO, G. M. E. *Geomorphology and sedimentology of estuaries*. Elsevier Sci, New York. 1995.

rio Pará, onde está inserida a baía do Marajó, sendo a princípio classificado como um “estuário dominado por maré”, há uma pronunciada atuação de ondas na desembocadura e nas áreas rasas marginais, devido ao regime de ventos alísios e à larga extensão do *fetch* disponível. Na verdade, estes autores apresentam o estuário do rio Pará como um estuário de energia mista, altamente dinâmico, onde há uma ampla interação entre correntes fluviais, correntes de maré e o regime de ondas. O estuário do rio Pará possui larguras consideráveis (~1 km na cabeceira e ~50 km na desembocadura/baía do Marajó) e vasta contribuição fluvial por ambas as margens. Os principais tributários (rios Tocantins, Guamá, Acará e Moju) localizam-se na margem direita. Devido à grande descarga de água doce, observa-se significativa redução da salinidade no estuário. A propagação da maré, no entanto, segue por vários quilômetros continente adentro, caracterizando uma larga zona de transição fluviomarina sob impacto de marés semidiurnas (GREGÓRIO; MENDES, 2009).

### 3.3 CANAIS DE MARÉ

A definição de Suguio (1998) para canais de maré diz o seguinte:

“Canal de maré (*tidal channel*) é um canal meandrante que se desenvolve sobre as planícies de maré que, durante a preamar e a baixa-mar podem desenvolver velocidades correspondentes ao regime de fluxo superior.”

De acordo com Reineck e Singh (1973), 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. A migração dos canais de maré pode causar o completo retrabalhamento dos sedimentos arenosos depositados em uma planície de maré. Reineck (1958a<sup>6</sup> apud REINECK; SINGH, 1973) demonstra em seu estudo que cerca de 58% das planícies de maré foram retrabalhadas por canais de maré em 68 anos. O mecanismo mais comum que ocasiona a migração desses canais é o meandramento (SUGUIO, 2003). França (2003)

---

<sup>6</sup> REINECK, H-E. Longitudinale Schrägschichten im Watt. *Geol. Rundschau*, 47: 73 – 82. 1958a.

afirma que essa migração lateral é um dos fenômenos mais frequentes nos canais de maré, decorrente da erosão nas margens côncavas e deposição nas margens convexas. Devido às correntes de maré e ao retrabalhamento dos sedimentos, os canais de maré tendem a tornar-se bifurcados, estreitos e de fundos lamosos em direção a montante, e em direção a jusante apresentam-se largos, retilíneos e com fundos arenosos (REINECK; SINGH, 1980; SOUZA FILHO, 1995; SILVA, 1996<sup>7</sup> apud FRANÇA, 2003). Souza Filho e El-Robrini (1996), em um estudo sobre a planície costeira bragantina, no Nordeste do Pará, identificaram canais de maré com este padrão de sedimentação citado acima, apresentando forma meandrante a retilínea com largura máxima de até 100 m, sendo frequentes barras de pontal. Em estudo realizado por França (2003), o autor observa larguras máximas para os principais canais de maré em Soure (Cajuúna, Pesqueiro, Barco, Glória, Araruna e Uruci) variando entre 112 e 468 m, e nos principais canais de maré em Salvaterra (Guajará e Jubim) larguras máximas de 58 a 150 m, com os canais do Cajuúna, Pesqueiro, Glória, Araruna e Jubim apresentando deltas de maré vazante em suas desembocaduras.

### 3.4 BATIMETRIA

Segundo a definição de Suguio (1998), batimetria é o ato de medição ou informações derivadas das medidas de profundidade da água em oceanos, mares, lagos e rios. A batimetria é amplamente utilizada para a navegação seja através do uso de cartas batimétricas, sonares, ou mesmo pelo “prumo” utilizado por embarcações de pequeno porte. Conhecer a profundidade do local, a presença de bancos de areia, e a localização do canal principal é de fundamental importância para evitar acidentes com embarcações. A batimetria pode ser obtida com a utilização de equipamentos que usam a emissão de pulsos sonoros, a recepção e análise de eco proveniente da reflexão do fundo, são os chamados ecobatímetros. Estes equipamentos podem ser do tipo

---

<sup>7</sup> SILVA, M. S. *Morfoestratigrafia e evolução holocênica da Planície Costeira de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará*. Dissertação (Mestrado em Geologia). Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 1996.

monofeixe com transdutores fixos que emitem um único feixe com ângulo de abertura estreito, de até quatro graus, obtendo uma amostragem dita pontual. Os ecobatímetros do multifeixe são utilizados para cobrir extensas áreas, pois apresentam uma série de transdutores com um feixe largo de até 90 graus (VIDIGAL *et al.*, 2006).

Associada a estudos sedimentológicos, a batimetria permite fazer uma caracterização de depósitos sedimentares, como em estudo realizado por Gregório e Mendes (2009), o qual caracteriza os depósitos sedimentares e seus processos ocorrentes na baía do Guajará nas proximidades de Belém (Pará). Tal estudo identificou uma ampla variação nas profundidades verificadas para a baía do Guajará, com extensas zonas de baixa profundidade com aproximadamente 2 m, e canais profundos com aproximadamente 25 m de profundidade, sendo identificados também dois canais principais, um de vazante e outro de enchente. Outro estudo realizado por Medeiros (2003) para o estuário do rio Itajaí-açu, no Estado do Rio de Janeiro, indica a interferência da batimetria na entrada e aprisionamento da cunha salina do estuário. Segundo este autor, a batimetria pode afetar significativamente a propagação da maré e das águas marinhas em um estuário pela existência de irregularidades na topografia do fundo, retardando a propagação da intrusão salina na presença de soleiras, ou ainda pelo aprisionamento de águas salinas (mais densas) em depressões, inclusive durante a maré vazante.

### 3.5 MARCAS DE LEITO (*Bed forms*)

A interação de um fluido com um material inconsolidado, como areia, por exemplo, produz feições como *ripples*, antidunas, etc. (REINECK; SINGH, 1973). Essas marcas onduladas comumente observadas em praias arenosas, no silte e na lama de estuários e planícies de maré são construídas pelas ondas e correntes (PARK, 1999). De acordo com Reineck e Singh (1973), a forma e a escala dessas feições varia com a energia do fluxo da água e a granulometria do sedimento presente no fundo (fig. 1), podendo apresentar, como exposto por (MORANG; PARSON, 2006) movimento seguindo a mesma direção da corrente ou em direção oposta, como é o caso das

antidunas, sendo muitas vezes observadas pequenas marcas onduladas (*ripples*) sobrepostas em formas maiores (dunas), o que sugere uma constante mudança do regime de fluxo. Como essas marcas onduladas estão diretamente relacionadas ao regime de fluxo presente, é possível identificar os diversos ambientes (rio, estuário, plataforma continental, etc.) a partir dos padrões das marcas de leito encontrados devido ao regime de fluxo presente em cada ambiente, por exemplo: os rios apresentam um canal bem definido com corrente unidirecional enquanto que em um estuário há a presença das correntes de maré com sentidos opostos em um canal menos definido que o do rio, já a plataforma continental não apresenta canal e está sob influência de diversas correntes com diferentes direções (MORANG; PARSON, 2006). Nesse sentido, estudos sobre o tamanho e forma das marcas de leito são de grande valor ao se fazer estimativas da intensidade de correntes atuantes em sedimentos atuais, bem como identificar paleocorrentes em sedimentos antigos, como afirmam Harms (1969) e Jopling (1966)<sup>8</sup> (apud MORANG; PARSON, 2006).

---

<sup>8</sup> HARMS, J. C. Hydraulic significance of some sand ripples. *Bulletin of Geological Society of America*, vol. 80, p. 363 – 396. 1969.

JOPLING, A. V. Some principles and techniques used in reconstructing the hydraulic parameters of a paleoflow regime. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 36, p. 5 – 49. 1966.

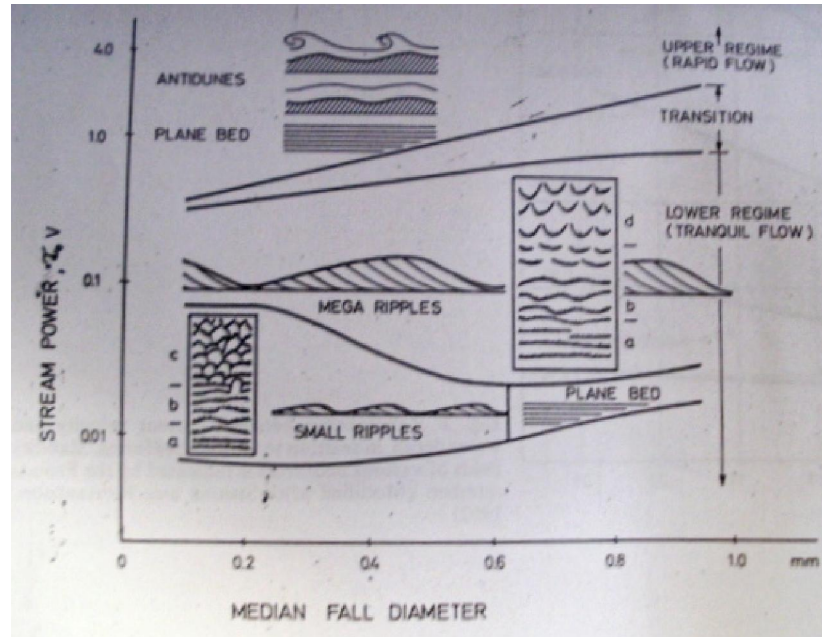


Figura 1 – Representação esquemática dos vários tipos de *bed forms* relacionados a interação entre o tamanho do grão e a energia do fluxo, apresentada por Reineck & Singh (1973) baseados em Simons *et al.* (1965) e Allen (1968a).

Fonte: Reineck e Singh (1973)

Como apresentado por Ashley (1990<sup>9</sup> apud MORANG; PARSON, 2006) as marcas de leito podem ser classificadas em quatro principais tipos: *ripples*, dunas, *plane beds* e antidunas.

*Ripples*: são pequenas marcas onduladas com espaço de crista a crista menor que 0,6 m e alturas menores que 0,03 m. Geralmente ocorrem em “assembléias”, ou seja, várias marcas similares próximas, e são formadas sob baixas tensões de cisalhamento. Esse tipo de marca de leito apresenta uma subdivisão (fig. 2) em: reta (straight), sinuosa, catenária, linguoide e em semi-lua (lunate). As quais, segundo Reineck e Singh (1973), estão mais relacionadas à energia do fluxo do que ao tamanho do grão.

<sup>9</sup> ASHLEY, G. M. Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 60, p. 363 – 396. 1990.

Dunas: são formas de fluxo transversal, únicas de ambientes arenosos, com espaço entre dunas variando de 1 m a 1000 m, sendo formadas por correntes unidirecionais. São chamadas também de *megaripples* e *sand waves*.

*Plane bed*: Assim é chamado, na verdade, o fundo quando este não apresenta elevações ou depressões significativas. Ocorre sob regime de fluxo alto, quando há uma baixa resistência ao fluxo havendo um grande transporte de sedimento (REINECK; SINGH, 1973).

Antidunas: São formas que estão fortemente associadas às ondas de gravidade na superfície da água, estando em fase com estas. São formadas sob alta energia, e seu comprimento e sua altura variam com o fluxo, as características do fluido e o tipo de sedimento do fundo. As antidunas são gradualmente construídas sob um *plane bed* com o aumento na velocidade das correntes (MORANG; PARSON, 2006).

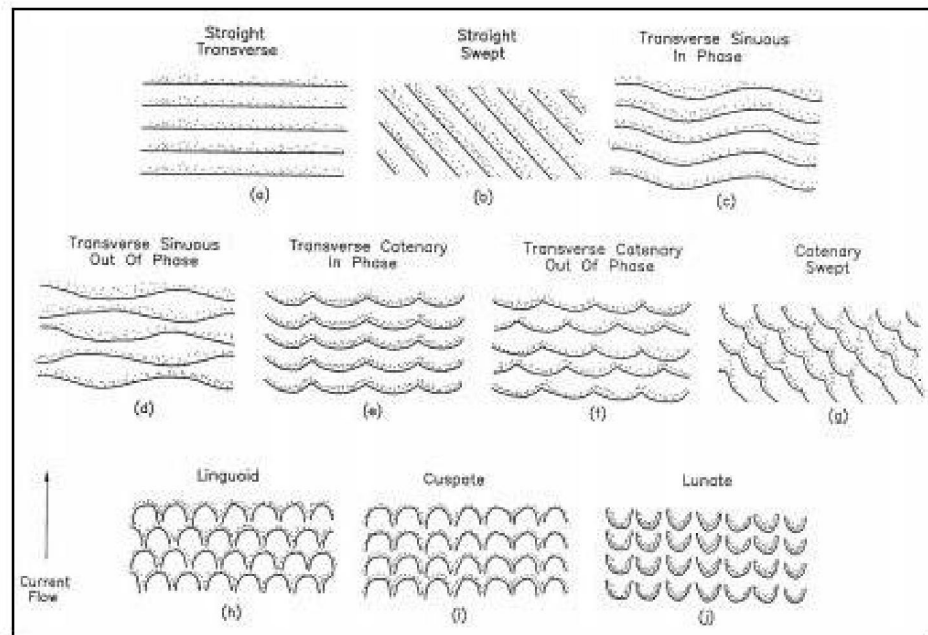


Figura 2 – Diferentes tipos de *ripples* apresentado por Allen (1968), modificado por Morang e Parson (2006)

Fonte: Modificado por Morang e Parson (2006).

#### 4 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho teve como área de estudo 4 canais de maré ao longo da costa leste da Ilha do Marajó, inseridos nos municípios de Soure e Salvaterra, com uma distância em linha reta de cerca de 26 km entre os canais de maré localizados nos pontos mais extremos. Chamados pelos moradores da região de igarapés, os canais de maré estudados foram: Limão e Jubim, em Salvaterra; e Uruci e Andiroba (Pesqueiro) no município de Soure (fig. 3).

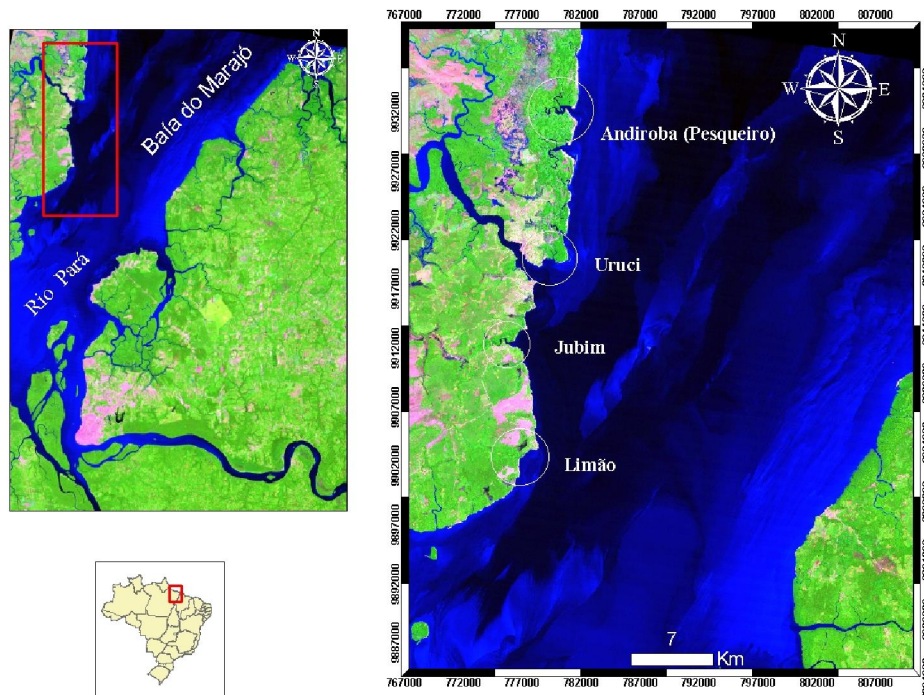


Figura 3 – Mapa de localização dos quatro canais de maré estudados na costa leste da Ilha do Marajó-PA.

O canal de maré do Limão ( $0^{\circ}53'16.70''S$  -  $48^{\circ}31'15.13''W$ ) apresenta comprimento em linha reta de aproximadamente 2 km, e largura máxima em sua desembocadura de cerca de 100 m. Localiza-se na vila de Joanes. Não há moradores em suas margens, sendo estas cobertas basicamente por mangue e várzea. O Limão é

utilizado pelos moradores da vila para pesca, lazer, e como via de acesso a áreas de extração de açaí e outros frutos (fig. 4).



Figura 4 – Fotos do canal de maré Limão, na vila de Joanes (Salvaterra-PA).

O canal do Jubim ( $0^{\circ}48'5.05''S$  -  $48^{\circ}31'44.75''W$ ) é margeado por vila de mesmo nome. Apresenta comprimento em linha reta de aproximadamente 3,5 km, e largura máxima em sua desembocadura de cerca de 700 m. É um canal bastante navegado, sendo utilizado não só para pesca, mas principalmente como atracadouro de embarcações (fig. 5). Em sua margem direita localiza-se a vila de Jubim e sua margem esquerda é também coberta por mangue e várzea. A estrada de principal acesso entre Salvaterra e seus demais distritos atravessa este canal.



Figura 5 – Fotos do canal de maré Jubim, na vila do Jubim (Salvaterra-PA).

O canal do Uruci ( $0^{\circ}44'28.19''S$  -  $48^{\circ}30'14.07''W$ ) (fig. 6) separa as praias do Mata-Fome e do Garrote. Apresenta comprimento em linha reta de aproximadamente 2,5 km, e largura máxima em sua desembocadura de cerca de 350 m. É um canal bastante movimentado, sendo localizado bem próximo ao centro do município de Soure, contudo há a entrada apenas de embarcações de pequeno porte como as chamadas montarias e rabetas. Dos quatro canais estudados este é o mais raso, e é o único que não deságua da baía do Marajó e sim no rio Paracuarí, rio que separa os municípios de Soure e Salvaterra, o qual deságua na baía.



Figura 6 – Fotos do canal de maré Uruci, entre as praias do Mata-Fome e Garrote (Soure-PA).

O Andiroba ( $0^{\circ}39'9.07''S$  -  $48^{\circ}29'27.98''W$ ) (fig. 7) está localizado na praia do Pesqueiro e é utilizado principalmente pelos moradores da Vila do Pesqueiro, localizada na praia, para pesca e transporte, além de possuir algumas moradias em suas margens. Apresenta comprimento em linha reta de aproximadamente 4 km, e largura máxima na desembocadura aproximadamente 1,5 km. Suas margens são cobertas principalmente por vegetação de mangue e várzea, como os demais. Dos quatro é o canal mais caudaloso.



Figura 7 – Fotos d canal de maré Andiroba, na praia do Pesqueiro (Soure-PA).

#### 4.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Ilha do Marajó, inserida no estuário do rio Amazonas (BEMERGUY, 1981), está localizada no extremo norte do Estado do Pará, sendo esta limitada ao norte pelo oceano Atlântico e pelo Estado do Amapá, ao sul pelo rio Pará, a leste pela baía do Marajó e a oeste pelo Estado do Amapá. Apresenta uma área total de 59.308,40 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 4,7% do Estado, compondo a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago do Marajó – APA Marajó (LIMA *et al.*, 2005). Os municípios de Salvaterra e Soure localizam-se na costa leste da ilha. Salvaterra é limitado ao norte com o município de Soure, sendo separado deste pelo rio Paracauarí; a nordeste e a leste é limitado pela baía do Marajó, ao sul, sudeste e oeste, pelo município de Cachoeira do Arari, separando os dois municípios, os rios Camará e São Miguel. Soure é delimitado ao norte pelo oceano Atlântico e a leste pela baía do Marajó, ao sul pelo rio Paracauarí e o município de Salvaterra, e a oeste pelos municípios de Chaves e

Cachoeira do Arari (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2010).

A distância em relação à Belém é de aproximadamente 86 km, e o acesso se dá por via aérea ou fluvial através de embarcações que partem a partir do trapiche de Icoaraci, ou do terminal hidroviário da Companhia Docas do Pará, que percorrem a baía do Guajará até o porto de Camará que fica à foz do rio com o mesmo nome (MONTEIRO, 2009).

#### 4.2 HISTÓRICO E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Os municípios de Salvaterra e Soure, antigamente integrantes da vila de Monsarás, foram colonizados por frades jesuítas por volta do século XVIII. Anteriormente a isto, o município de Soure era uma aldeia dos índios Muruanazes, e entre os povos que habitavam a região de Salvaterra predominavam os índios da tribo Sacaca descendente dos Aruans, grupo lingüístico indígena dos mais importantes no Brasil, que deixaram uma herança de grandes obras de arte em cerâmica que se desenvolveu ao longo dos anos em toda a Ilha do Marajó (IBGE, 2010).

De acordo com dados do IBGE (2010), atualmente Salvaterra é constituído por 5 distritos (Salvaterra, Condeixa, Joanes, Jubim e Monsarás), possuindo uma população de 18.124 habitantes em um área de 1.043,50 km<sup>2</sup>. Soure é constituído por 2 distritos (Soure e Pesqueiro), abrangendo uma área de 3.512,86 km<sup>2</sup> com uma população de 22.459 habitantes. A economia de Salvaterra concentra-se na pecuária e na pesca, seguido da agricultura, principalmente do cultivo do abacaxi e da mandioca. Outros produtos como o milho, arroz e feijão também são cultivados, contudo apenas para subsistência (IBGE, 2010). Já em Soure a economia baseia-se principalmente no extrativismo vegetal, principalmente de madeira, açaí, palmito e borracha, seguido da atividade pecuária, e tendo a hotelaria como uma atividade emergente (PDI 2006 apud MENEZES et al. 2009).

### 4.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E SEDIMENTARES

Segundo El-Robrini *et al.* (2006), a Zona Costeira Paraense (ZCP) possui 3 setores: 1 – Costa Atlântica do Salgado; 2 – Insular Estuarino e; 3 – Continental Estuarino. A ilha do Marajó está inserida no setor 2 – Insular Estuarino do Rio Amazonas.

França e Souza Filho (2003) caracterizaram a costa leste da ilha do Marajó, onde estão inseridos os municípios de Soure e Salvaterra, como uma costa retrogradacional, isto é, uma costa que está sofrendo processos relacionados com o avanço do nível do mar, como: erosão progressiva das falésias, migração dos depósitos arenosos praias e/ou dunares sobre depósitos lamosos de manguezais, morte e queda das franjas de mangues, deslocamentos das desembocaduras de canais de maré, etc.

Outro estudo de França e Souza Filho (2006) distingue duas diferentes unidades morfológicas na costa leste da ilha do Marajó (fig. 8): Planalto Costeiro e Planície Costeira. Os autores identificaram um claro contraste entre as costas de Soure e Salvaterra, na compartimentação do relevo, na geologia e litologia, no gradiente costeiro e na distribuição dos ecossistemas. 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, tendo como subunidades: 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. A cobertura vegetal é representada por mangues, campos inundáveis e restingas (FRANÇA; SOUZA FILHO, 2006).

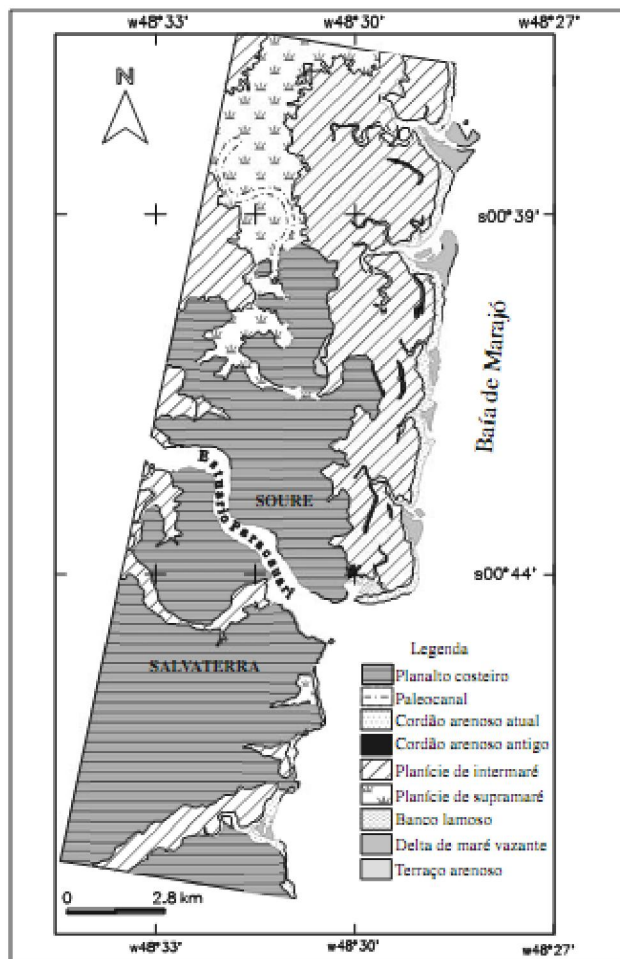


Figura 8 - Mapa morfológico da zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra (margem leste da Ilha de Marajó-PA), entre as desembocaduras dos canais do Cajuúna e Jubim

Fonte: França e Souza Filho (2006).

#### 4.4 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

De acordo com trabalho de Lima *et al.* (2005) as condições climatológicas da ilha do Marajó estão associadas principalmente ao tipo de vegetação, havendo uma diferença entre a porção ocidental da ilha, região de floresta, e a porção oriental, região dos campos, apresentando dois tipos climatológicos segundo a classificação de “KOPPEN”. Na porção oriental, onde se encontram os municípios de Soure e Salvaterra, o clima, identificado pelos autores, é do tipo “Am” segundo a classificação de KOPPEN, clima tropical úmido

de monção, com precipitação excessiva durante alguns meses o que compensa a ocorrência de um ou dois meses com precipitações inferiores a 60 mm. A média anual de pluviometria nos municípios de Soure e Salvaterra varia entre 3000 e 3500 mm, tendo o período de dezembro a maio como estação mais chuvosa, com maiores índices entre fevereiro e abril, e junho a novembro o período menos chuvoso, com menores índices entre setembro e novembro, podendo haver uma antecipação ou retardo das chuvas no período de transição entre as estações. A temperatura do ar média é de 27,3°C, com umidade relativa do ar muito alta o ano todo, mantendo-se sempre acima dos 80%. Devido a sua localização, a ilha do Marajó recebe ventos de superfície litorânea vindos de nordeste, atingindo velocidades de até 2,5 m/s na costa de Soure e Salvaterra.

#### 4.5 HIDROGRAFIA

A hidrografia paraense é entrecortada por dezenas de rios e outros cursos d'água, como lagos, paranás, furos e igarapés, que ajudam a formar um dos mais importantes ecossistemas da Terra e resultam, principalmente, do grande índice pluviométrico registrado na região. Dentre esses rios, é possível citar alguns que influenciam direta ou indiretamente a hidrografia da Ilha do Marajó, como os rios Amazonas, Tocantins e Pará (MONTEIRO, 2009).

Inserida no estuário do rio Amazonas, a Ilha do Marajó, como exposto por Bemerguy (1981), apresenta um sistema hidrográfico composto por inúmeros rios sob influência de maré, que constituem bacias hidrográficas interligadas, entre as quais a mais importante é a do rio Ararí, sendo comum a presença de lagos e lagoas de barragem, os quais em conjunto com os rios estabelecem uma drenagem desorganizada, compondo um padrão dentrítico. Segundo Lima *et al.* (2005), a hidrografia da região oriental da Ilha do Marajó é representada pelas bacias dos rios Ararí, Paracauari, Camará e Atua. Esse conjunto hidrográfico sofre a influência marinha da costa Atlântica, estando, segundo França e Souza Filho (2003), sob um regime de meso a macro-marés semidiurnas, cuja variação das marés de sizígia alcança valores máximos de 3,6 a 4,7 m, nas ilhas de Mosqueiro e dos Guarás, respectivamente de acordo com dados da DHN (2001 apud

FRANÇA; SOUZA FILHO, 2003), não havendo tábua de maré para a costa leste da Ilha do Marajó.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 COLETA DOS DADOS

Foram realizadas cinco campanhas associadas a marés de sizígia (tab. 1). A 1ª campanha foi realizada entre os dias 28 de abril e 1º de maio de 2010, quando foram feitas as batimetrias dos canais de maré do Limão, Jubim e Uruci, o primeiro caminhamento dos canais de maré do Limão e Jubim, além do levantamento da amplitude de maré em todos os canais. A 2ª campanha foi realizada em agosto (2010) entre os dias 11 e 13, quando houve o segundo caminhamento de canal e observação das marcas de leito associadas aos canais de maré, sendo realizado apenas no Limão, Jubim e Uruci. Foi realizada uma 3ª campanha também em agosto (dia 25) para o primeiro caminhamento do canal de maré Andiroba (Pesqueiro) e observações das marcas de leito associadas ao canal. A 4ª campanha ocorreu durante a primeira sizígia de novembro (2010) no dia 7, a fim de realizar o levantamento batimétrico do canal de maré Andiroba. A 5ª campanha ocorreu na primeira sizígia de dezembro (2010) entre os dias 6 e 9, sendo realizado o caminhamento do canal, o nivelamento da altura da água nos 4 canais de maré, e o levantamento da amplitude de maré e da turbidez da água em todos, exceto no Uruci.

Tabela 1 – Atividades realizadas em cada canal de maré por campanha

	<b>1ª Campanha (28/04- 01/05/2010)</b>	<b>2ª Campanha (11- 13/08/2010)</b>	<b>3ª Campanha (25/08/2010)</b>	<b>4ª Campanha (07/11/2010)</b>	<b>5ª Campanha (06- 09/12/2010)</b>
<b>Levantamento batimétrico</b>	Limão Jubim Uruci	-	-	Andiroba	-
<b>Caminhamento do canal</b>	Limão Jubim	Limão Jubim Uruci	Andiroba	-	Limão Jubim Uruci Andiroba
<b>Turbidez</b>	-	-	-	-	Limão Jubim Andiroba
<b>Observação das marcas de leito</b>	-	Limão Jubim Uruci	Andiroba	-	-
<b>Levantamento da amplitude de maré</b>	Limão Jubim Uruci Andiroba	-	-	-	Limão Jubim Andiroba
<b>Nivelamento da altura da água</b>	-	-	-	-	Limão Jubim Uruci Andiroba

A batimetria dos canais foi obtida através do uso de um ecobatímetro (fig. 9) da marca Garmin modelo GPSmap 520s, fixados em embarcações motorizadas de pequeno porte. Por se tratarem de canais relativamente estreitos, não foram determinados previamente perfis batimétricos, a amostragem foi feita de forma aleatória e contínua, obtendo-se um desenho “trançado” do canal de maré a fim de se obter uma malha menor e mais abrangente para a interpolação das profundidades verificadas (fig. 10).

O caminhamento foi realizado da seguinte forma: durante a baixa-mar, a linha d’água do canal de maré era contornada a pé obtendo-se uma trilha através do uso de um aparelho GPS Garmin 76 CSx, em intervalo de armazenamento de pontos a cada 2 segundos.

A altura da maré foi obtida de duas formas. Na 1ª campanha usou-se uma régua fixa sendo registrada a altura da água a cada 10 minutos durante um ciclo de maré (aproximadamente 12 horas). Na 4ª campanha foi usado um Sensor de pressão da marca Infinnity, o qual a cada 10 minutos, ao longo de um ciclo de maré, registrou a profundidade, turbidez e pressão da água. A turbidez da água utilizada para a análise do transporte de material particulado em suspensão foi obtida pelo mesmo aparelho.

O nivelamento do nível da água foi feito devido à ausência de tábua de maré para a área de estudo, a fim de se obter um referencial para a altura da maré e para a batimetria. Foi utilizada uma mangueira cheia d’água, técnica bastante utilizada em construções, obtendo-se a diferença de altura do nível da água em relação a um ponto de referência fixo (tab. 2).

Tabela 2 – Pontos de referência utilizados no nivelamento

<b>Canal de maré</b>	<b>Data</b>	<b>Hora</b>	<b>Referencial</b>	<b>Coordenadas (UTM)</b>	<b>Altura do nível da água (m)</b>
<b>Andiroba</b>	06/12/2010	9:23	Base da Igreja santa Luzia na vila do Pesqueiro	779625/9927236	-0,8
<b>Uruci</b>	07/12/2010	16:00	Borda da plataforma do Farol de Soure na praia do Mata-Fome	777558/9917896	-3,53
<b>Jubim</b>	08/12/2010	11:50	Base da Capela de Nazaré na vila do Jubim	774972/9911115	-3,04
<b>Limão</b>	09/12/2010	08:00	Muro da casa azul, 1ª casa ao se voltar do Limão pela estrada de terra	776433/9902469	-5,86



Figura 9 – Ecobatímetro utilizado para a obtenção das profundidades nos canais de maré estudados.

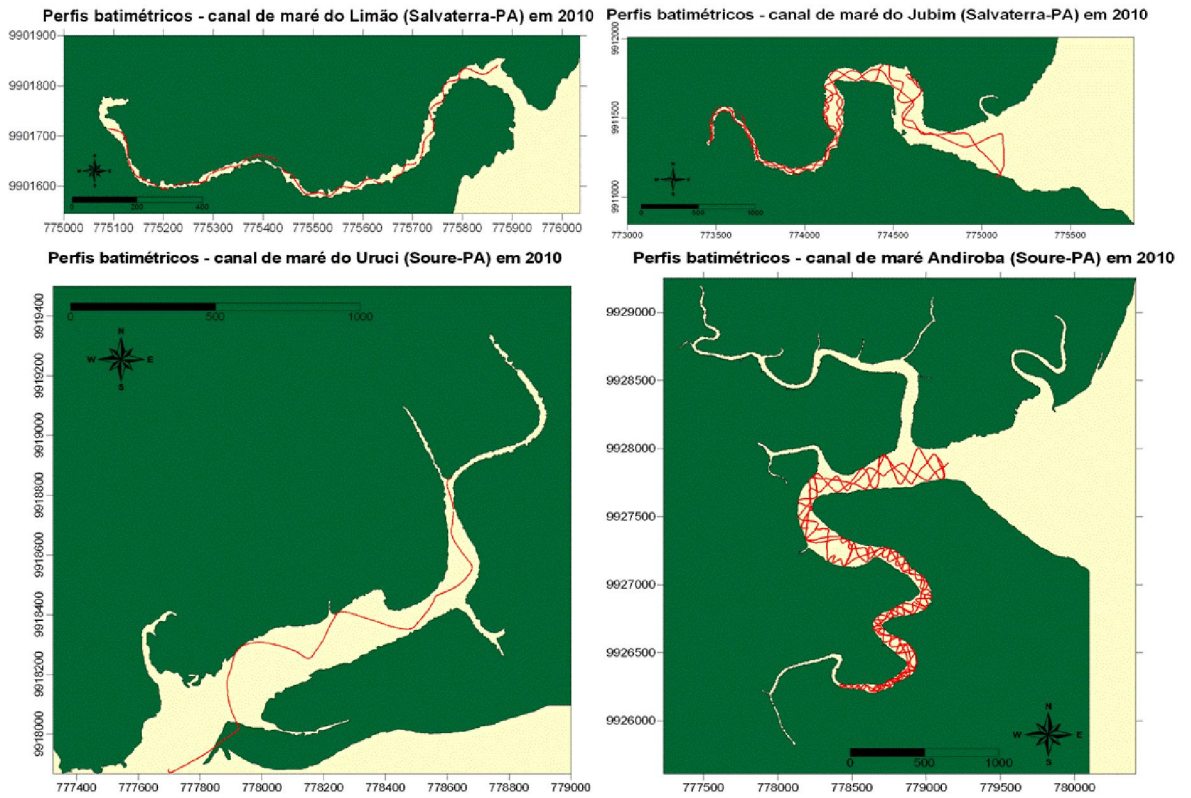


Figura 10 – Perfis obtidos no levantamento batimétrico dos canais de maré.

## 5.2 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

### *Mapas base*

Os mapas utilizados como base para os mapas batimétricos e de caminhamento do canal foram gerados a partir de imagens de satélite.

### *Batimetria*

Os dados obtidos para a batimetria foram tabelados. A fim de retirar o efeito oscilatório da maré, as profundidades obtidas foram colocadas ao nível registrado da baixa-mar durante o levantamento da amplitude de maré ocorrido simultaneamente a batimetria. Então, fez-se um “Grid” desses dados, de modo que as profundidades obtidas pudessem ser interpoladas e sobrepostas ao mapa base.

### *Caminhamento*

As trilhas obtidas com o GPS foram tabeladas e sobrepostas ao mapa base.

### *Maré e Turbidez*

Os dados de maré e turbidez foram baixados no programa do próprio equipamento, em seguida foram tabelados, filtrados e gerados os gráficos.

### *Marcas de leito*

Não foi feito um mapeamento para as marcas de leito, apenas observação *in situ* com registro fotográfico e sua localização com o uso de um aparelho GPS.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 BATIMETRIA

As profundidades verificadas nos canais de maré foram relativamente rasas, com profundidades máximas de aproximadamente 5 m nos canais do Limão (fig. 11), Jubim (fig. 12) e Andiroba (fig. 14). As zonas mais profundas ocorreram na parte mais interna dos canais, com exceção do canal do Andiroba, o qual apresentou maiores profundidades mais próximo à desembocadura. Notou-se a presença significativa de bancos principalmente no canal do Andiroba e no Uruci (fig. 13). O canal do Uruci apresentou as menores profundidades.

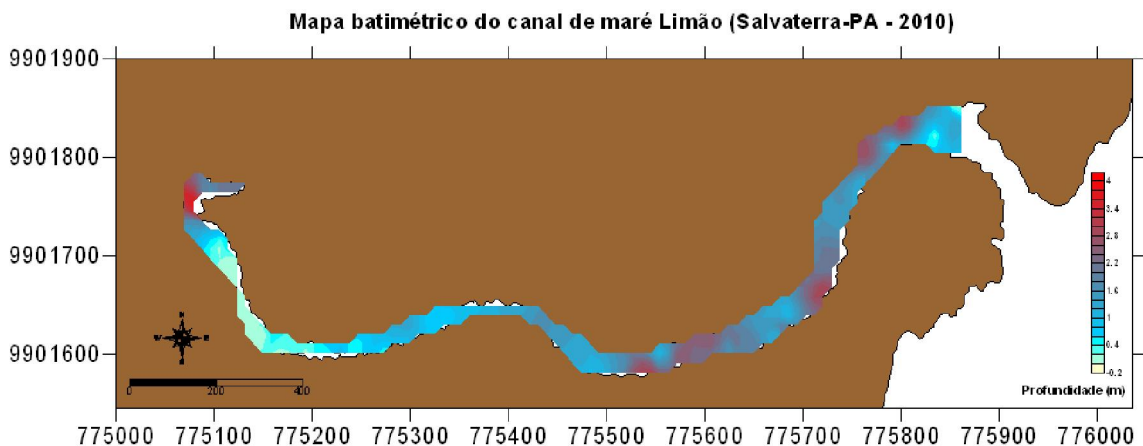


Figura 11 – Mapa batimétrico do canal de maré do Limão, no município de Salvaterra-PA, em 2010.

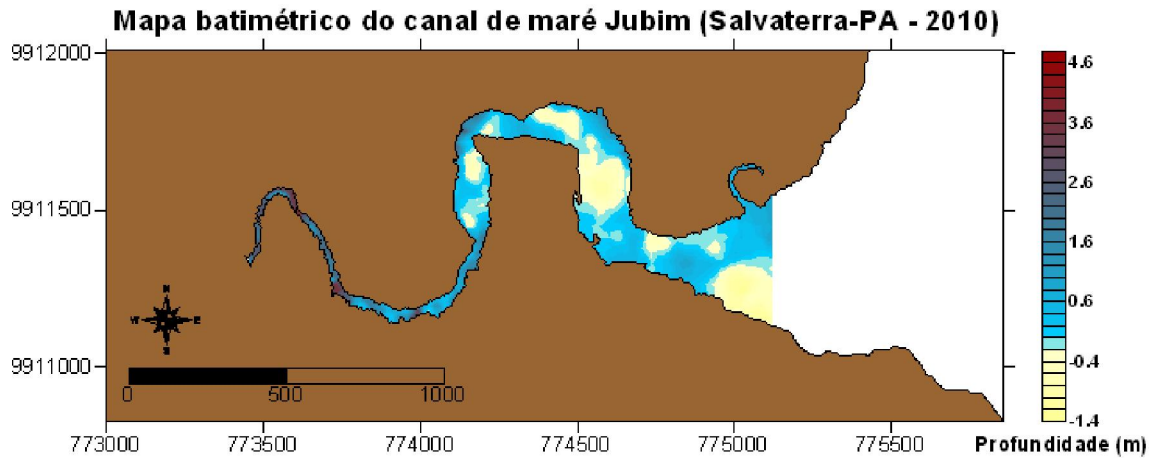


Figura 12 – Mapa batimétrico do canal de maré do Jubim, no município de Salvaterra-PA, em 2010.

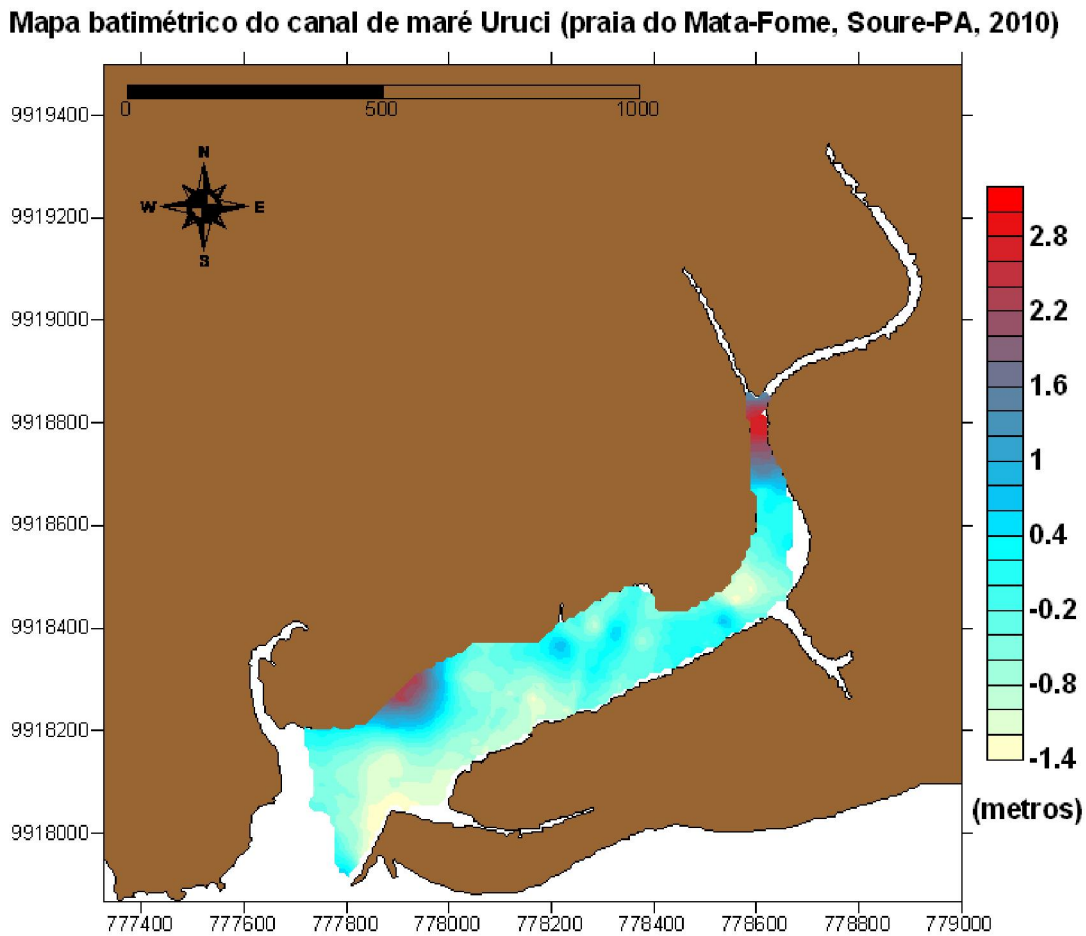


Figura 13 – Mapa batimétrico do canal de maré do Uruci, no município de Soure-PA, em 2010.

### Mapa batimétrico do canal de maré Andiroba (Soure-PA - 2010)

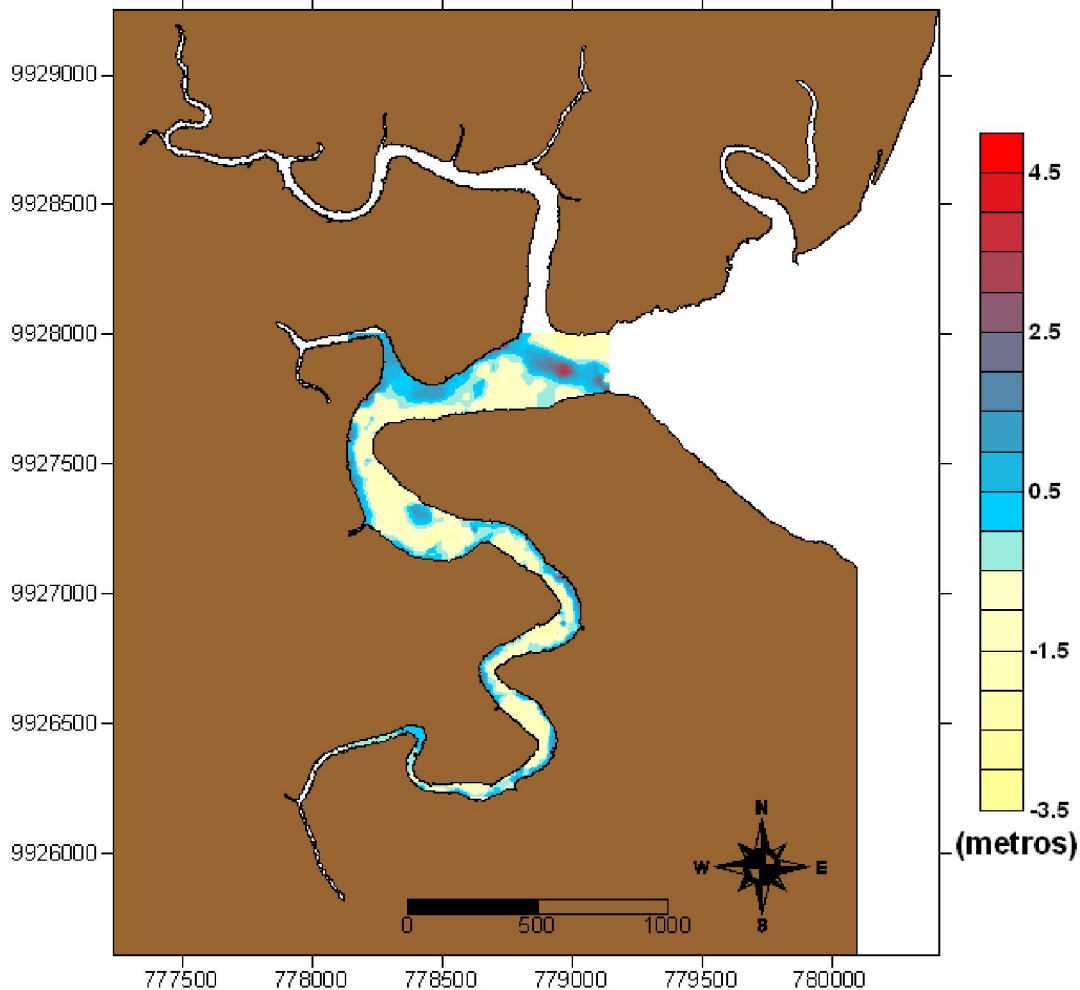


Figura 14 – Mapa batimétrico do canal de maré do Andiroba, no município de Soure-PA, em 2010.

### 6.2 CAMINHAMENTO DE CANAL

Em uma análise rápida observa-se que não houve uma variação acentuada na direção das desembocaduras dos canais de maré, sendo identificada uma maior variação entre os caminhamentos realizados entre os meses maio e dezembro, do que entre maio e agosto ou agosto e dezembro. O Canal de maré do Limão (fig. 15) apresentou orientação NW-SE, havendo uma migração em direção Sul. Notou-se também um maior “meandramento” do canal em dezembro comparando-se ao mês de maio.

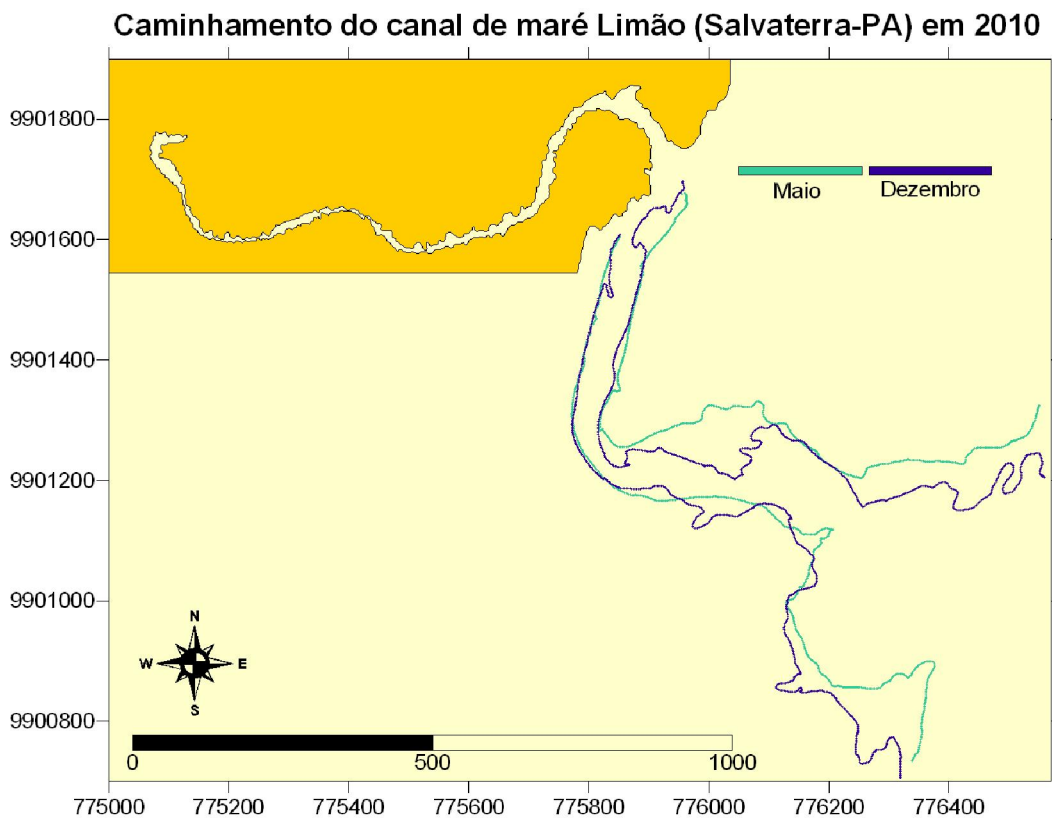


Figura 15 – Mapa apresentando a variação do canal de maré do Limão (Salvaterra-PA) entre maio e dezembro de 2010.

O canal de maré do Jubim (fig. 16) apresentou-se orientado em sentido W-E. Sua margem direita não apresentou variação significativa, ao contrário da margem esquerda do canal, a qual apresentou uma gradual migração em direção sul, ao longo dos três meses.

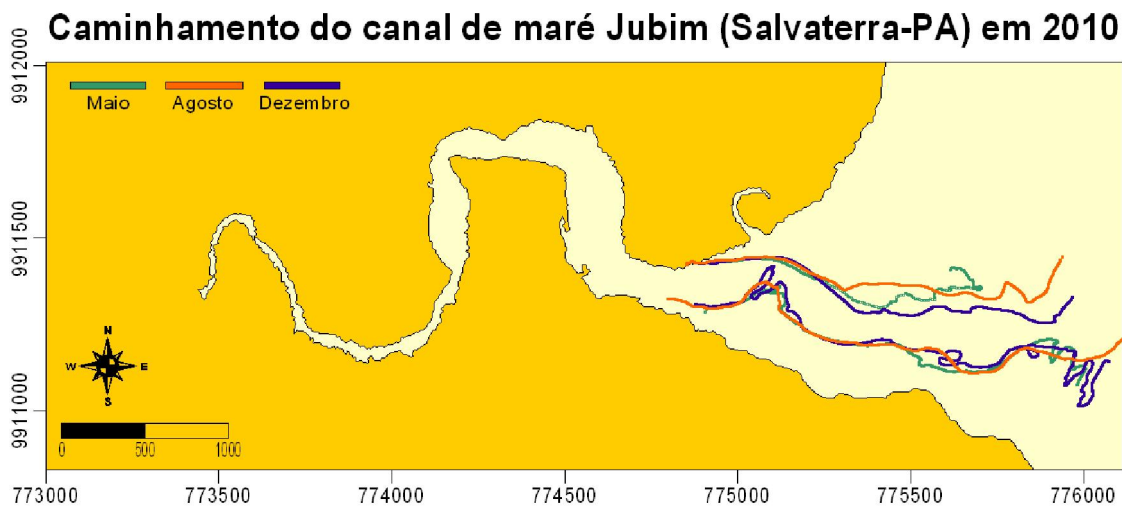


Figura 16 - Mapa apresentando a variação do canal de maré do Jubim (Salvaterra-PA) entre os meses de maio, agosto e dezembro de 2010.

O canal de maré do Uruci (fig. 17), entre as praias do Mata-Fome e Garrote, apresentou orientação NE-SW, sem migração lateral significativa, notando-se um leve alargamento do canal entre os meses de agosto e dezembro.

O canal de maré Andiroba (fig. 18), na praia do Pesqueiro, apresentou orientação SW-NE, sem migração lateral significativa na margem direita, e um alargamento do canal pela margem esquerda, entre os meses de agosto e dezembro.

### Caminhamento do canal de maré Uruci (praia do Mata-Fome) em 2010

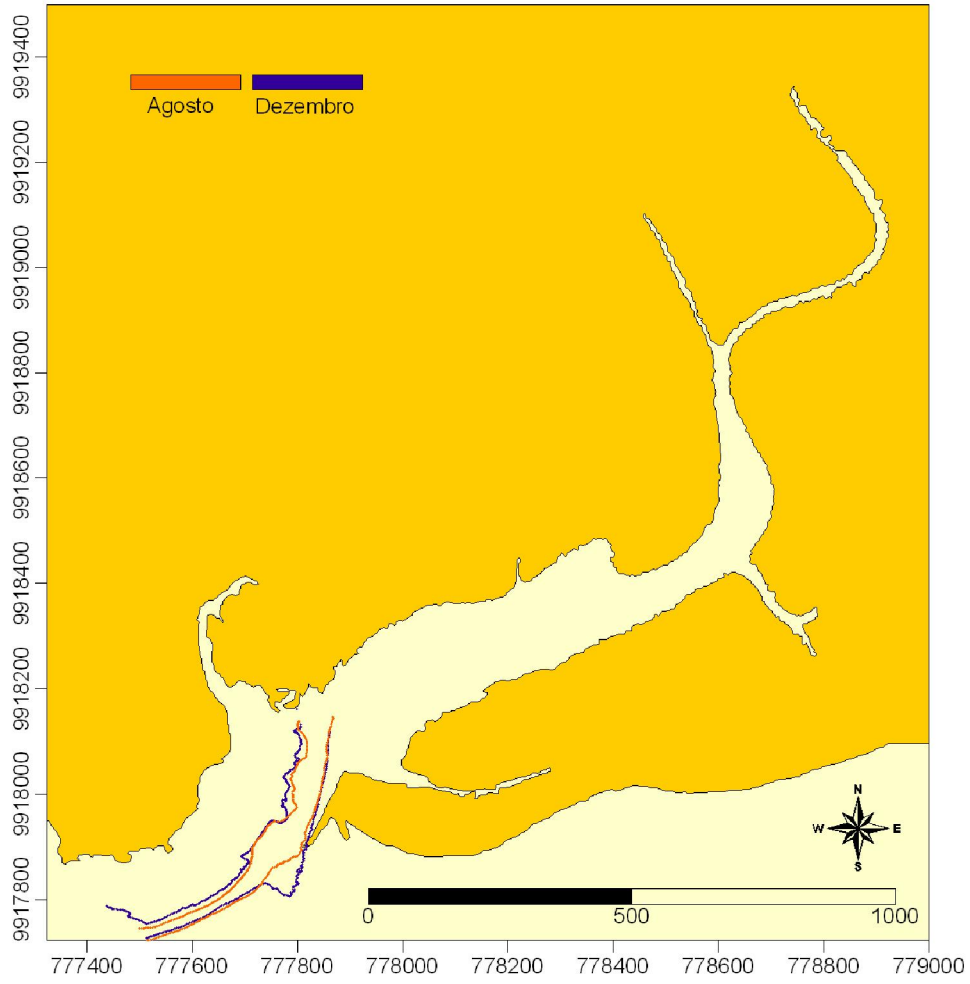


Figura 17 - Mapa apresentando a variação do canal de maré do Uruci (Soure-PA) entre agosto e dezembro de 2010.

### Caminhamento do canal de maré Andiroba (praia do Pesqueiro, Soure-PA) em 2010

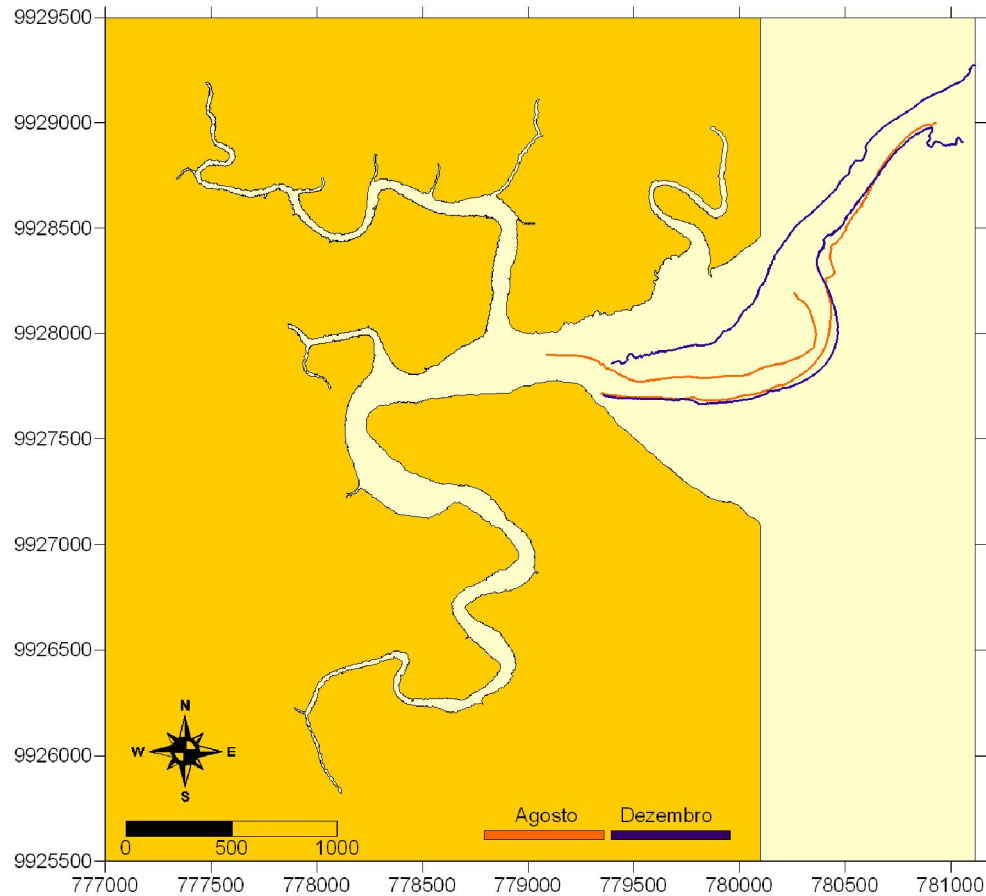


Figura 18 - Mapa apresentando a variação do canal de maré do Andiroba (Soure-PA) entre agosto e dezembro de 2010.

### 6.3. TRANSPORTE DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO

O canal de maré Andiroba, localizado na praia do Pesqueiro, apresentou os maiores valores de turbidez da água, com valor máximo de turbidez de 234 ppm, registrados durante o início da maré vazante. O valor mínimo para o canal do Andiroba foi de 8 ppm, próximo à preamar (fig. 21). O canal do Jubim apresentou os menores valores de turbidez da água, com valor máximo de 37 ppm na maré vazante, e mínimo de 5 ppm na preamar (fig. 20). O canal do Limão apresentou um máximo de 69 ppm durante a enchente, e um mínimo de 8 ppm na preamar, para os valores de turbidez da água (fig. 19). Foi possível observar dois picos de

turbidez em todos os canais ao longo do ciclo de maré, um no início da enchente e outro no começo da vazante

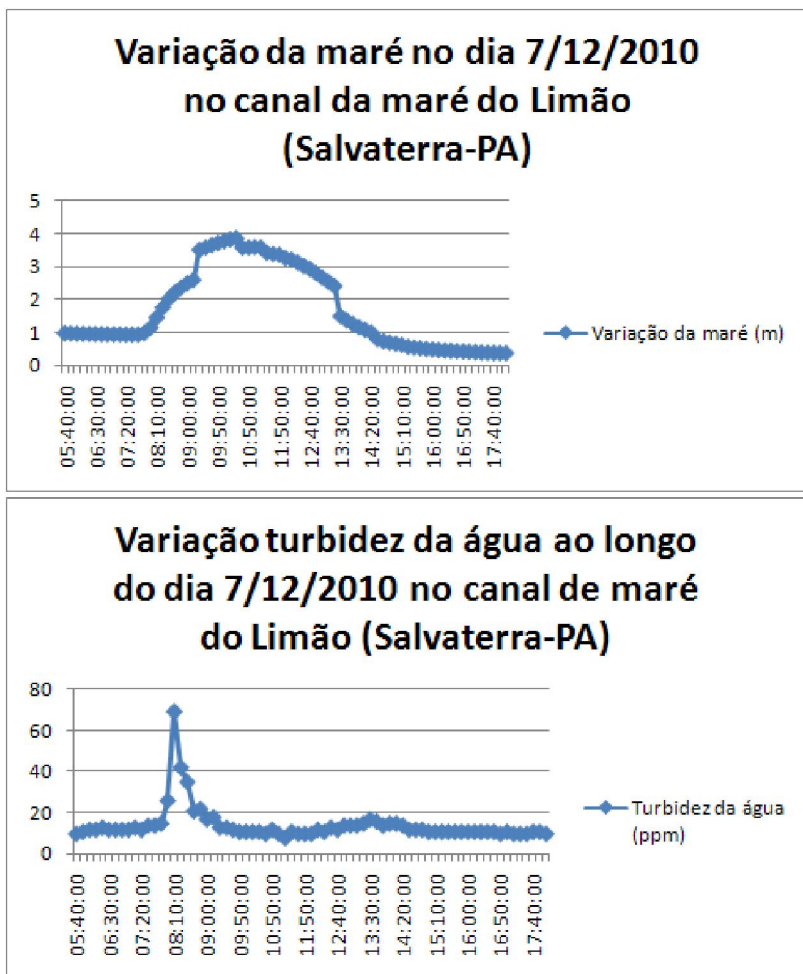


Figura 19 – Gráfico representando a variação da turbidez da água ao longo de um ciclo de maré para o dia 7/12/2010 no canal de maré do Limão (Salvaterra-PA).

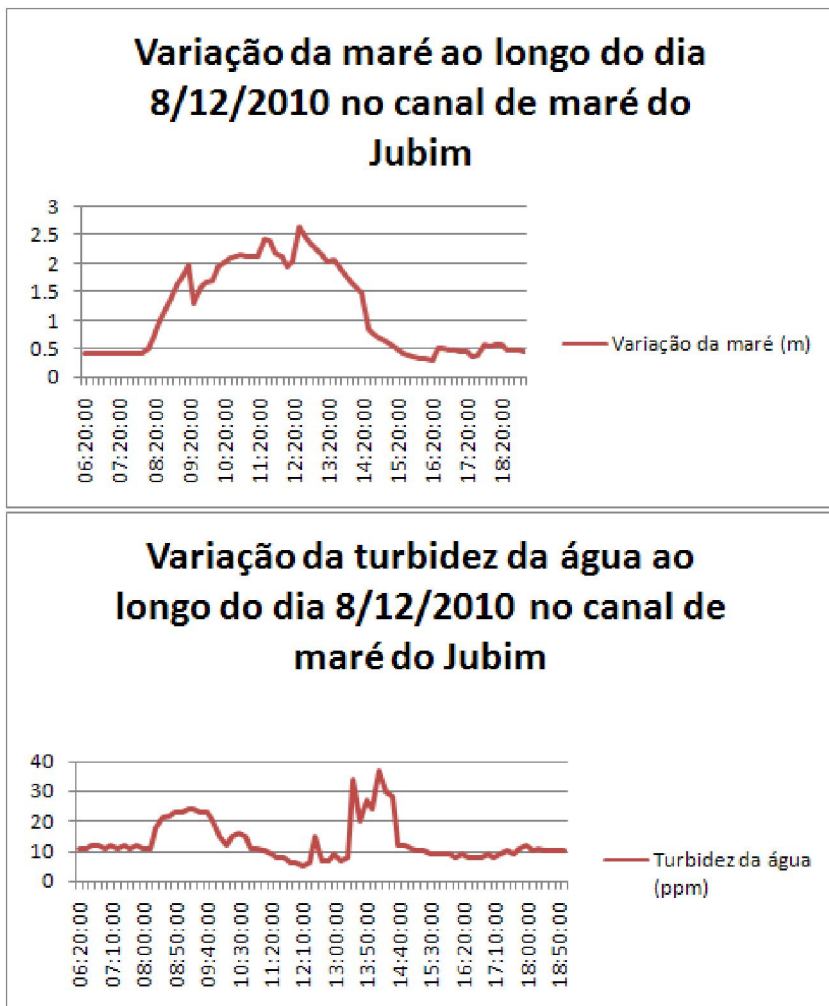


Figura 20 – Gráfico representando a variação da turbidez da água ao longo de um ciclo de maré para o dia 8/12/2010 no canal de maré do Jubim (Salvaterra-PA).

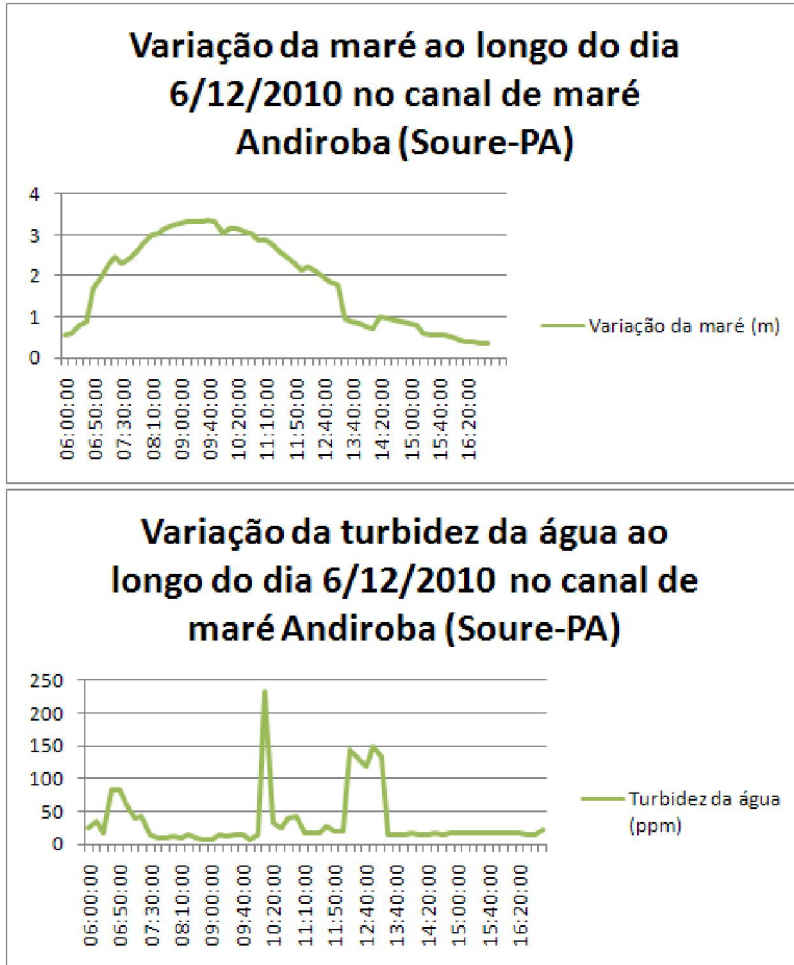


Figura 21 – Gráfico representando a variação da turbidez da água ao longo de um ciclo de maré para o dia 6/12/2010 no canal de maré do Andiroba (Soure-PA).

#### 6.4 OBSERVAÇÕES *IN SITU* DE MARCAS DE LEITO

Como um todo, foram observadas, principalmente, pequenas marcas onduladas chamadas *ripples* dos tipos linguoide, sinuosas e em forma de meia-lua, ocorrendo frequentemente a sobreposição destas (fig. 22). Ao longo da margem do canal de maré do Limão, além das formas pequenas, *megaripples* dos tipos linguoide e sinuosa foram observadas (fig. 23).



Figura 22 – Principais tipos de *ripples* observados ao longo dos quatro canais de maré. Da esquerda para direita, de cima para baixo: *ripples* tipo sinuosa, linguoide, meia-lua, e sobrepostas.



Figura 23– *Megaripples* observadas no canal de maré do Limão (Salvaterra-PA). De cima para baixo: tipos linguoide e sinuosa.

No canal de maré do Jubim, também foi observada a presença de *megaripples* do tipo linguoide. Foi observada também neste canal a presença de *ripples* do tipo reta (fig. 24). Outra característica observada somente neste canal de maré e no canal do Uruci foi a presença de depósitos lateríticos (fig. 25).



Figura 24 – *Ripple* do tipo reta (*straight*) observada no canal de maré do Jubim (Salvaterra-PA).



Figura 25 – Depósitos lateríticos presentes nos canais do Jubim e Uruci, da esquerda para a direita respectivamente.

As marcas onduladas no canal de maré do Uruci são observadas principalmente na margem esquerda do canal, já que a margem direita é basicamente coberta por laterita, lama, e vegetada por gramíneas (fig. 26). A margem esquerda, como os demais canais, apresenta *ripples* do tipo linguoide e sinuosas, e *megaripples* tipo sinuosas (fig. 27).



Figura 26 – Margem direita do canal de maré do Uruci (Soure-PA).



Figura 27 – Margem esquerda do canal de maré do Uruci, apresentando *ripples* do tipo linguoide e sinuosa, e *megaripples* sinuosas (da esquerda para direita, de cima para baixo, respectivamente).

No canal de maré do Andiroba, na praia do Pesqueiro, foi observada a presença de *ripples* do tipo lingouide, mas principalmente *ripples* do tipo sinuosas em várias escalas (fig. 28). *Megaripples* estiveram presentes mais próximos à desembocadura do canal, ao contrário do observado no canal de maré do Limão, onde megaripples foram observadas nas regiões mais próximas ao interior do canal.



Figura 28 – *Ripples* do tipo sinuosas observadas às margens do canal de maré Andiroba, na praia do Pesqueiro (Soure-PA).

## 7 DISCUSSÕES

Através do caminhamento realizado nos canais de maré em estudo, foram observadas pequenas variações entre os meses de coleta, com suaves migrações laterais de seus canais principais. Vlaswinkel e Cantelli (2010) afirmam que, de maneira geral, estudos realizados em curto prazo são insuficientes para caracterizar as mudanças temporais na morfologia nos sistemas de canais de maré. No entanto, França e Souza Filho (2003), através de análises de imagens de satélite entre os anos 1986 e 1995 (fig. 29), identificaram a migração da desembocadura dos canais de maré Andiroba (Pesqueiro), Uruci e Jubim. Segundo este estudo de França e Souza Filho (2003) o canal do Andiroba (Pesqueiro) manteve-se orientado no sentido SW-NE, contudo apresentou um deslocamento de sua desembocadura de aproximadamente 179 m para norte e tornou-se mais estreito; o canal do Uruci apresentava uma desembocadura bifurcada, em 1986, desaguando nas direções NE-SW e NNW-SSE, em 1995 já apresentava apenas uma desembocadura no sentido NE-SW, após um deslocamento de 174 m para oeste; o canal do Jubim, em 1986, lançava-se no sentido NW-SE, já em 1995, inflectiu para norte, mudando sua desembocadura para W-E, após um deslocamento de 254 m. Tais deslocamentos estiveram relacionados ao desenvolvimento de deltas de maré e a praias-barreiras. Comparando as orientações destes canais de maré em 1995 (FRANÇA; SOUZA FILHO, 2003) com as orientações atuais percebe-se que não houve alterações, contudo não é possível compara as migrações laterais ocorridas nos canais nas áreas de intermaré.

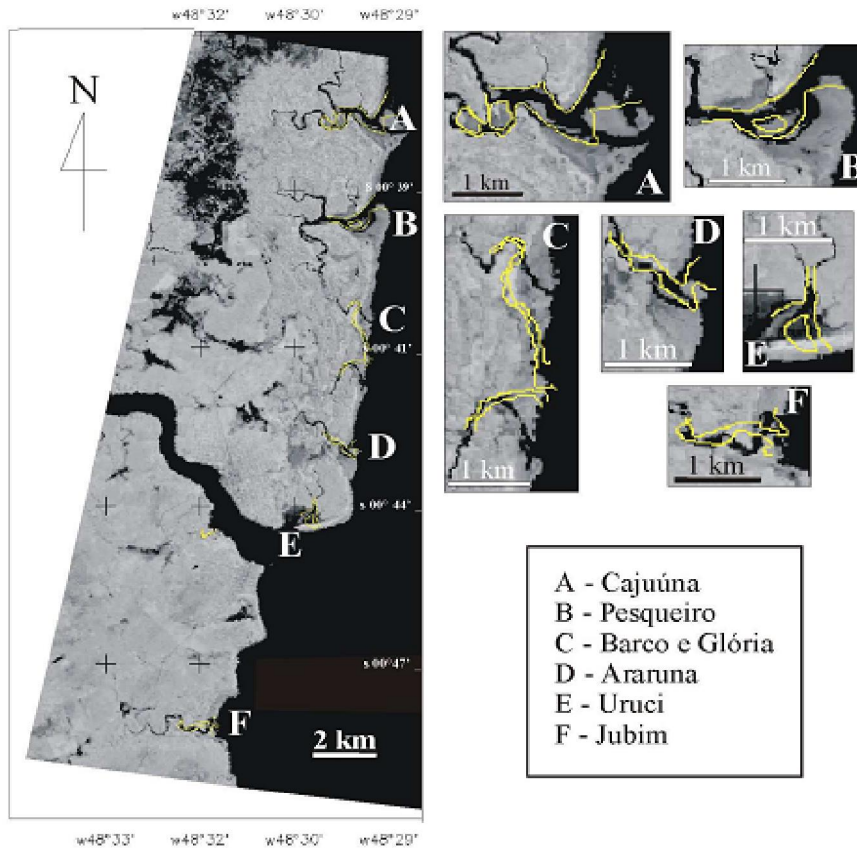


Figura 29 – Imagem de França e Sousa Filho (2003) indicando a migração das desembocaduras dos principais canais de maré de Soure e Salvaterra entre 1986 e 1995.

Fonte: França e Sousa Filho (2003)

As baixas profundidades observadas nos canais de maré são de se esperar já que, como explicam Vlaswinkel e Cantelli (2010), os sistemas de canais de maré se desenvolvem sobre baixo relevo, o que permite, por exemplo, que mesmo sob regime de micro e mesomarsés, extensas áreas sejam inundadas, como ocorre nas planícies de maré associadas aos canais de maré estudados, com amplitudes de maré verificadas durante uma maré de sizígia (fig. 30) variando de 3,28 m (canal do Uruci) e 2,58 m (nos canais do Limão e Jubim), identificando um regime de mesomarsé, como já exposto por El-Robrini *et al.* (2006), para a região. Segundo Corrêa (2005) os materiais finos tendem a ocupar locais de área de maior profundidade e com uma energia mais baixa, enquanto que materiais mais grossos ocupam locais de baixa profundidade e com uma energia mais elevada, não permitindo assim a

deposição de materiais mais finos. O que pode explicar a grande quantidade de bancos presentes nos canais de maré, principalmente do Uruci e Andiroba (fig. 13 e 14).

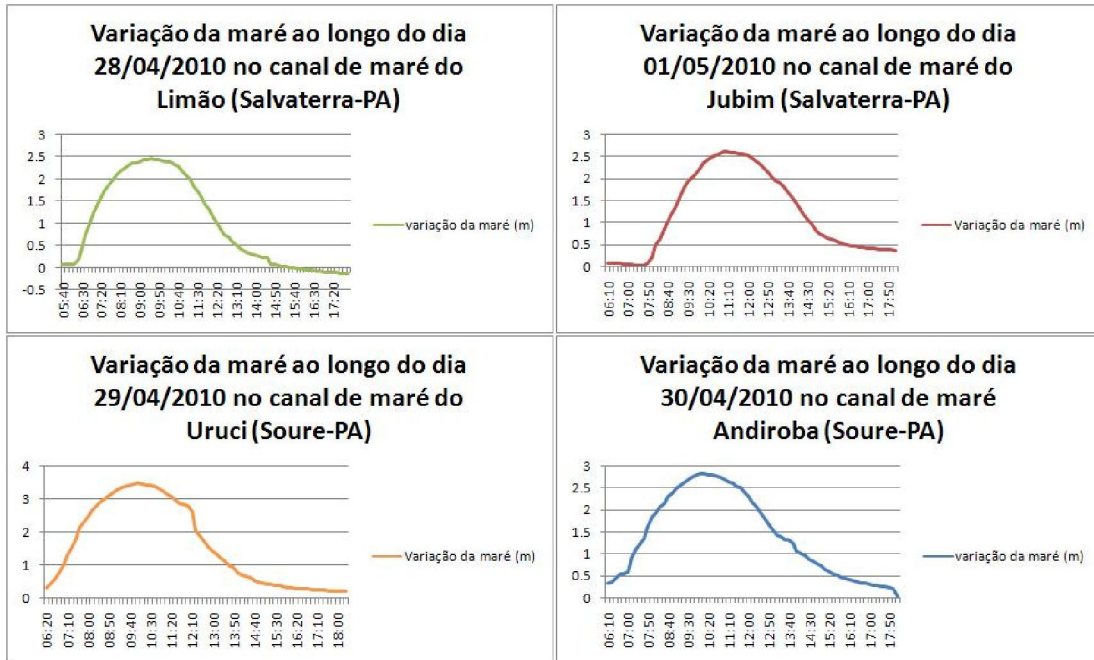


Figura 30 – Variação da maré em uma maré de sizígia, entre os dias 28 de abril e 1º de maio, nos quatro canais de maré estudados.

Barros (1984<sup>10</sup> apud LESSA, 1991) observou que a penetração da maré no estuário do rio Potengi (RN) adquiri uma assimetria negativa, isto é, produzindo correntes de vazante mais fortes que a de enchente, o que, segundo este autor interfere na tendência da descarga dos sólidos transportados. A assimetria de maré observada nos canais de maré em estudo é contrária à observada por Barros (1984 apud LESSA, 1991), com enchentes mais rápidas e correntes mais intensas, de até 244,5 cm/s, observada no canal do Andiroba em dezembro de 2010 por Ferreira (2010), e vazantes mais longas e de menor intensidade (fig. 30). Park (1999) afirma que é comum haver uma assimetria no ciclo de maré nos estuários, isto é, ocorrendo marés de enchente mais rápidas que marés de vazante. Segundo este autor, as

<sup>10</sup> BARROS, A. N. S. S. *A capacidade de transporte nos escoamentos de maré no estuário do rio Potengi*. Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado. COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1984.

correntes de vazante permanecem mais tempo que as de enchente, em parte devido a assimetria do ciclo de maré existente em estuários, em parte por causa da descarga de água doce proveniente dos rios, sendo observado em alguns casos correntes de vazante mais fortes que as de enchente apesar da assimetria da maré, devido a junção da descarga fluvial à corrente de vazante. Verificou-se que a turbidez da água atingiu seus máximos entre início e meio da maré vazante, e os menores durante a preamar (fig. 19, 20 e 21), bem como identificado por Ferreira (2010) sobre transporte líquido, onde os canais do Limão, Jubim e Andiroba se comportam como exportadores de água para a baía do Marajó. Indicando, então, o “papel” de via de drenagem de nutrientes e sedimentos atribuídos aos canais de maré destacado por Reineck e Singh (1973). Segundo Corrêa (2005) a associação da morfologia, descarga fluvial, circulação estuarina e correntes de maré são os responsáveis pelo transporte, redistribuição e deposição dos sedimentos adjacentes ao estuário da baía do Marajó. Corrêa (2005) identificou em seu estudo, baseado no diagrama de Pejrup, que a margem oeste do estuário da baía do Marajó, onde estão inseridos os canais de maré em questão, está inserida no grupo III-A do diagrama de Pejrup, ou seja, encontra-se sob um regime de forte hidrodinâmica, havendo domínio por correntes de maré e correntes fluviais, caracterizado pelo fundo altamente recortado e o predomínio de bancos, coroas e canais com uma sedimentação de fundo que varia de areia média a areia fina.

De acordo com Reineneck e Singh (1973), pequenas marcas onduladas geradas por correntes (*current-ripples*) e por ondas (*wave-ripples*), principalmente marcas assimétricas geradas por ondas, são abundantes em planícies arenosas e planícies mistas, muitas vezes ocorrendo de forma simultânea, como as observadas associadas aos canais de maré (fig. 22). As direções dessas marcas indicam a direções das correntes e da linha de ação das ondas, podendo ser retrabalhadas por ambas (REINENECK; SINGH, 1973), o que explica a freqüente sobreposição de diferentes tipos de *ripples*. De acordo com o gráfico apresentado por Reineneck e Singh (1973) baseados em Simons *et al.* (1965) e Allen (1968a), a sinuosidade das marcas onduladas aumenta com a energia do fluxo bem como a escala da marca ondulada aumenta com a granulometria, nesse sentido verificou-se o predomínio de sedimentos arenosos nas planícies de intermaré referentes aos canais estudados, com exceção da margem direita do canal do Uruci onde há o predomínio de depósitos lateríticos, lama e colonização por gramíneas (fig. 25); bem como uma variedade de regimes de fluxo em todos os canais, sendo identificados áreas de baixa energia e uma menor granulometria, indicadas

por pequenas marcas onduladas como as apresentadas na figura 28, a áreas de maior energia e maior granulometria representadas pelas marcas onduladas do tipo *megaripples* como as apresentadas nas figuras 23 e 27, observadas em todos os canais em questão.

## 8 CONCLUSÃO

Os canais de maré do Limão, Jubim, Uruci e Andiroba (Pesqueiro) são canais rasos, com a presença de inúmeros bancos, sob regime de mesomars associados a extensas áreas inundáveis, localizados em uma região de alta hidrodinâmica, com predomínio de sedimentos arenosos e apresentando uma variedade de energia de fluxo o que é indicado pela variedade de marcas onduladas observadas ao longo das planícies de intermaré associadas aos canais. Tais canais funcionam como exportadores de água e material particulado em suspensão para baía do Marajó. Ainda assim são necessários estudos sedimentológicos associados à batimetria, bem como um acompanhamento da migração dos canais de maré em um maior intervalo de tempo para uma melhor identificação dos processos morfodinâmicos atuantes nestes canais. As marcas de leito, devido ao constante retrabalhamento do sedimento pela ação de ondas e correntes, bem como a variação de fluxo em um mesmo ambiente, são feições efêmeras, usadas neste trabalho apenas como uma contribuição as demais informações coletadas. Seriam necessários mapeamentos sazonais das marcas onduladas, para uma melhor identificação dos diferentes regimes de fluxo atuantes nas planícies de intermaré associadas aos canais. Este presente trabalho apresentou uma caracterização prévia da morfodinâmica presente nos canais de maré do Limão, Jubim, Uruci e Andiroba, presentes na costa leste da Ilha do Marajó.

## REFERÊNCIAS

- BEMERGUY, R. L. *Estudo sedimentológico dos paleocanais da região do rio Paracauari, Ilha do Marajó – Estado do Pará*. 1981. Dissertação (Mestrado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1981.
- BRAGA, F. P. S.; SOUZA FILHO, P. W. M.; ALVES, M. A. M. S.; PEREIRA, L. C. C. Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Amazônia, Norte do Brasil. *Boletim Paraense de Geociências*, Belém, n. 60 – 61, p. 11-30, 2007.
- CORRÊA, I. C. S. Aplicação do Diagrama de Pejrup na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre-RS, 32 (2): 109 – 118. 2005.
- DYER, K. R. *Estuaries: A physical introduction*. [S.l.]: John Wiley & Sons Ltda. 1973.
- EL-ROBRINI, M. *et al. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro, Capítulo: Pará*. [S.l.]: Ministério do Meio Ambiente. 2006.
- FERREIRA, G. P. *Circulação em canais de maré - Ilha de Marajó/PA*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Universidade Federal do Pará, Belém. 2010.
- FRANÇA, C. F. *Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA)*. Tese (Doutorado em Geologia). Pós-graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém. 2003.
- FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. 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. 2003.
- FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. Compartimentação morfológica da margem leste da ilha do Marajó: Zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra – Estado do Pará. *Revista Brasileira de Geomorfologia* - Ano 7, nº 1. 2006.

GABBAY, M. M. A literatura como registro histórico da cultura marajoara: um requisito para a leitura crítica dos meios de comunicação. In: ENECULT – ENCONTRO DE ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES EM CULTURA, 5., Salvador, Ba. 2009.

GARRISON, T. *Fundamentos de Oceanografia*. Tradução da 4ª edição norte-americana, 1942. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GREGÓRIO, A. M. S.; MENDES, A. C. Batimetria e sedimentologia da baía de Guajará, Belém, Estado do Pará, Brasil. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, Belém, v. 5, n. 9, jul./dez. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. IBGE Cidades @ - Pará. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acessado em: 24 nov. 2010.

LANZONI, S.; SEMINARA, G. Long-term evolution and morphodynamic equilibrium of tidal channels. *Journal of Geophysical Research*, vol. 107, nº C1, 10.1029/2000JC000468. 2002.

LESSA, G. C. Dinâmica de maré e transporte de sedimentos no canal de Itajuru – Laguna de Araruama (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 21(4): 378-386. 1991.

LIMA, A. M. M., OLIVEIRA, L. L., FONTINHAS, R. L., LIMA, R. J. S. Ilha do Marajó: revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão. *HOLOS Environments*, v. 5, n. 1, p. 65. 2005.

MEDEIROS, A. D. *A influência da maré e da batimetria sobre a intrusão salina no estuário do rio Itajaí-açu*. Tese (Mestrado em Engenharia Oceânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2003.

MENEZES, M. O. B., MACEDO, S. R. P., CORRÊA, S. C., FARAGE, E. R. Efeitos da expansão urbana nas ilhas do baixo estuário do Amazonas: O caso de Soure, Arquipélago do Marajó. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9 (2): 113 – 126. 2009.

MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M. E KJERFVE, B. *Princípio de Oceanografia Física em Estuários*. São Paulo: Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MONTEIRO, S. M. *Dinâmica dos Parâmetros Abióticos na Zona de Mistura do Estuário do Rio Paracauari, Ilha do Marajó – PA*. Dissertação (Mestrado em Geologia). Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém. 2009.

MORANG, A.; PARSON, L. E. *Coastal Engineering Manual*. Part IV, Chapter 3: Coastal Morphodynamics. 2006.

PARK, D. *Waves, tides and shallow-water processes*. 2. ed.. United Kingdom: The Open University. Butterworth-Heinemann, 1999.

PEREIRA, L. C. C. A Zona Costeira Amazônica Brasileira: Limite e Características. Simpósio Zona Costeira Amazônica. Anais da 59ª Reunião anual da SBPC, Belém – PA. 2007.

REINECK, H-E.; SINGH, I. B. *Depositional Sedimentary Environment*. Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, New York. 1973.

SOUZA, R. R. *Modelagem numérica da circulação de correntes de maré na Baía do Marajó e Rio Pará (PA)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da planície costeira bragantina, nordeste do Pará, Brasil. *GEONOMOS*, 4 (2): 1 – 16. 1996.

SUGUIO, K. *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUGUIO, K. *Geologia Sedimentar*, 1 ed. [S.l.]: Editora Edgard Blücher Ltda. 2003.

SZLAFSTEIN, C. F. Indefinições e obstáculos no gerenciamento da Zona Costeira do Estado do Pará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9(2): 47-58. 2009.

TESSLER, M. G.; GOYA, S. C. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia*, 17, p. 11 – 23. 2005.

VIDIGAL, A. A. F. *et al.* *Amazônia azul: o mar que nos pertence*. Rio de Janeiro: Record, 2006.

VLASWINKEL, B. M.; CANTELLI, A. *Geometric characteristics and evolution of a tidal channel network in experimental setting*. *Earth Surface Processes and Landform*. John Wiley & Sons Ltd. 2010.