

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA)  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS (IG)  
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA (FAOC)**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**FABÍOLA CARDOSO DA MOTA**

**Determinação hidrodinâmica e hidrológica em Canais de maré da Ilha do  
Marajó-PA.**

**BELÉM- PARÁ**

**ABRIL-2013**

**FABÍOLA CARDOSO DA MOTA**

**Determinação hidrodinâmica e hidrológica em Canais de maré da Ilha do Marajó-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará- UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau em bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rollnic.

**BELÉM – PARÁ**

**ABRIL – 2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFPA

---

M917d Mota, Fabíola Cardoso da

Determinação hidrodinâmica e hidrológica em Canais de maré da Ilha do Marajó-PA / Fabíola Cardoso da Mota; Orientador: Marcelo Rollnic – 2013

84 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em oceanografia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2013.

1. Estuários. 2. Canais de maré. 3. Hidrodinâmica. 4. Salinidade. 5. Ilha do Marajó. I. Rollnic, Marcelo, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22<sup>a</sup> ed.: 551.4618

---

**FABÍOLA CARDOSO DA MOTA**

**Determinação hidrodinâmica e hidrológica em Canais de maré da Ilha do Marajó-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará- UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau em bacharel em Oceanografia.

Data de defesa: \_\_/\_\_/\_\_

Data de aprovação: \_\_/\_\_/\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Prof. Marcelo Rollnic– Orientador  
Doutor em .....  
Universidade Federal do Pará

---

DR: MAMAR EL-ROBRINI - Membro

---

MSC. RENAN PEIXOTO ROSÁRIO - Membro

**A minha família, amigos e ao ♥ (♂) pelo apoio e paciência.**

## AGRADECIMENTOS

São tantos nomes que merecem estarem escritos nesse trabalho, espero não esquecer – me de ninguém, vamos lá...

Agradeço primeiramente ao meu Deus que foi quem mais me motivou, me protegeu e revigorou o meu espírito nos momentos de maior desafio.

Agradeço ao meu orientador Marcelo Rollnic por aceitar-me em seu laboratório (LOF), mesmo nos momentos em que e trouxe prejuízo, rsrs. E pela oportunidade de trabalho, pois com sua chegada a Oceanografia Física deu um grande passo.

Agradeço ao CNPQ (pela oportunidade de bolsa) e ao LAIT (pelo empréstimo de aparelhos), a FINEP (pelo apoio financeiro) e ao INMET (pela disponibilidade dos dados de pluviosidade).

Agradeço as minhas três mães: Clara, Hilda e Conceição; que compõem, respectivamente, minhas famílias de Benfica, da Pedreira, e do CDP. À Tassiana e ao Neto, primos queridos, Felipe não fica com ciúmes também Te Amo.

Neste trabalho muitas pessoas me ajudaram, desde as coletas de campo até o trabalho de laboratório, são elas: Maurício (se tornou um grande amigo para mim), Renan (grande ajuda com seu Matlab), Yuri e Piolho (grande força e descontração nos campos), Inaê, Frejah (Obrigado Jr!), Malandro e Jordana. Os professores Alessandro (ajuda nos trabalhos de corrente) e Suzi Eli (pelo empréstimo do livro).

Agradeço imensamente aos meus amigos, que merecem certo destaque: Aline (minha grande e amada amiga), Amanda (a discreta e altamente crítica), Andrey (o maravilhoso e quase perfeito, só porque a mãe dele é professora de português, rsrsrs), Ellery (Jesus), Luíza (a linda, amiga e disciplinada, pelo menos nos estudos, rsrsrs), Raíza (amizade em construção, mas que merece destaque), Pablo (de uma opinião totalmente diferente da minha, quase matei ele), e ela Priscila Valéria (a exagerada, mas amiga). Amo todos vocês!

Agradeço a minha adorada turma de 2009, ano de vitória, “alô, alô, alô papai, alô mamãe, põe a vitrola pra tocar, podem soltar foguete que eu passei no vestibular...”. Cíntia (a Japa mais fofa que já conheci), Jhonata (o amigo chato), Lorena (a escandalosa), Luís (o riquinho mimado), Nara (coralina), Quéren (a futebolista), Renan (kkkkk), Shirlen (a Voz), Thaís (a administradora, dizem as más línguas que mercenária também, rsrsrs), Vítor (super

sociável), Yuri (a noiva-príncipe) e ele WILSON (ele merece tanto adjetivos, que fiquem na imaginação de vocês, entre eles: engraçado, exagerado). Além dos adotados Leon (o esquisito) e Vitinho (o mentiroso), e de alguns nomes já citados no parágrafo acima, essas pessoas juntas e separadas me proporcionaram os maiores momentos de descontração.

Ah! Não posso esquecer o povo do LIOG (minha segunda casa), são eles: Professora Odete (mulher de grande respeito), Dani (muito querida), Gustavo (boca de trapo), Márcio-Fabio (o baixinho divertido), Fábio-Márcio (o Japa inconveniente). Ah! Vocês notaram né, segui a filosofia dos pássaros atrás da porta, rrsrsrs.

Agradeço aos meus amigos e colegas da Meteorologia: Roberta, Jéssica, Railana...

Enfim! Ao Leandro e nossa bêbezinha (Minnie), além da sua família (Soraia, Mário e Danilo) que me ajudou e me aturou muito.

"No reino dos fins, tudo tem um preço ou uma dignidade. Quando uma coisa tem um preço, pode pôr-se em vez dela qualquer outra como equivalente; mas quando uma coisa está acima de todo o preço, e portanto não permite equivalente, então ela tem dignidade".

Immanuel kant

## RESUMO

A Zona Costeira (ZC) é um ambiente de transição entre continente, mar e atmosfera; sendo bastante diversificado e altamente produtivo. Os estuários da costa norte do Brasil estão entre os mais preservados da costa brasileira, são ecossistemas muito complexos e dinâmicos, altamente influenciados pelas variações sazonais, descarga hídrica e sólida das drenagens regionais, marés, ventos e correntes. A Ilha de Marajó, maior ilha fluvio-estuarina do mundo, apresenta clima tropical úmido, e influencia de um forte regime de mesomaré (amplitude de 2 a 4m), sua margem leste é cercada por canais de maré que são importantes para trocas sedimentares e de nutrientes, estes são influenciados pela hidrodinâmica e hidrologia da região, objetivo desse trabalho. A área de estudo compreende três canais de maré pertencentes aos municípios de Soure (canal do Pesqueiro) e Salvaterra (canais do Jubim e do Limão). Este trabalho, como um todo, foi realizado através de três campanhas (duas para analisar o período seco e uma para o chuvoso), durante as marés de sizígia nas desembocaduras e nos interiores dos canais, aproximadamente por 13 horas (um ciclo de maré). Os aparelhos utilizados em campo foram: CTD, OBS e Correntômetro, estes fixados próximo ao fundo dos canais, a fim de se estimar dados de salinidade, temperatura, oscilação de superfície, turbidez, intensidade da corrente e suas componentes. Durante o período seco os valores máximos de salinidade foram obtidos no canal do Pesqueiro, seguido do Jubim e do Limão; já no chuvoso essa ordem foi invertida, demonstrando uma possível concentração de sal nos canais menos espessos. Os valores mais intensos de temperatura, nos períodos de amostragem, foram registrados nas desembocaduras dos canais, devido à menor cobertura vegetal em relação ao interior, nos momentos de maior intensidade solar. Também nas desembocaduras é que os maiores valores de turbidez foram encontrados, nos instantes em que os momentos de maré eram mais intensos (maré de enchente e de vazante), ou seja, a intensidade da corrente era mais elevada. A intensidade da componente longitudinal da velocidade obteve dados superiores ao da componente transversal, devido sua orientação ser a do fluxo preferencial do canal; as duas componentes, predominantemente, foram mais intensas durante os instantes de maré vazante. Em relação ao atraso que a maré possuiu entre as estações de coleta em cada canal, dependendo da distância entre elas, foi possível afirmar que a maré no interior dos canais leva menos tempo, durante o período chuvoso, para apresentar as mesmas condições que a da sua desembocadura; e com esse pro - diagnóstico é possível interferir criando medidas de contenção, caso haja, algum tipo de contaminação na região.

**Palavras-chave:** Estuários. Canais de maré. Hidrodinâmica. Salinidade. Ilha do Marajó.

## ABSTRACT

Coastal Zone is a transitional environment between continent, sea and atmosphere; being well diversified and highly productive. Brazil's northern coast estuaries are very complex and dynamical ecosystems which are highly influenced by seasonal variances, water and solid discharges from regional drainages, tide, wind, and current. Marajo Island, the world's biggest river-estuarine island, presents tropical and wet climate, and influence from a strong mesotidal regime (2 – 4m of amplitude), its east margin is surrounded by tidal channels which are important for exchange of sediments and nutrients, these are influenced by regional hydrodynamic and hydrology, which compose this work's objective. The study area covers three tidal channels belonging to Soure (Pesqueiro channel) and Salvaterra (Jubim and Limão channels) cities. This work, as a whole, has been realized through three campaigns (two for analyzing dry season and one for the rainy), along the spring tide on channels' outfall and inward, about 13 hours (a tide cycle). The following equipment were used: CTD, OBS and currentmeter, fixed near the channels' bottom to estimate the salinity, temperature, surface oscillation, turbidity, current intensity and its components. During the dry season, the highest values of salinity were obtained in Pesqueiro channel, followed by Jubim and Limão; as in the rainy season the order was reversed, showing a likely salt concentration on thinner channels. The most intense temperature values, on sampling period, were registered at the channels' outfall, due to a relatively lower vegetable cover than inside the channel, at the highest solar intensity times. Also at the outfalls, have been found the highest values of turbidity, when the tidal moments were more intense (flood tide and ebb tide), in other words, the current intensity was higher. The magnitude of the longitudinal velocity's component has obtained higher data than the transversal component, due to its orientation be the same of the channel's preferential flow; both the components, predominantly, were more intense during the ebb tide moment. In relation to the delay that the tide has, between the sampling stations in each channel, depending on the distance between them, it was possible to allege that the channels' inward tide takes less time, during the rainy season, to present the same conditions found at their outfall; and, provided this prognosis, it's possible to interfere, creating containment measures, if there is some kind of contamination in area.

Keywords: Estuary. Tide channels. Hydrodynamic. Salinity. Marajo Island.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01-	A) Representação esquemática da definição de estuário e o padrão geral da rede de transporte de fundo. Note que o limite das fácies sedimentares marinhas vai além do ponto de salinidade 0,1, mostrando a importância da maré dinâmica. B) Distribuição esquemática dos processos físicos operantes nos estuários, os quais deram origem à divisão em três zonas.....	20
Figura 02-	Maré astronômica.....	22
Figura 03-	Variação da amplitude da maré ao longo da costa do Brasil.....	23
Figura 04-	Localização dos três canais de maré estudados na ilha do Marajó/ PA. 1) canal do Pesqueiro, 2) canal do Jubim e, 3) canal do Limão.....	30
Figura 05-	Classificação climática, segundo Koppen, da ilha do Marajó.....	32
Figura 06-	Mapa de localização dos setores da Zona Costeira Paraense.....	34
Figura 07-	Mapa das unidades morfoestruturais da Ilha de Marajó: 1-Planalto Rebaixado da Amazônia; 2- Planície Amazônica.....	35
Figura 08-	Mapa morfológico da ZC de Soure e Salvaterra, enfatizando as subunidades morfoestruturais contidas na Planície Costeira Amazônica.....	36
Figura 09-	Canal de maré do Pesqueiro (Soure/ Pa). A) Desembocadura e b) interior	38
Figura 10-	Canal de maré do Jubim (Salvaterra/ Pa). A) Desembocadura e b) interior-Ponte.....	39
Figura 11-	Canal de maré do Limão (Salvaterra/ Pa). A) Desembocadura e b) interior	40
Figura 12-	Imagens dos três canais estudados. Os pontos em vermelho são as estações de coleta. ....	42
Figura 13-	CTD (modelo SeaBird SBE 37).....	44
Figura 14-	Sensor OBS (modelo Turbifinity- ATU75W).....	45
Figura 15-	Correntômetro magnético (modelo AEM-USB).....	46
Figura 16-	Pluviosidade dos meses de coleta referente ao município de Soure-Pa (Normal Climatológica 61-90). Em amarelo são os meses de coleta.....	47

Figura 17-	Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	49
Figura 18-	Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).....	49
Figura 19-	temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	50
Figura 20-	Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Outubro de 2011). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.....	50
Figura 21-	Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	51
Figura 22-	Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).....	52
Figura 23-	Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	52
Figura 24-	Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Abril de 2012). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.....	53
Figura 25-	Variação sazonal da salinidade, durante um ciclo de maré no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	54
Figura 26-	Variação sazonal da salinidade, durante um ciclo de maré no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).....	54
Figura 27-	Variação sazonal da salinidade, durante um ciclo de maré no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	55
Figura 28-	Série temporal da temperatura obtido durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	57
Figura 29-	Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).....	58
Figura 30-	Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	58
Figura 31-	Série temporal da temperatura da água adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Outubro-2011). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.....	59

Figura 32-	Série temporal da temperatura obtido durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	60
Figura 33-	Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).....	61
Figura 34-	Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	61
Figura 35-	Série temporal da temperatura da água adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Abril de 2012). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.....	62
Figura 36-	Série temporal das velocidades obtidas durante um período de maré nos canais do Pesqueiro (Soure-Pa) e do Jubim (Salvaterra-Pa), em Outubro de 2011.....	64
Figura 37-	Série temporal das velocidades obtidas durante um período de maré, em Setembro de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	65
Figura 38-	Série temporal das velocidades obtidas durante períodos de maré distintos, em Setembro de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	65
Figura 39-	Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré nos canais do Pesqueiro (Soure-Pa) e do Jubim (Salvaterra-Pa), em Outubro de 2011..	67
Figura 40-	Comparação entre as séries temporais da turbidez e da velocidade da corrente obtidas durante um período de maré nos canais do Pesqueiro (Soure-Pa) e do Jubim (Salvaterra-Pa), em Outubro de 2011.....	67
Figura 41-	Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré , em Abril de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	68
Figura 42-	Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré, em Abril de 2012, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).....	69
Figura 43-	Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré, em Abril de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	69
Figura 44-	Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré, em Setembro de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	70
Figura 45-	Comparação entre as séries temporais da turbidez e da velocidade da corrente obtidas durante um período de maré , em Setembro de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	71

Figura 46-	Série temporal da turbidez obtida durante períodos de maré distintos, em Setembro de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	71
Figura 47-	Comparação entre as séries temporais da turbidez e da velocidade da corrente obtidas durante períodos de marés distintos, em Setembro de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	72
Figura 48-	Comparação entre as oscilações de superfícies em diferentes estágios da maré de períodos distintos no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).....	74
Figura 49-	Comparação entre as oscilações de superfícies em diferentes estágios da maré de períodos distintos no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).....	75
Figura 50-	Comparação entre as oscilações de superfícies em diferentes estágios da maré de períodos distintos no canal do Limão (Salvaterra-Pa).....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01-	Coordenadas, datas e período de amostragem dos equipamentos utilizados em campo.....	43
Tabela 02-	Resultados dos fatores físicos analisados durante o período seco e chuvoso nos canais inseridos nos municípios de Salvaterra e Soure (Pa)	77
Tabela 03-	Resultados dos fatores hidrodinâmicos analisados durante o período seco nos canais inseridos nos municípios de Salvaterra e Soure (Pa). Onde 1 refere-se a Outubro de 2011 e 2 a Setembro de 2012.....	78

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1	ESTUÁRIOS.....	19
2.2	MARÉ.....	20
2.3	CANAL DE MARÉ.....	23
2.4	CORRENTE DE MARÉ.....	24
2.5	TEMPERATURA.....	25
2.6	TURBIDEZ.....	25
2.7	SALINIDADE.....	26
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS DO ESTUDO.....</b>	<b>28</b>
<b>4.</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>29</b>
<b>5.</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>30</b>
5.1	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	31
5.2	ASPECTOS CLIMÁTICOS .....	31
5.3	ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	32
5.4	ASPECTOS FISIOGRÁFICOS.....	33
<b>5.4.1</b>	<b>Geomorfológicos e sedimentares.....</b>	<b>33</b>
<b>5.4.2</b>	<b>Hidrográficos e hidrológicos.....</b>	<b>36</b>
5.4.2.1	Rio Amazonas.....	36
5.4.2.2	Rio Pará.....	37
5.4.2.3	Rio Tocantins.....	37
5.5	CANAIS DE MARÉ ESTUDADOS.....	38
<b>5.5.1</b>	<b>Canal de maré do Pesqueiro.....</b>	<b>38</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Canal de maré do Jubim.....</b>	<b>39</b>
<b>5.5.3</b>	<b>Canal de maré do Limão.....</b>	<b>40</b>
<b>6.</b>	<b>MATERIAIS E METÓDOS.....</b>	<b>41</b>
6.1	SALINIDADE, TEMPERATURA E PROFUNDIDADE.....	44
6.2	TURBIDEZ.....	45
6.3	INTENSIDADE DA CORRENTE.....	46
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>47</b>
7.1	CONTEXTUALIZAÇÕES CLIMÁTICAS.....	47
7.2	SALINIDADE.....	48

7.3	TEMPERATURA.....	56
7.4	INTENSIDADE E COMPONENTES DA CORRENTE.....	63
7.5	TURBIDEZ.....	66
7.6	OSCILAÇÃO DE SUPERFÍCIE.....	73
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Por ser uma região de transição entre continente e o mar, a Zona Costeira (ZC) é um ambiente bastante diversificado e altamente produtivo. Visto que é uma Zona de interação entre os meios marinhos, terrestres e atmosféricos, compreendendo ou não os recursos renováveis (MORAES, 1999; SZLAFSZTEIN, 2009). O Brasil apresenta 26,6% da população em municípios da zona costeira, o que equivale a 50,7 milhões de habitantes, de um total de 190.732.694 pessoas (IBGE, 2010).

A Zona Costeira Amazônica (ZCA) possui 2.250 km de extensão e abrange três estados específicos: Amapá, Pará e Maranhão (SOUZA FILHO, 2005). Onde só a Zona Costeira do Estado do Pará (ZCEP) abrange cerca de 1.200 km de extensão (EL-ROBRINI et al, 1992).

O Programa de Gerenciamento da Zona Costeira do Estado do Pará (GERCO/PA) foi criado com o intuito de planejar e realizar a gestão das atividades socioeconômicas que controlam, mantêm, e recuperam os recursos naturais e os ecossistemas inseridos nos diversos ambientes costeiros (SZLAFSZTEIN, 2009). O monitoramento da região costeira é de fundamental importância para a identificação da dinâmica e transporte de sedimentos locais (NASCIMENTO, 2010). Dentre os diversos ambientes costeiros da ZCEP, podem-se citar os estuários, as planícies de maré e os manguezais.

Herz (1991) determinou que os estuários da costa norte do Brasil estão entre os mais preservados da costa brasileira (dentre eles o do rio Amazonas). Esses ecossistemas são muito complexos e dinâmicos, sendo fortemente influenciados pelas variações sazonais, descarga hídrica e sólida das drenagens regionais, marés, ventos e correntes. Além de constituírem locais de refúgio, reprodução e crescimento de inúmeras espécies animais de interesse comercial (AVELINE, 1980; VIDIGAL et al., 2006).

A Ilha de Marajó, maior ilha fluvio-estuarina do mundo, está inserida no ambiente estuarino amazônico, sua porção oriental e ocidental apresenta características sedimentológicas, morfológicas e climáticas distintas, e assim, propiciam um interessante cenário para a pesquisa e caracterização física de ecossistemas envolvendo seu potencial ecológico e exploração biológica (SILVA, 2008).

A Ilha do Marajó está localizada no extremo norte do estado do Pará, fazendo parte do movimento Morfotectônico Marajoara, onde duas unidades morfoestruturais são identificadas:

Planalto Rebaixado da Amazônia, e a Planície Amazônica (SZLAFSZTEIN, 2009). É limitada pelas coordenadas geográficas 48° 20' W a 51°W e 0° S a 2° S e apresenta limites com o estado do Amapá e Oceano Atlântico ao norte; foz dos rios Pará e Tocantins ao sul; Baía do Marajó a leste; e a oeste o estado do Amapá. Esta ilha compreende uma área de aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup> inserida na foz do rio Amazonas (Lima et al. 2004). Segundo as características das Zonas Costeiras e Estuarinas Paraense (ZCEP) na Classificação do Ministério do Meio Ambiente (1996) a mesma apresenta clima tropical úmido. É influenciada, muito mais, por um regime de mesomaré (amplitude de 2 a 4m) do que macromaré (4 a 6m), atingindo de 3 a 5 m (FEMAR, 2013).

A Ilha do Marajó, em sua margem leste, é cercada por canais de maré que são importantes para trocas sedimentares e de nutrientes entre a região costeira, como oceanos, manguezais e baías. 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, além de mudanças no seu aspecto hidrodinâmico e hidrológico, intuito desse trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ESTUÁRIOS

Os estuários constituem um importante elo para a economia mundial, uma vez que por meio destes ambientes passa a maior parte da matéria originada da decomposição intempérica dos constituintes em direção ao oceano (SCHETTINI, 2001). A grande importância ecológica e econômica dos estuários despertou uma ampla curiosidade a seu respeito, promovendo diversas denominações que levam em conta critérios específicos, tais como: geomorfologia, salinidade, processos físicos atuantes (ondas e/ou marés), modo de formação da bacia, padrão de circulação estuarina ou mecanismos físicos deposicionais dominantes (MONTEIRO, 2009). A classificação mais aceita no meio acadêmico é a realizada por Cameron e Pritchard (1967 apud DYER, 1973) que considera “um estuário como sendo um corpo de água costeiro semi-fechado, com ligação livre com o oceano aberto, que se estende ao longo do rio até o limite de influência da maré, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental” (Figura 01 A). No entanto, Dionne (1963) complementou essa classificação adicionando o efeito da maré, onde o estuário pode ser dividido em três setores: 1) alto estuário, sem a presença de água marinha, observando-se apenas os efeitos das marés; 2) médio estuário, local em que ocorre a interação de águas continentais com as oceânicas; e 3) baixo estuário, onde há predominância de processos oceânicos.

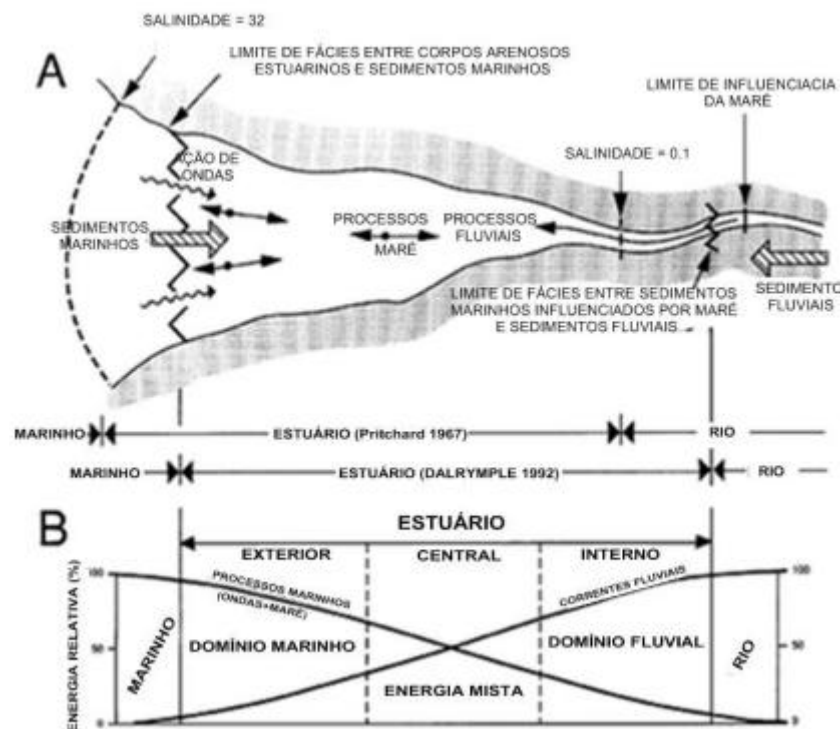
Para Dalrymple et al. (1992) “Estuário é a parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, o qual recebe sedimentos de fontes fluviais e marinhas e que contém fácies influenciadas por processos de maré, ondas e rio. O estuário estende-se desde o limite das fácies de maré na cabeceira até o limite das fácies costeiras na desembocadura”. Este conceito baseia-se no princípio de que um estuário serve como uma zona de interação entre correntes fluviais e uma diversidade de processos marinhos, como ondas, marés e intrusão salina. (Figura 01 B).

Segundo Fairbridge (1980, apud SCHETTINI, 2001) Os estuários apresentam uma grande diversidade fisiográfica, assim denominações como baías, lagoas costeiras e rios em seus trechos terminais caracterizam, também, como sendo um ambiente estuarino.

Para Silva et al (2004) os estuários podem ser classificados como dominados por rios, ondas ou marés, sujeitando-se à ação de cada um desses fatores sobre a distribuição e

deposição de sedimentos. Nos estuários dominados por rios, o alcance da descarga e da carga sedimentar fluvial supera a capacidade das ondas e marés. Os dominados por ondas apresentam um zoneamento bem definido composto por uma região oceânica arenosa, seguida por uma região central de sedimentos finos e uma região interna dominada por depósitos fluviais arenosos. Já os estuários dominados pela ação bidirecional das marés não possuem nenhuma barreira em sua desembocadura, tendendo a apresentar uma morfologia em forma de funil (Figura 01 A).

Figura 01- A) Representação esquemática da definição de estuário e o padrão geral da rede de transporte de fundo. Note que o limite das fácies sedimentares marinhas vai além do ponto de salinidade 0,1, mostrando a importância da maré dinâmica. B) Distribuição esquemática dos processos físicos operantes nos estuários, os quais deram origem à divisão em três zonas



Fonte: Araújo (2012);(DALRYMPLE et al., 1992);Prichard (1967) e Dalrymple et al. (1992)

## 2.2 MARÉ

As marés são imensas ondas de águas rasas, onde há alterações periódicas, na altura da superfície do oceano, causadas através da união gravitacional dos astros (Sol e Lua) com o movimento da Terra, gerando as marés astronômicas, que a partir desse efeito combinado da atração gravitacional, há modificações significativas nas amplitudes das marés, sendo responsáveis pelas variações observadas entre marés de sizígia e de quadratura (SILVA et al 2004; GARRISON 2010).

Para Suguio (2003), as marés astronômicas, produzidas pela forçante dos astros, resultam em ondas que atuam numa escala de tempo de horas, sendo, dominantes sobre as demais variações do nível do mar para distintas escalas de tempo, tanto em intensidade como em frequência de ocorrência. Os movimentos (flutuações turbulentas e correntes) e misturas nos estuários, envolvendo intensos processos advectivo e difuso, variáveis que espacialmente condicionam-se pela geometria;

Para Calazans (2011) a maré é o movimento oscilatório periódico das águas do mar, pelo qual elas se elevam ou se abaixam em relação a uma referência fixa no solo, sendo produzida pela atração conjunta da Terra, Sol e Lua que criam uma massa líquida no sentido vertical. As marés não ocorrem todos os dias em uma hora exata, pois está sujeita a um período lunar onde sua duração, aproximada, é de 24 h e 50 min. Existem três tipos de marés: diurnas, semi-diurnas e mistas (FRANCO, 1997). Marés diurnas são aquelas onde há apenas uma preamar (PM) e uma baixa-mar (BM) durante um período lunar, onde não existem diferenças, significativas, dos níveis de maré sucessivos; marés semi-diurnas apresentam dois ciclos de preamar e dois de baixa-mar com o mesmo nível aproximadamente, ao longo de um dia lunar; a maré mista, também, apresenta duas preamares e duas baixa-mares ao longo de um ciclo lunar, mas com desigualdades significativas de uma preamar, ou de uma baixa-mar para outra; Garrison (2010).

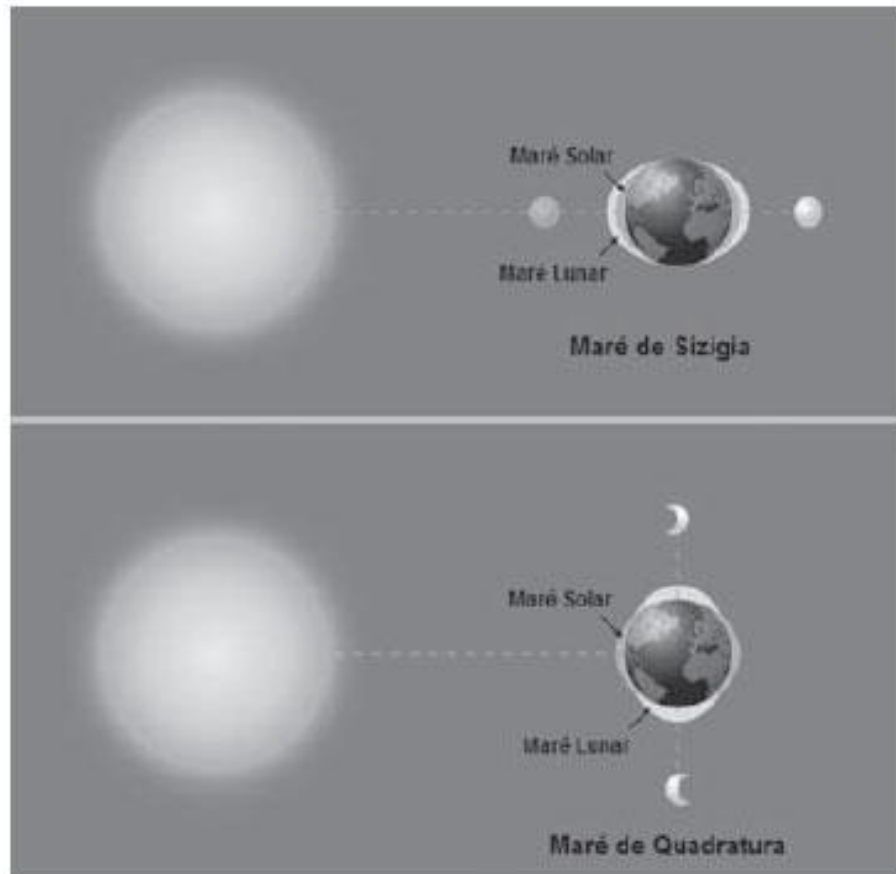
Quanto à força de atração dos astros, as marés podem ser classificadas como sendo de sizígia ou de quadratura (Figura 02). As marés de sizígia acontecem duas vezes a cada luação (em um intervalo de duas semanas), ocorre devido o alinhamento entre o Sol e a Lua nos dias de Lua Nova e de Lua Cheia, ocasionando nas maiores e menores, respectivamente, preamares e baixa-mares. No entanto, quando há oposição das forças do Sol, Terra e Lua (formando um ângulo reto) as preamares são mais baixas e as baixa mares são mais altas, denominando-as de marés de quadratura, ocorrendo durante a Lua Minguante e Crescente (FRANCO, 1997; GARRISON, 2010).

Segundo Garrison (2010), quanto a amplitude, as marés são classificadas em: micromarés (amplitudes  $< 2$  m), mesomarés (amplitudes entre 2 a 4 m) e macromarés (amplitudes  $> 6$  m) (Figura 03).

Além do tráfego de embarcações de pequenos, médios e de grande porte, uma vez que para seu deslocamento necessitam da subida dos níveis das águas, as marés possuem uma enorme importância ecológica, reprodutiva e econômica, pois possibilitam a troca de

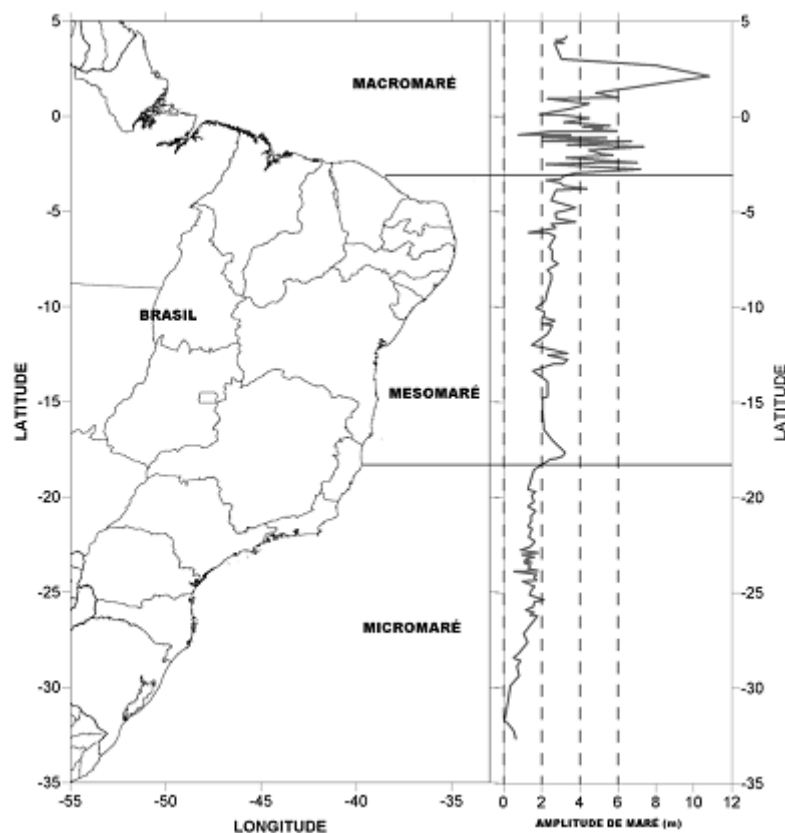
nutrientes, espécies e etc., entre o continente e a drenagem fluvial (BARTELS, ANGENHEISTER, 1970).

Figura 02- Maré astronômica.



Fonte: Leite Neto (2011)

Figura 03-Variação da amplitude da maré ao longo da costa do Brasil.



Fonte: Vellozo et al. (2005).

### 2.3 CANAL DE MARÉ

Canal de maré é um canal em forma de meandro que se desenvolve sobre as planícies de maré, por sofrer influência da oscilação da onda de maré que acaba por caracterizar as correntes de enchente e de vazante. Durante as fases de preamar ou baixa mar podem desenvolver velocidades correspondentes ao regime de fluxo superior (SUGUIO, 1998). Devido às correntes de maré (durante os processos de enchente e de vazante do canal) 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, 1973; SOUZA FILHO ; FRANÇA, 2003).

Para Perillo (2009) os canais de maré são cursos bem desenvolvidos de maré que mesmo nas menores baixa marés das marés de sizígia possuem água ao longo do seu curso. Além de possuírem profundidade (cm), largura (cm) e área da secção transversal (cm<sup>2</sup>) maiores, respectivamente que 100, 200 e 2000.

A circulação hidrodinâmica dos canais de maré influencia fortemente as variações que ocorrem no substrato da planície de intermaré adjacente, sendo ela vegetada ou não. O desenvolvimento da elevação do substrato de manguezal é determinada por diversos parâmetros relacionados ao suprimento e acomodação sedimentar, que por sua vez também sofrem influência dos parâmetros hidrológicos, profundidade e tempo de inundação (ANTHONY, 2004 apud ARAÚJO, 2012).

A hidrodinâmica dos cursos de maré é controlada essencialmente pela dinâmica de maré. Porém, em alguns casos também respondem à influência do regime de chuvas, ondas, ventos e eventos de tempestades (ARAÚJO, 2012).

#### 2.4 CORRENTE DE MARÉ

Correntes de maré são movimentos horizontais das massas líquidas em função da subida ou descida das marés astronômicas. Sua periodicidade e orientação dependem do regime de marés local (SUGUIO, 1998), e segundo Calazans (2011) são os movimentos horizontais alternativos de água gerados pela variação regular das marés. Estas correntes são responsáveis pela dispersão de sais e nutrientes, tanto em direção ao mar quando em direção ao canal, possibilitando uma mistura significativa, afetando de forma positiva a biota destes ambientes (HOSTIN, 2003).

Em regiões costeiras, tanto a velocidade quanto a orientação da maré são afetadas pela geomorfologia da costa e do assoalho oceânico (MARINS et al, 2010). No litoral paraense, as correntes de maré agem de maneira perpendicular a costa, com velocidades máximas, superiores em média, de 0,77 m/s na plataforma continental interna. As fortes correntes de maré atingem velocidades da ordem de 1,08 m/s (6 hs antes da preamar, nas marés de sizígia) e 0,98 m/s (4 hs após a preamar, nas marés de quadratura). As correntes de marés são as principais responsáveis pela presença dos vastos bancos de areias, que na foz do rio Pará e off shore da Ilha dos Guarás (Mariteua), se dispõem perpendicularmente à costa, (MACOLA ; EL-ROBRINI, 2004).

## 2.5 TEMPERATURA

É uma das características físicas das águas que medem a intensidade de calor ou energia térmica em trânsito, pois indica o grau de agitação das moléculas (SILVA, 2011).

Segundo Calazans (2011) a temperatura é um parâmetro físico importante na avaliação da qualidade da água não apenas por representar as variações locais e sazonais do ambiente, mas também por influenciar a velocidade das reações químicas e biológicas. A variação térmica exerce um efeito particularmente nocivo para os organismos estenotérmicos (não toleram grandes variações de temperatura).

Em regiões tropicais a temperatura da água é elevada, apresentando uma grande estabilidade temporal, uma vez que depende do período e grau de insolação, além de variações meteorológicas, sendo estas condicionadas por períodos de maior ou menor nebulosidade (FLORES, 1996).

## 2.6 TURBIDEZ

É a medida da dificuldade em que um feixe de luz tem em atravessar certa quantidade de água, ou seja, é a redução da transparência de água. A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão, como: silte, argila, colóides, matéria orgânica e inorgânica, além de organismos microscópicos e algas (SCHMIEGELOW, 2004; CALAZANS, 2011; ASSIS, 2012). Deste modo, a cor da água interfere de forma negativa na medida da turbidez, uma vez, que possui a propriedade de absorver luz (ASSIS, 2012). Os valores podem ser expressos em parte por milhão (ppm).

De acordo com Calazans (2011) as altas concentrações de partículas em suspensão em águas rasas, como lagos, baías, canais de maré, etc., interferem na fotossíntese, levando a uma diminuição da produtividade nesses ambientes, e interferindo em toda a cadeia trófica. Materiais finos também podem causar danos sensíveis às estruturas dos organismos, a exemplo dos bivalves filtradores que podem ter suas valvas entupidas com a grande filtração desses materiais.

## 2.7 SALINIDADE

A salinidade é uma propriedade físico-química que representa a quantidade de sais dissolvidos na água do mar, as substâncias dissolvidas podem ser: sais inorgânicos, compostos orgânicos provenientes dos organismos marinhos e gases dissolvidos, sendo que a maior parte do material dissolvido é composta por sais inorgânicos presente sob a forma iônica (MIRANDA, 2002 ; RÉ, 2000). Segundo Miranda (2002) e Silva (2011) a salinidade apresenta grandes variações no espaço e no tempo [ $S = S(x,y,z,t)$ ], principalmente devido ao balanço entre as taxas de evaporação e precipitação, além da descarga fluvial.

Através do processo de evaporação, método desenvolvido por Knudsen em 1889, pode-se determinar a concentração de sais contidos na água do mar. Baseado neste método, em 1902, publicou uma definição de salinidade: sendo a “quantidade total dos materiais sólidos, em gramas, contidos em um quilograma de água do mar quando todos os carbonatos são convertidos em óxido, todos os brometos e iodetos substituídos por cloretos, e toda matéria orgânica completamente oxidada (GUIMARÃES ; MARONE 1996 apud ROSÁRIO, 2008). Apartir de 1960 essa propriedade passou a ser calculada através de medidas de razão de condutividade elétrica com o auxílio, do salinômetro indutivo (MIRANDA, 2002).

Segundo Guimarães e Marone (1996), em 1978, foi introduzida a Escala Prática de Salinidade, definida em termos da razão K15, razão entre as condutividades de uma amostra de água e a de uma solução padrão de cloreto de potássio (KCl), cuja concentração é igual a 32,4356 g/kg, estando ambas as soluções a 15 °C e a pressão atmosférica. Desta maneira o valor de salinidade 35 foi definido como sendo aquele para o qual a razão K15 é igual a 1.

$$K15 = C(S, 15, 1) \div C(KCl, 15, 1);$$

A medida que a engenharia eletrônica avançou novos sistemas de determinação de salinidade adequados para operar em águas estuarinas foram desenvolvidos, dentre eles: o Conductivity –Temperature- Depth (CTD). Este equipamento mede a condutividade elétrica ou a razão de condutividade elétrica, convertendo-as em salinidade (MIRANDA, 2002). Até pouco tempo a unidade de medida mais usada para se determinar salinidade era “partes por mil” (‰), mas em 1979 foi proposto pela IAPSO (International Association for the Physical Sciences of the Ocean) que se utilizasse  $10^{-3}$ , transformando-a em uma propriedade

adimensional, pois pela definição tem-se os pesos dos sais sobre o peso da água. Em 1981 foi recomendada a utilização da Escala Prática de Salinidade (PSU) ou seu valor sem unidade (SCHMIEGELOW, 2004). Neste trabalho a salinidade é expressa como sendo uma grandeza adimensional.

Schmiegelow (2004) afirmou que a determinação da salinidade é de extrema importância para os estudos oceanográficos, uma vez que pode auxiliar na identificação das massas de água, acompanhando sua mistura e movimentação; utilizada para o cálculo da densidade, importante para a determinação da estabilidade vertical da água. Além de se compreender os padrões anatômicos, fisiológicos e comportamentais dos organismos aquáticos por meio da variação diurna e sazonal desse parâmetro.

### **3. OBJETIVOS DO ESTUDO**

#### **Geral**

Determinar o padrão hidrodinâmico de três canais de maré na baía de Marajó, analisando a intrusão salina nos referidos canais.

#### **Específicos**

- Analisar as variações de salinidade, temperatura e turbidez em função do tempo;
- Analisar as variações de salinidade, temperatura e turbidez em função da maré de sizígia;
- Analisar as variações de salinidade, temperatura e turbidez em função da sua localização geográfica;
- Analisar as variações de salinidade, temperatura e turbidez em função do regime de chuva;
- Analisar a intensidade e componentes da velocidade da corrente;

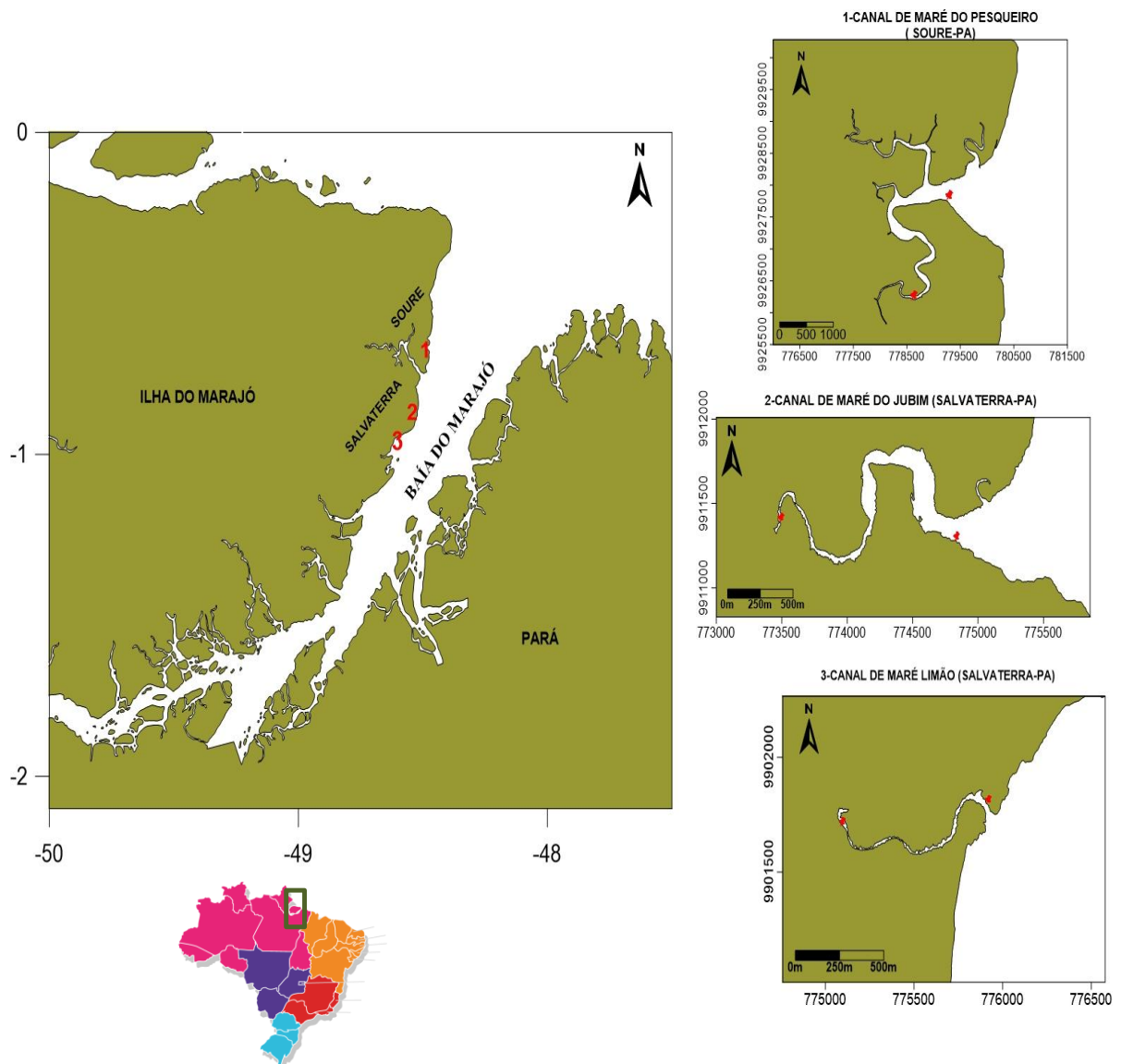
#### **4. JUSTIFICATIVA**

As mudanças na zona costeira em resposta às alterações climáticas resultam em diversos impactos, causando declínio nos valores econômicos, ecológicos, ambientais e de subsistência. Tais impactos, embora sejam sentidos, dependem das peculiaridades locais e, por isso, ocorrem de forma desigual ao longo de países e regiões, como resultado de graus distintos de exposição e vulnerabilidade. 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 de manguezais. A implementação de estudos em canais favorece um melhor entendimento dos aspectos hidrológicos e hidrodinâmicos locais e, conseqüentemente, suas interferências na dinâmica regional.

## 5. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende três canais de maré inseridos na margem leste da ilha do Marajó/PA, fazendo, estes, parte dos municípios de Soure e Salvaterra. Estes dois municípios são separados pelo rio Paracauarí que se destaca na margem principal, desaguando na Baía do Marajó. Os canais são: canal do Jubim (Salvaterra); do Limão (Salvaterra); e do Pesqueiro (Soure) (Figura 04). Segundo Nascimento (2010), são canais rasos (atingindo no máximo 5m de profundidade), dominados por um regime de mesomaré, com amplitude média de 2,58m.

Figura 04- Localização dos três canais de maré estudados na ilha do Marajó/PA. 1) canal do Pesqueiro, 2) canal do Jubim e, 3) canal do Limão.



## 5.1 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

O município de Salvaterra é constituído por cinco distritos (Salvaterra, Condeixa, Joanes, Jubim e Monsarás), que unidos somam uma população de 18.124 habitantes em uma área de 1.043,50 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010, e NASCIMENTO 2010). Já os distritos de Soure e Pesqueiro constituem o município de Soure que abrange uma área de 3.512,86 km<sup>2</sup> onde esta inserida uma população de 22.459 habitantes.

Na região a presença do rio exerce influência na organização social. Nogueira (1997) afirma “a importância do transporte fluvial, assim como inúmeras atividades ligadas à água, que demonstram um papel singular na mediação das relações sociais da região”.

A economia de Salvaterra concentra-se na pecuária e na pesca, seguido da agricultura, principalmente do cultivo do abacaxi e da mandioca. (IBGE, 2010). Em Soure a economia baseia-se principalmente no extrativismo vegetal, especialmente de madeira, açaí, palmito e borracha, seguido da atividade pecuária, e tendo a hotelaria como uma atividade emergente, devido ao significativo crescimento turístico da região (PDI 2006 apud NASCIMENTO, 2010).

## 5.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS

O clima na costa amazônica é governado por mudanças sazonais na posição da Zona de Convergência Inter-Tropical (ITCZ) e linhas de instabilidade. A posição latitudinal da ITCZ é cerca de 14° N de agosto a setembro, e cerca de 2° S de março a abril (LEITE, 2010).

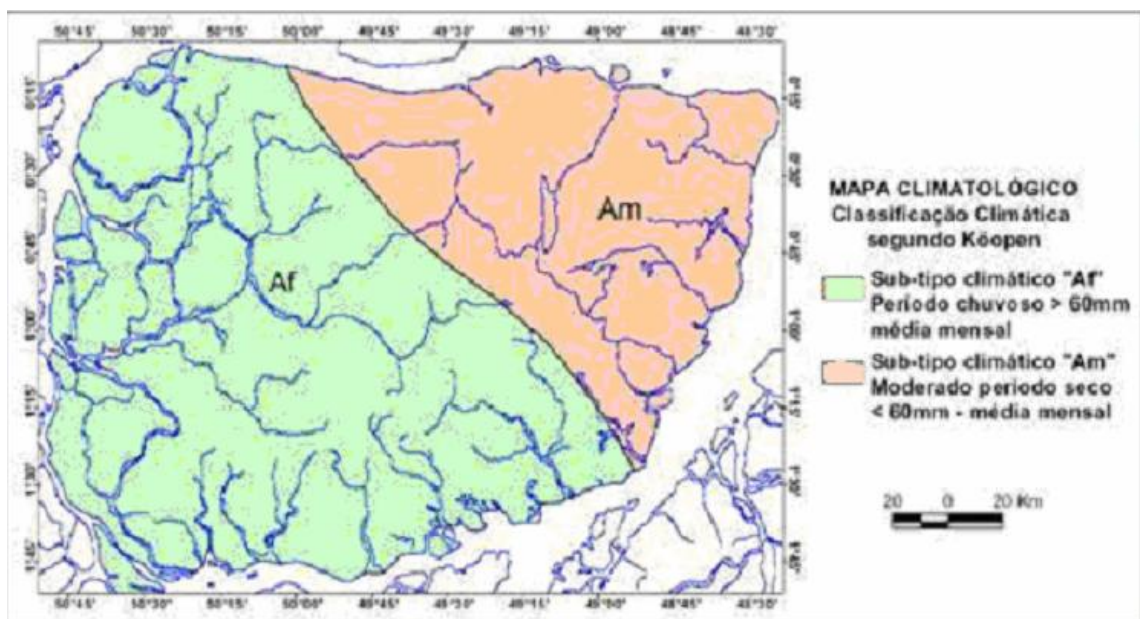
O clima na margem leste da Ilha de Marajó é classificado como sendo do tipo “A” definido como clima tropical chuvoso e com dois sub-tipos: Af (parte ocidental) e Am (parte oriental), segundo a classificação de Köppen (Figura 05), com temperatura média anual de 27,3° C e pluviosidade anual superior a 3.000 mm (LIMA et al; 2004).

A pluviosidade regional divide-se em dois períodos sazonais: (1) o período chuvoso, que se estende de dezembro a maio, com precipitação média de 2.566 mm, e velocidade média do vento de 6,2 m/s, sendo o período de maior influência da Zona de Convergência

Intertropical (ZCIT); e (2) o período menos chuvoso de junho a novembro, com média de 414,3 mm de chuvas, e velocidade média do vento de 7,0 m/s.

As peculiaridades do regime pluviométrico da região, aliadas ao complexo sistema de floresta, grandes rios e bacias fluviais que circundam a ilha do Marajó, comprometem as variações na temperatura e umidade do ar, nebulosidade e quantidade de radiação que incide na superfície (MONTEIRO, 2009).

Figura 05- Classificação climática, segundo Köppen, da ilha do Marajó.



Fonte: Lima et al. (2004).

### 5.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para Rossetti (2001), a estratigrafia cenozóica da Bacia Sedimentar do Marajó é composta pelos seguintes grupos: Pirabas (Oligoceno Superior ao Mioceno Inferior), Barreiras (Mioceno Médio ao Superior) e Pós-Barreiras (Plioceno Superior ao Holoceno Inferior).

- Formação Pirabas : a Formação Pirabas faz contato com as rochas do pré-cambriano (TEIXEIRA e COSTA, 1992, apud SILVA, 2008). Esta formação é constituída por calcários marinhos, argilito carbonático e arenitos calcíferos.

- Grupo Barreiras: Este grupo comporta três lito-fácies: argilo-arenosa, arenosa e conglomerática (GÓES, 1980; GÓES e TRUCKENBRODT 1981, apud SILVA, 2008), depositadas sob condições transicionais (planície de maré, manguezais e canais de maré, ambientes de clima úmido) (ROSSETI et al 1989; ROSSETI, 2001, apud SILVA, 2008).
- Sedimentos Pós-Barreiras: corresponde aos sedimentos areno-argilosos amarelados sobrepostos ao Grupo Barreiras. Está em discordância erosional com este grupo, com contato, evidenciado por seixos rolados de arenito ferruginoso ou fragmentos dos sedimentos Barreiras. As características deposicionais da Formação Pós-Barreiras sugerem deposição por movimentos gravitacionais e eólicos na faixa litorânea (ROSSETTI et al, 1989 apud SILVA, 2008).

A Ilha do Marajó é caracterizada por sedimentos Pós-Barreiras, os quais formam uma sucessão contínua de sedimentos, que desaparecem em direção ao norte, onde são substituídos pelos depósitos do Holoceno. Estes depósitos estão presentes no lado Oriental da Ilha do Marajó, onde grandes áreas são periodicamente alagadas. As áreas de sedimentação (Holoceno) na Ilha do Marajó estão fixadas a apenas 2,5 m acima do nível do mar atual, enquanto as áreas do Grupo Barreiras e do Pós-Barreiras ficam até 40 m. Próximo a Cachoeira do Arari, os sedimentos do Barreiras e Pós-Barreiras ocorrem até uma altitude de 15m e máximo de 20m (ROSSETTI et al. 2007).

## 5.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

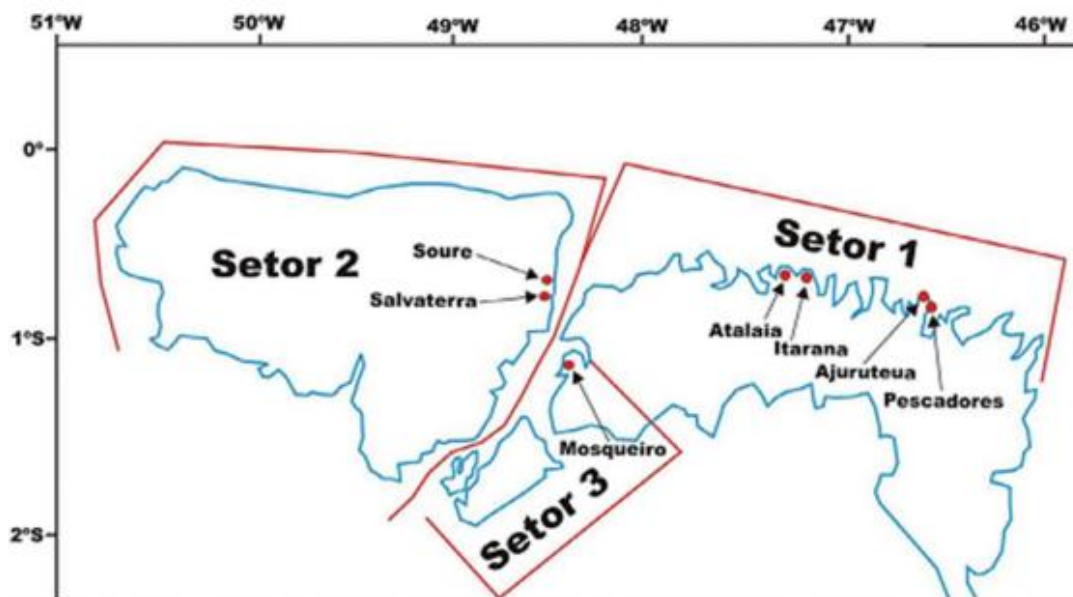
### 5.4.1 Geomorfológicos e sedimentares

A ilha de Marajó localiza-se no macrocompartimento costeiro do norte do Brasil conhecido como Golfão Marajoara ou Amazônico, entre a margem esquerda do rio Amazonas e a margem direita da baía de Marajó, no Estado do Pará (FRANÇA et al, 2010). De acordo com suas características naturais e socioeconômicas, El-Robrini et al (2006) à insere no setor 2 ou insular estuarino (Figura 06).

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). A compartimentação topográfica regional é representada através de duas unidades morfoestruturais do relevo amazônico: o Planalto

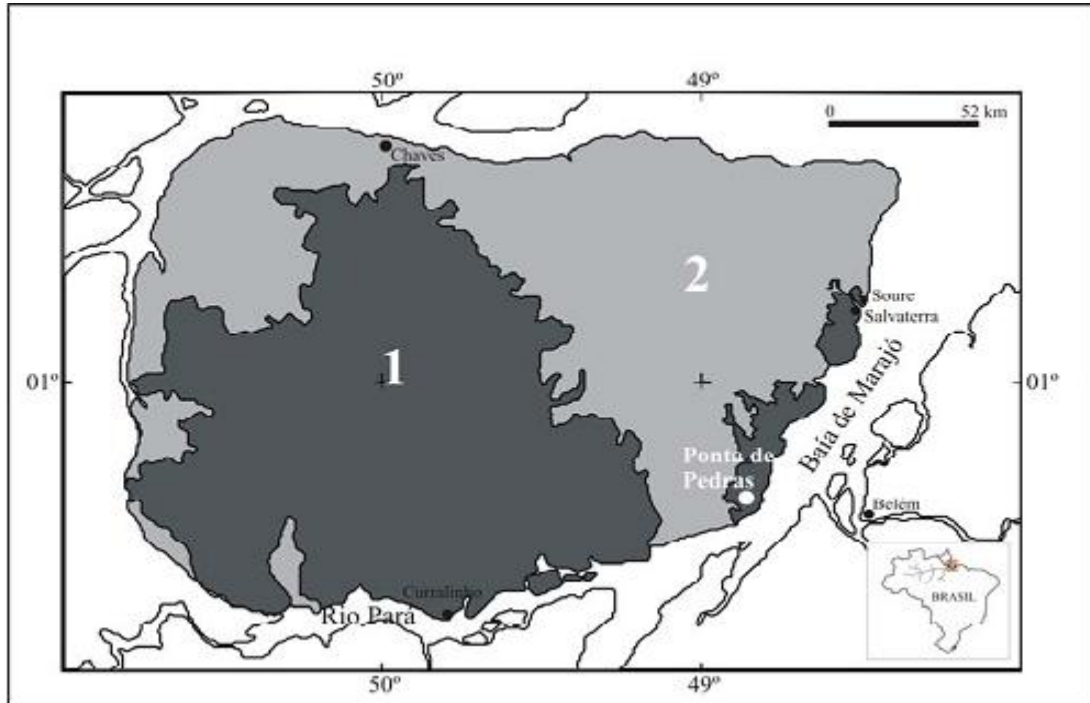
Rebaixado da Amazônia (do Baixo Amazonas) e a Planície Amazônica (FURTADO, 2012) (Figura 07). Para França e Souza Filho (2006) o planalto costeiro é constituído por sedimentos areno-argilosos terciários do Grupo Barreiras/Pós-Barreiras, correspondendo a um relevo aplainado com suaves ondulações e cotas topográficas acima de 5 m (baixo platô). Sua cobertura vegetal apresenta matas secundárias, capoeiras e cerrados. A planície costeira é composta por sedimentos lamosos e arenosos do holoceno, depositados sob influência de correntes de maré e ondas; apresenta cotas topográficas abaixo de 5 m, além de possuir oito subunidades (Figura 08): paleocanal, terraço arenoso, planície lamosa de supramaré, planície lamosa de intermaré, cordões arenosos antigos, cordões arenosos de dunas e praias atuais, deltas de maré vazante, além dos canais de maré. Sua cobertura vegetal é representada por mangues, campos inundáveis e restingas (FRANÇA ; SOUZA FILHO, 2006, apud NASCIMENTO 2010).

Figura 06- Mapa de localização dos setores da Zona Costeira Paraense.



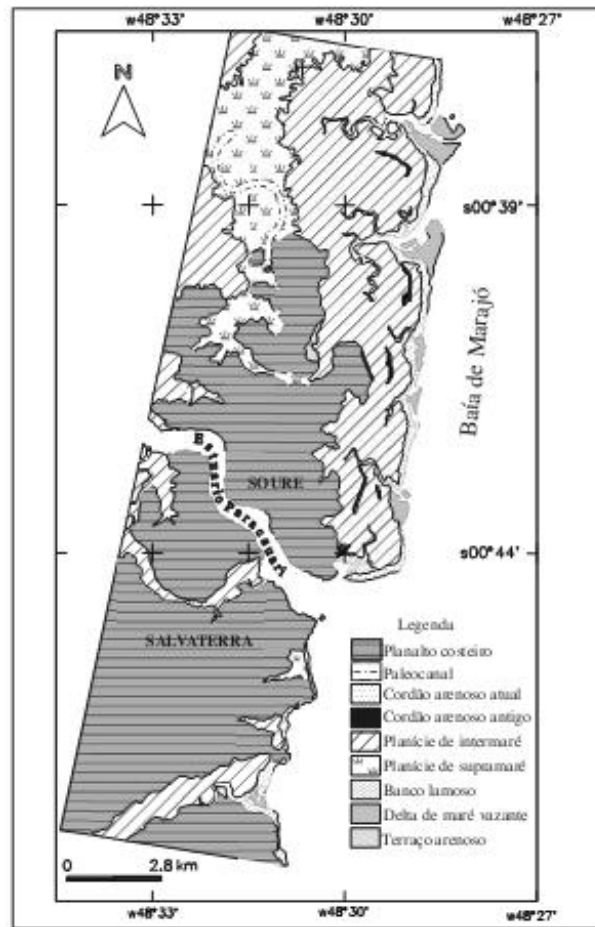
Fonte: El- Robrini et al. (2006).

Figura 07- Mapa das unidades morfoestruturais da Ilha de Marajó: 1-Planalto Rebaixado da Amazônia; 2-Planície Amazônica.



Fonte: Barbosa et al. (1974 apud FRANÇA et al., 2010).

Figura 08- Mapa morfológico da ZC de Soure e Salvaterra, enfatizando as subunidades morfoestruturais contidas na Planície Costeira Amazônica.



Fonte: França e Souza Filho (2006).

#### 5.4.2 Aspectos hidrográficos

A Ilha do Marajó, localizada no estuário do rio Amazonas é circundada pelos rios Amazonas, Pará, Tocantins, e pela Baía do Marajó, além do Oceano Atlântico (LIMA et al 2004). A hidrografia marajoara é entrecortada por dezenas de rios e outros cursos d' água, como furos, igarapés e lagos, que ajudam a formar um dos mais formidáveis ecossistemas da Terra e resultam, principalmente, do grande índice pluviométrico da região (MONTEIRO, 2009). Desta maneira, os rios que influenciam significativamente a hidrografia marajoara, são: Amazonas, Tocantins e Pará.

##### 5.4.2.1 Rio Amazonas

O Amazonas nasce no lago Lauri ou Lauricocha, nos Andes do Peru, a pouco mais de 10° de Latitude Sul. Os países banhados, diretamente, pelas águas do Amazonas são: Peru,

Colômbia e Brasil; entretanto, Bolívia, Equador, e pequenos trechos da Venezuela e da Guiana (antiga Guiana Inglesa) estão compreendidos em sua bacia. O rio Amazonas recebe grande número de afluentes. No Brasil os mais importantes são: Tapajós e Xingu (margem direita), e Negro, Trombetas, Paru e Jari (margem esquerda).

O rio Amazonas possui 5.825 km de extensão, além da mais vasta bacia do mundo, cerca de 5.846.100 km<sup>2</sup>, e uma descarga hídrica variando entre 100.000 a 220.000 m<sup>3</sup> x s<sup>-1</sup> (MONTEIRO, 2009, E CUNHA ; PASCOALOTO, 2006). As águas do rio Amazonas percorrem uma velocidade média de 2,5 km/h, que aumenta até 7 a 8 km/h, em Óbidos, onde o rio, em território brasileiro, atravessa sua “garganta” mais estreita, com aproximadamente 2.600 metros de largura (CUNHA ; PASCOALOTO, 2006).

#### 5.4.2.2 Rio Pará

O rio Pará é formado pela confluência entre o rio Amazonas e o Tocantins, onde adquire o status de segundo rio do sistema amazônico de drenagem. Drena uma área, aproximada, de 0,7x10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> e possui uma vazão estimada em cerca de 100 m<sup>3</sup> x s<sup>-1</sup> (MONTEIRO, 2009).

#### 5.4.2.3 Rio Tocantins

O rio Tocantins nasce em Goiás e é formado pelos rios Maranhão e Paraná, encontra-se com seu principal afluente, o rio Araguaia, nas proximidades do município de Marabá/Pa (ANA, 2012). Apresenta uma drenagem de, aproximadamente, 757.000 km<sup>2</sup> e uma descarga média anual de 12.000 m<sup>3</sup> x s<sup>-1</sup> (LATRUBESSE ; STEVAUX, 2002, apud MONTEIRO, 2009).

## 5.5 CANAIS DE MARÉ ESTUDADOS

### 5.5.1 Canal de maré do Pesqueiro

O Canal de maré do Pesqueiro (Figura 09) está localizado na praia do Pesqueiro, possui uma largura média aproximada de 240 m em sua desembocadura (FERREIRA, 2010), e de 50 m em seu interior. É utilizado especialmente pelos moradores da Vila do Pesqueiro, localizada nesta praia, para pesca e transporte. Suas margens são recobertas principalmente por vegetação de mangue e várzea (NASCIMENTO, 2010).

Figura 09- Canal de maré do Pesqueiro (Soure/ Pa). A) Desembocadura e b) interior.



Fonte: Arquivo do autor

### 5.5.2 Canal de maré do Jubim

O canal do Jubim (Figura 10) é um canal bastante navegado, é utilizado para pesca e transporte, mas, sobretudo como atracadouro de embarcações. Sua largura média abrange, em torno, de 170 m (desembocadura) e 23 m (parte interna). Em sua margem direita localiza-se a Vila de Jubim e sua margem esquerda é coberta por mangue e várzea. A estrada de acesso principal entre Salvaterra e seus demais distritos atravessa este canal (NASCIMENTO, 2010).

Figura 10- Canal de maré do Jubim (Salvaterra/ Pa). A) Desembocadura e b) interior-Ponte.



Fonte: Arquivo do autor.

### 5.5.3 Canal de maré do Limão

O canal de maré do Limão (Figura 11) está localizado na Vila de Joanes. Em suas margens não há moradores, sendo estas também recobertas essencialmente por mangue e várzea. Este canal é utilizado pelos moradores da vila para pesca, lazer, extração de areia (NASCIMENTO, 2010). Dos três canais estudados é o menor em largura, compreende cerca de 42 m em sua desembocadura e 22 m (parte interna).

Figura 11- Canal de maré do Limão (Salvaterra/ Pa). A) Desembocadura e b) interior.



Fonte: Arquivo do autor.

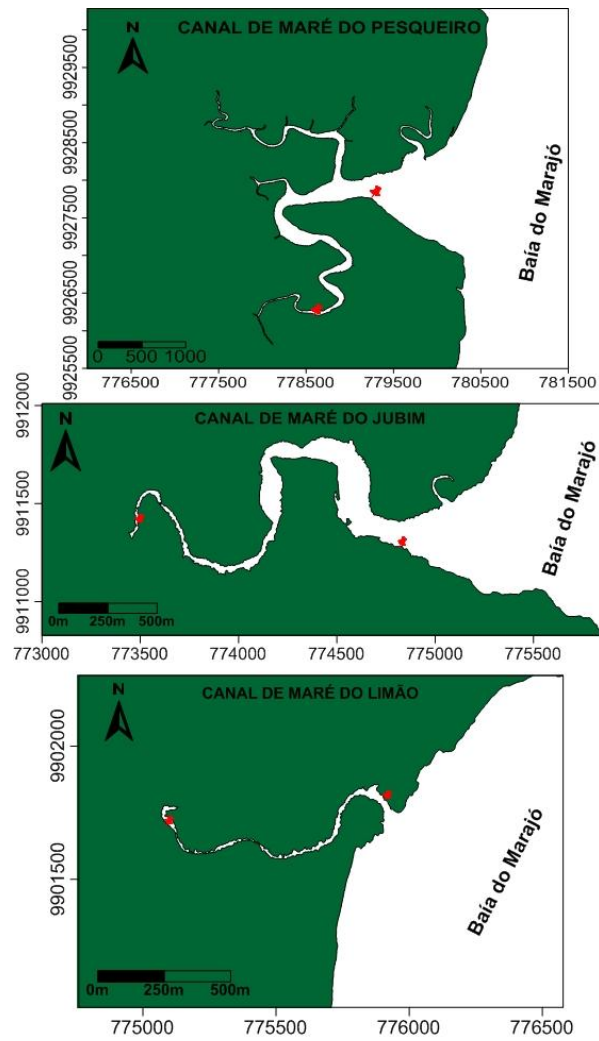
## 6. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado através de três campanhas (duas no período seco e uma no chuvoso). As campanhas no período seco foram realizadas entre 26 e 28 de outubro de 2011 e entre 16 e 19 de setembro de 2012 (2 anos); e a do período chuvoso entre 06 e 08 de abril de 2012 (apenas em um ano). Todas durante a maré de sizígia registrada em cada um dos meses de coleta. Os três canais foram analisados tanto em sua desembocadura para a Baía do Marajó, como em sua parte interna (Figura 12). Portanto cada canal obteve duas coletas dos parâmetros físicos citados abaixo. O tempo para a realização da amostragem de cada ponto durou cerca de 13 horas, tempo que estima-se um ciclo de maré (no caso semidiurna), com exceção do canal do Limão (desembocadura e interior) em Outubro de 2011 (amostragem muito inferior ao tempo esperado) e na parte interna deste mesmo canal, em setembro de 2012, onde este tempo foi ultrapassado, possibilitando a análise de dois ciclos.

A instalação desses equipamentos, na maioria das coletas, foi feita durante a baixa mar de forma a deixá-los fundeados durante o período de coleta. A distância entre as estações, obedecendo à sinuosidade dos canais, foi de, aproximadamente, 3520 m para o canal do Pesqueiro, 2400 m para o Jubim e 1037 m para o Limão.

Os dados foram descarregados ainda em campo. E em laboratório para o tratamento dos dados foram utilizados os softwares Microsoft Office Excel 2007, Matlab R2010a e Grapher 9 (32-bit), para a realização de conversões, filtragens (para gerar uma curva suavizada de cada parâmetro, além de retirar possíveis interferências ocorridas durante a coleta), e plotagens gráficas.

Figura 12- Imagens dos três canais estudados. Os pontos em vermelho são as estações de coleta



Na tabela 01 são informadas as coordenadas, datas e horários das coletas realizadas nos três canais estudados durante os períodos secos e chuvoso.

Tabela 01- Coordenadas, datas e período de amostragem dos equipamentos utilizados em campo.

	Canais	Pontos	Data das coletas	Período de amostragem (CTD)	Período de amostragem (OBS)	Período de amostragem (Correntômetro)	Coordenadas
PERÍODO SECO	Jubim	Desembocadura	27/10/2011	06h e 11min às 18h e 41min	06h às 18h e 33min	06h e 14min às 18h e 55min	S: 00°48'04,4'' W: 048°31'56,5''
	Jubim	Interior (Ponte)	27/10/2011	06h e 02min às 18h e 58min	----	----	S: 00°48'05,5'' W: 048°31'54,4''
	Limão	Desembocadura	26/10/2011	06h e 03min às 17h e 43min	----	----	S: 00°53'13,9'' W: 048°31'16,9''
	Limão	Interior	26/10/2011	07h e 56min às 17h e 03min	----	----	<b>S: 00°53'7,5''</b> <b>W: 048°32'2,3''</b>
	Pesqueiro	Desembocadura	28/10/2011	06h e 20min às 16h e 45min	----	----	S: 00°39'11,6'' W: 048°29'27,4''
	Pesqueiro	Interior	28/10/2011	06h e 25min às 18h e 30min	06h às 18h e 36min	06h e 27min às 18h e 34min	S: 00°40'01,3'' W: 048°29'47,8''
PERÍODO CHUVOSO	Jubim	Desembocadura	07/04/2012	04h e 10min às 17h e 05min	04h e 10min às 16h e 58min	----	S: 00°48'04,7'' W: 048°31'56''
	Jubim	Interior (Ponte)	07/04/2012	04h e 42min às 17h e 12min	04h e 35min às 17h e 30min	----	S: 00°48'05,7'' W: 048°32'35,2''
	Limão	Desembocadura	08/04/2012	05h e 15min às 18h e 10min	05h e 15min às 18h e 10min	----	S: 00°53'13,9'' W: 048°31'16,7''
	Limão	Interior	----	----	05h e 39min às 18h e 09min	----	S: 00°53'10,2'' W: 048°31'41,2''
	Pesqueiro	Desembocadura	06/04/2012	03h e 38min às 16h e 26min	04h e 05min às 16h e 10min	----	S: 00°39'11,4'' W: 048°29'27,1''
	Pesqueiro	Interior	06/04/2012	04h e 09min às 17h e 04min	----	----	S: 00°40'00,8'' W: 048°29'47,8''
PERÍODO SECO	Limão	Desembocadura	16-17/09/2012	----	15h e 45min às 06h e 31min	16h às 06h e 40min	S: 00° 53' 15'' W: 048°31'16,3''
	Limão	Interior	17-18/09/2012	----	09h e 46min às 09h e 28min	09h e 46min às 09h e 28min	S: 00°53'09,7'' W: 048°31'42,6''
	Pesqueiro	Desembocadura	18-19/09/2012	----	06h e 15min às 07h e 09min	06h e 15min às 07h e 09min	S: 00°39'07,2'' W: 048°29'37,7''

## 6.1 SALINIDADE, TEMPERATURA E PROFUNDIDADE (OSCILAÇÃO DE SUPERFÍCIE).

Os dados de salinidade e temperatura foram adquiridos por dois aparelhos de CTD (conductivity, temperature and depth) modelo SBE 37 (Figura 13), submersos durante todo o período de amostragem, inseridos na desembocadura e no interior dos três canais analisados. Os equipamentos foram programados a fazer medições a cada cinco segundos (5s) dos parâmetros de condutividade, temperatura e pressão próximos do fundo.

Os dados de salinidade e profundidade foram adquiridos em laboratório, a partir da conversão da condutividade em salinidade, e da pressão em profundidade (que neste trabalho é denominada de oscilação de superfície, visto que a morfologia dos canais os difere em profundidade) através programa Matlab R2009a.

Esses parâmetros foram analisados em duas campanhas: período seco (Outubro de 2011) e chuvoso (Abril de 2012).

Figura 13- CTD (modelo SeaBird SBE 37).



## 6.2 TURBIDEZ

Os dados de turbidez da água próximo ao fundo foram obtidos a partir de dois sensores Optical Backscatter (OBS) (Figura 14), submersos aproximadamente por 13 horas, respeitando o ciclo da maré. Um dos equipamentos fixado no canal foi preso junto à grade do CTD e o outro foi acoplado a um cano de PVC, e foram programados a adquirir medições a cada sessenta segundos (60 s) próximo ao fundo dos canais. Este equipamento além de estimar os dados de turbidez, também é capaz de registrar os dados de pressão e temperatura.

Esse parâmetro foi analisado em todas as três campanhas: período seco (Outubro de 2011 e Setembro de 2012) e chuvoso (Abril de 2012). E apenas no interior do canal do limão durante a campanha referente ao período chuvoso, é que sua pressão foi utilizada para a estimativa de profundidade (utilizada nas plotagens gráficas como nível de maré), visto que o CTD, por motivos de logística, não pode ser inserido no interior desse canal.

Figura 14- Sensor OBS (modelo Turbinfinity- ATU75W)



### 6.3 INTENSIDADES E COMPONENTES (LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS) DA CORRENTE

Os dados de intensidade da corrente foram obtidos com o auxílio de dois Correntômetros eletromagnéticos, modelo AEM USB da marca JFE ALEC (Figura 15). Foram realizados registros a cada 60 segundos, submersos por aproximadamente 13 horas, respeitando o ciclo da maré.

Esses parâmetros só puderam ser analisados durante as duas campanhas referentes ao período seco (Outubro-2011 e Setembro-2012).

Os dados de corrente após coletados, tiveram sua declinação magnética corrigida a partir de dados obtidos on-line do Observatório Nacional (2011 e 2012), para as cidades de Salvaterra e Soure, onde em 2011 a declinação foi de  $-19,67^\circ$  e em 2012  $-19,69^\circ$  (ambas as cidades); Para que apartir dessas correções fossem calculadas as variações temporais durante um ciclo de maré (exceção do interior do canal do Limão em Setembro de 2012- dois ciclos) das Componentes longitudinais e transversais aos canais.

Figura 15- Correntômetro magnético (modelo AEM-USB).



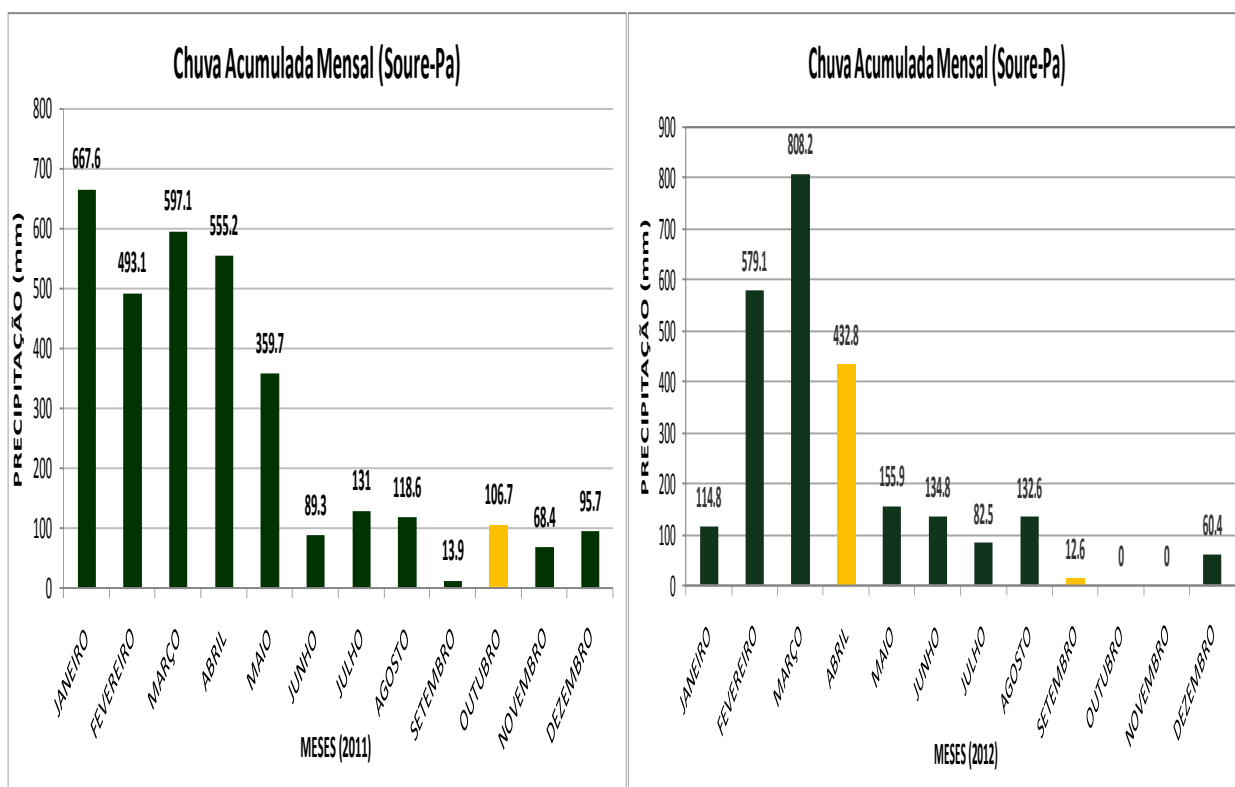
## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As duas campanhas foram realizadas sob condições de maré de sizígia, cujas oscilações na altura variaram entre 2,23 a 3,66 m (período seco) e 2,69 a 3,92 (período chuvoso) (Tabela 02).

### 7.1 CONTEXTUALIZAÇÃO CLIMÁTICA

Através de registros obtidos on-line do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foi avaliada a pluviosidade registrada nos meses de coleta (Outubro de 2011 Abril e Setembro de 2012). Caracterizando os meses de Outubro, Abril e Setembro, respectivamente como sendo meses de período seco, chuvoso e seco (Figura 16).

Figura 16- Pluviosidade dos meses de coleta referente ao município de Soure-Pa. Em amarelo são os meses de coleta.



Fonte: INMET.

## 7.2 SALINIDADE

### **Seco (Outubro de 2011)**

Durante a campanha realizada no período seco (Outubro-2011), os resultados da série temporal de salinidade e sua variação condicionada pela maré nos três canais analisados foram comparados entre os dois pontos de coleta em cada canal (desembocadura e interior). De acordo com essa análise, a salinidade na desembocadura do canal do Pesqueiro superou a do seu interior, atingindo um máximo de 9,24 durante a maré de enchente, e um mínimo de 3,38 no início do estofado de baixa-mar; enquanto que no interior a máxima foi de 9,12 e a mínima de 5,47, respectivamente nas mesmas condições de maré que a desembocadura (Figura 17). No canal do Jubim, o seu interior (ponte) atingiu os extremos de salinidade, cujo máximo e o mínimo foram, respectivamente 8,53 (final da maré de enchente) e 5,28 (final do estofado de baixa-mar), a desembocadura deste canal apresentou extremos de 8,45 e 7,46 nos mesmos instantes de maré que seu interior (Figura 18). O canal do Limão apresentou o máximo de salinidade em seu interior, atingindo 6,54 (final da maré de enchente) e um mínimo de 5,08 (estofado de baixa-mar); A sua desembocadura apresentou extremos de 6,49 (maré de vazante) e 3,71 (início de maré vazante) (Figura 19).

Ao comparar os resultados entre as desembocaduras dos três canais estudados neste mesmo período, a ordem decrescente de salinidade máxima foi atingida pelos canais do Pesqueiro (9,24), Jubim (8,45) e Limão (6,49) (Figura 20-a). Semelhante comparação foi realizada no interior desses canais, e como na desembocadura, o canal do Pesqueiro atingiu o maior valor de salinidade (9,12), seguido dos canais do Jubim (8,53) e do Limão (6,54) (Figura 20-b).

Figura 17- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

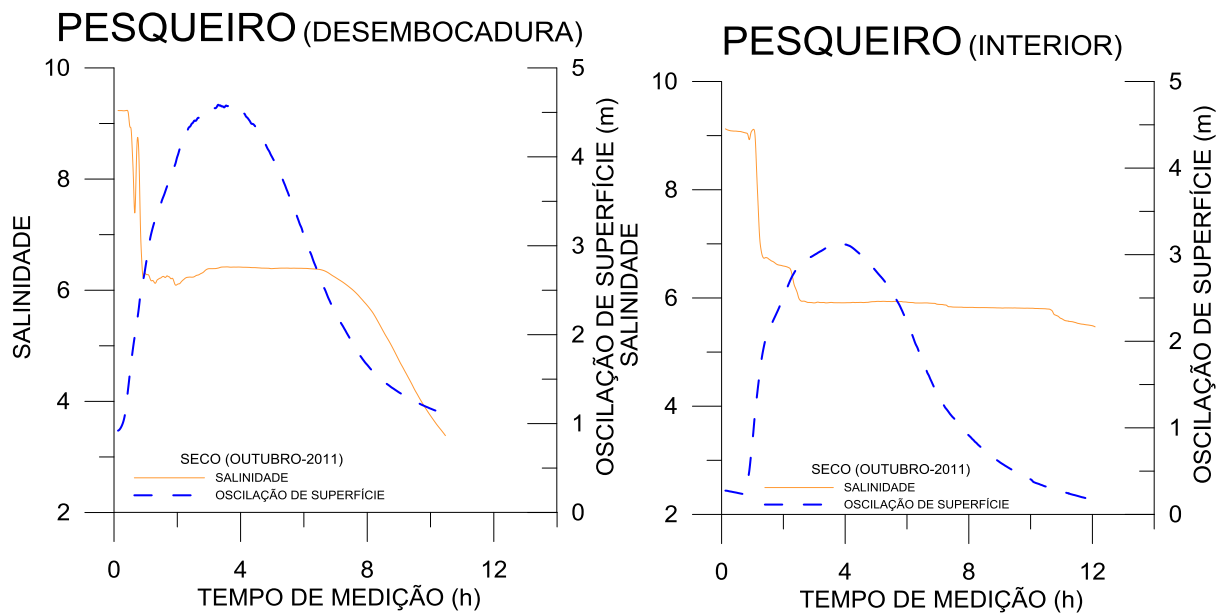


Figura 18- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).

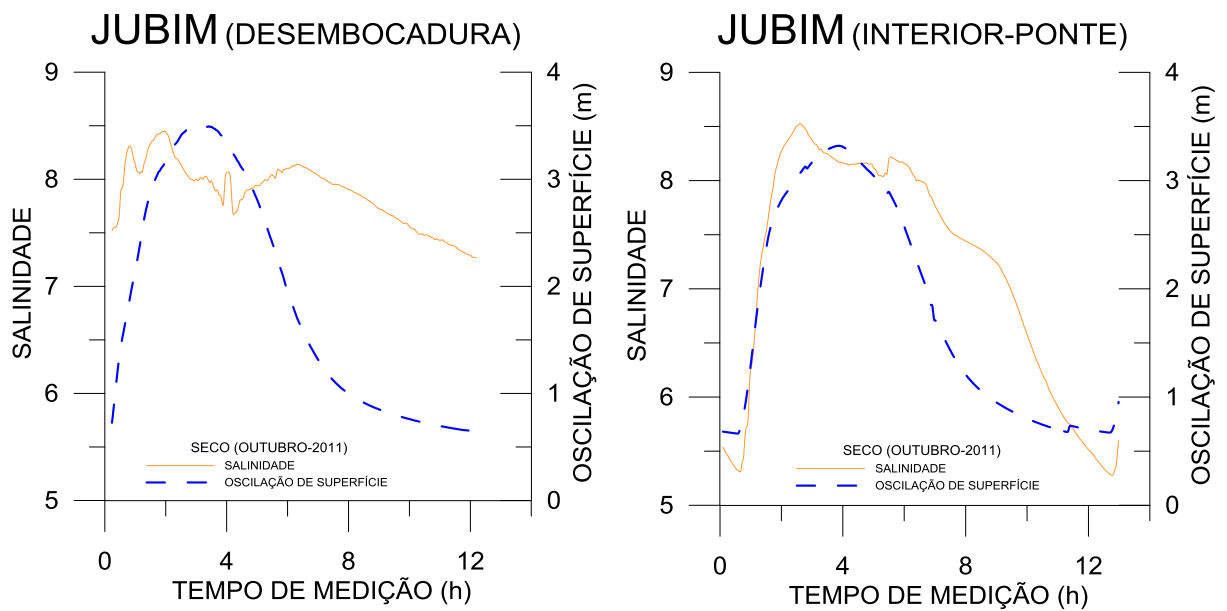


Figura 19- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).

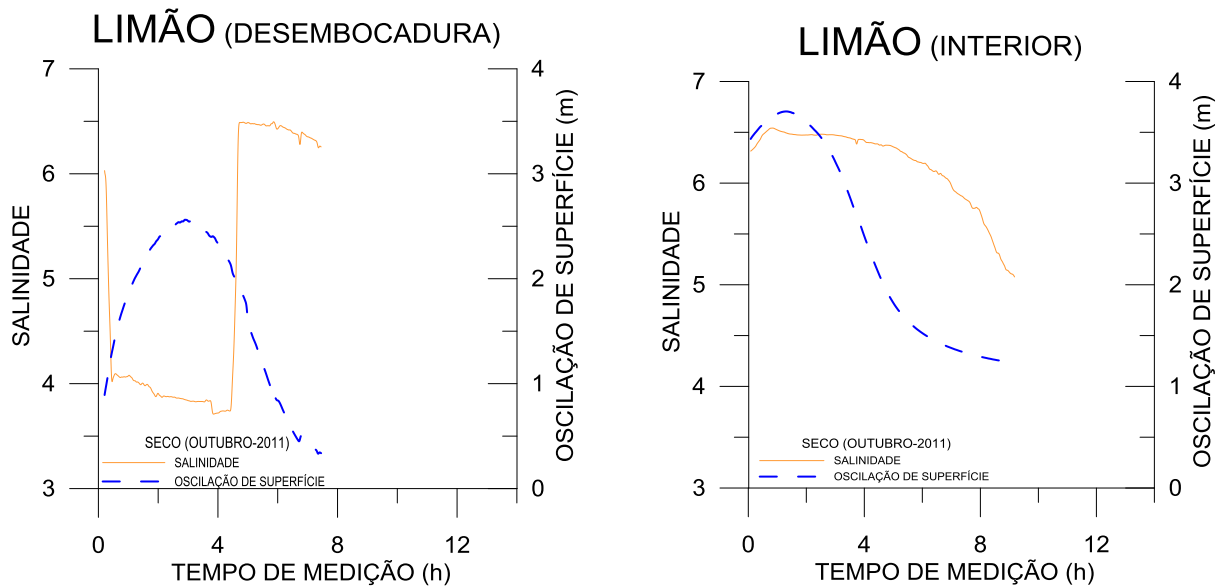
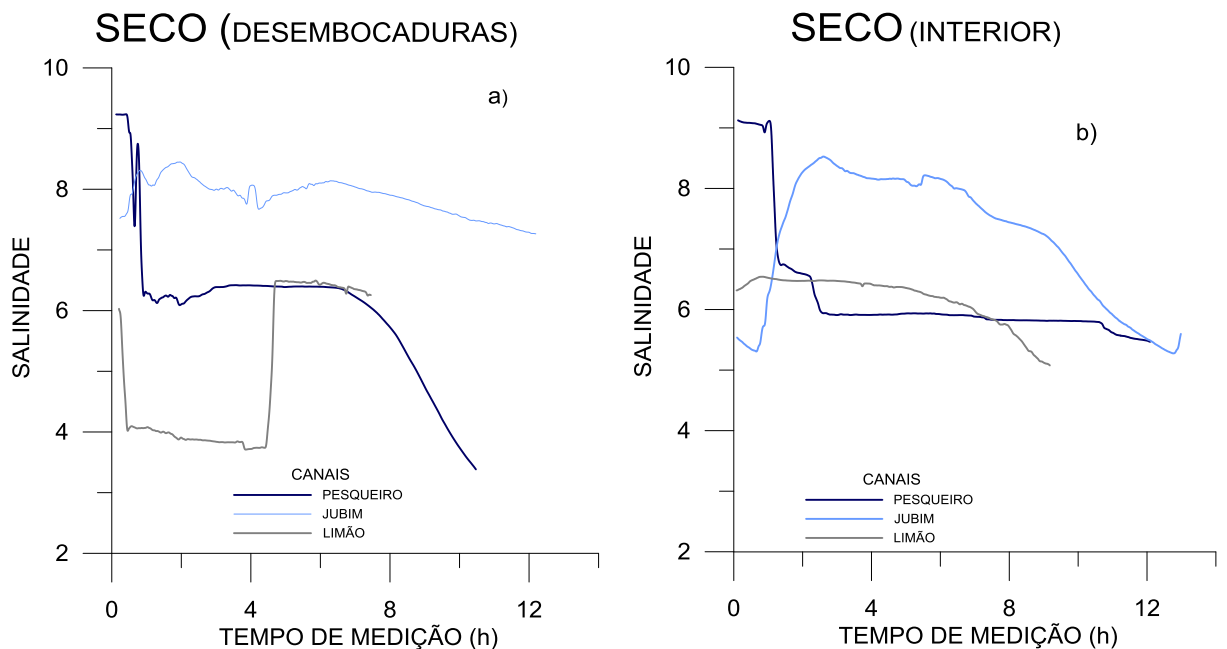


Figura 20- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Outubro de 2011). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.



### Chuvoso (Abril de 2012)

Na campanha referente ao período chuvoso, realizada no mês de Abril de 2012, a mesma análise entre os dois pontos coletados em cada canal foi desempenhada. No canal do Pesqueiro o seu interior atingiu o valor máximo de salinidade alcançando 1,33 (início da maré de vazante) e um mínimo de 0,51 (final da estofa de baixa-mar); sua desembocadura alcançou máximo (maré de enchente) e mínimo (maré de enchente), respectivamente, 0,25 e 0,05 (Figura 21). No canal do Jubim, os valores 1,81 e 0,09 foram máximos de salinidade, respectivamente, atingidos na sua desembocadura (estofa de preamar) e no seu interior (maré de enchente), essas estações obtiveram valores mínimos de 1,25 (final da estofa de baixa-mar) e 0,04 (início de maré vazante) (Figura 22). A desembocadura do canal do Limão atingiu o valor máximo (1,87) e mínimo (1,27) durante o estofa de preamar e baixa-mar, respectivamente (Figura 23).

Através da análise realizada entre as desembocaduras, pode ser observado que o canal mais salino foi o do Limão (1,87), seguido pelo canal do Jubim (1,81) e do Pesqueiro (0,25) (Figura 24-a). Nos interiores dos canais, o do Pesqueiro atingiu máxima de 1,33 e o do Jubim de 0,09 (Figura 24-b).

Figura 21- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

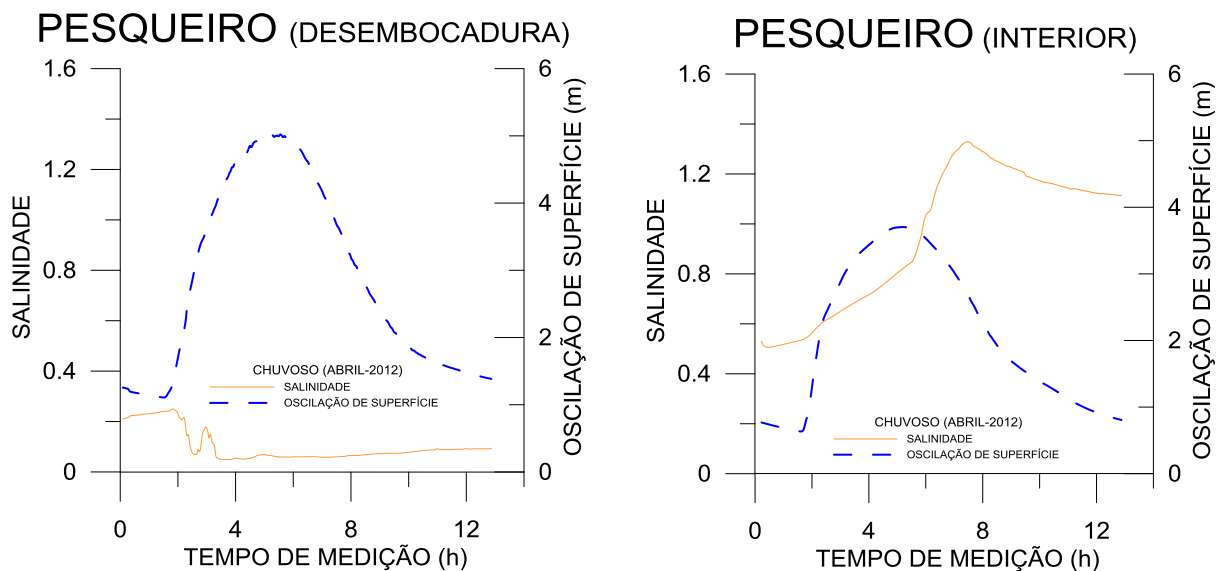


Figura 22- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).

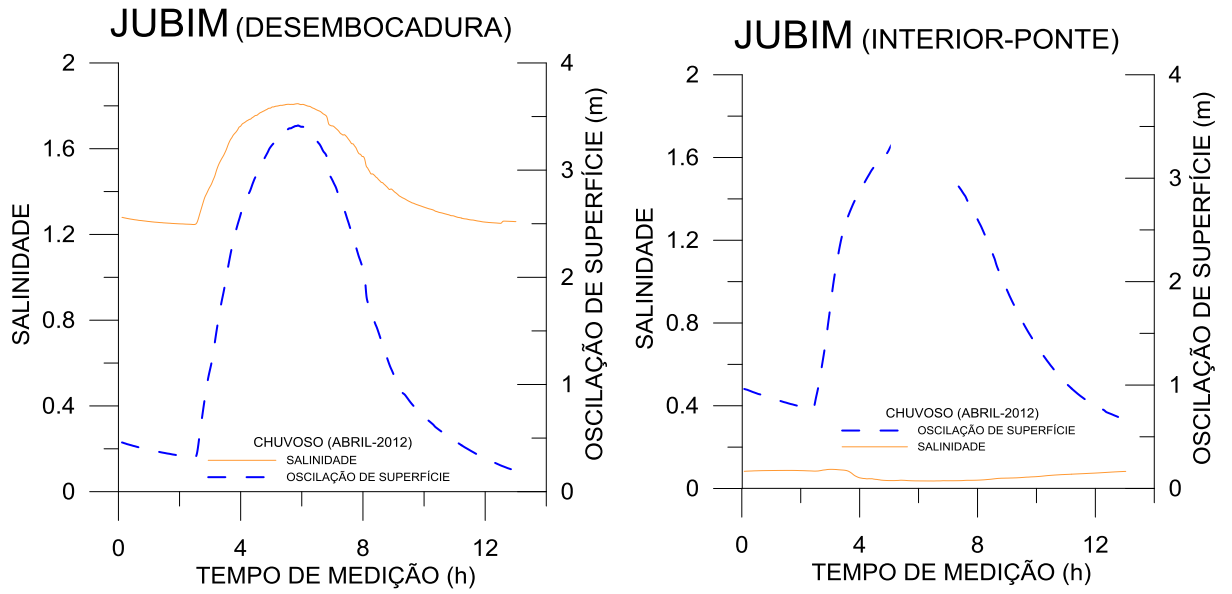


Figura 23- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).

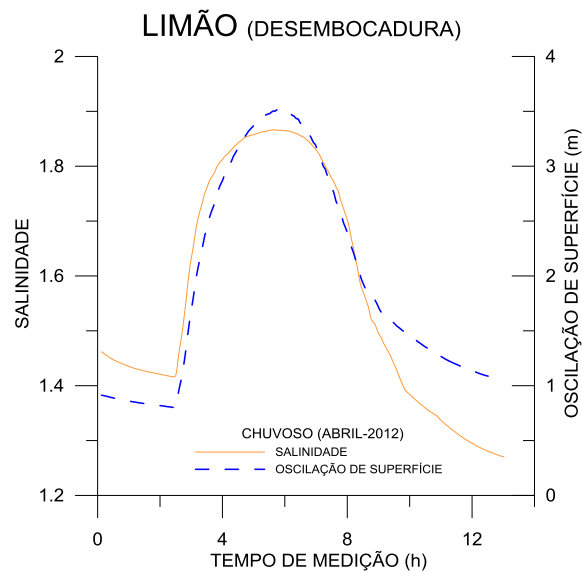
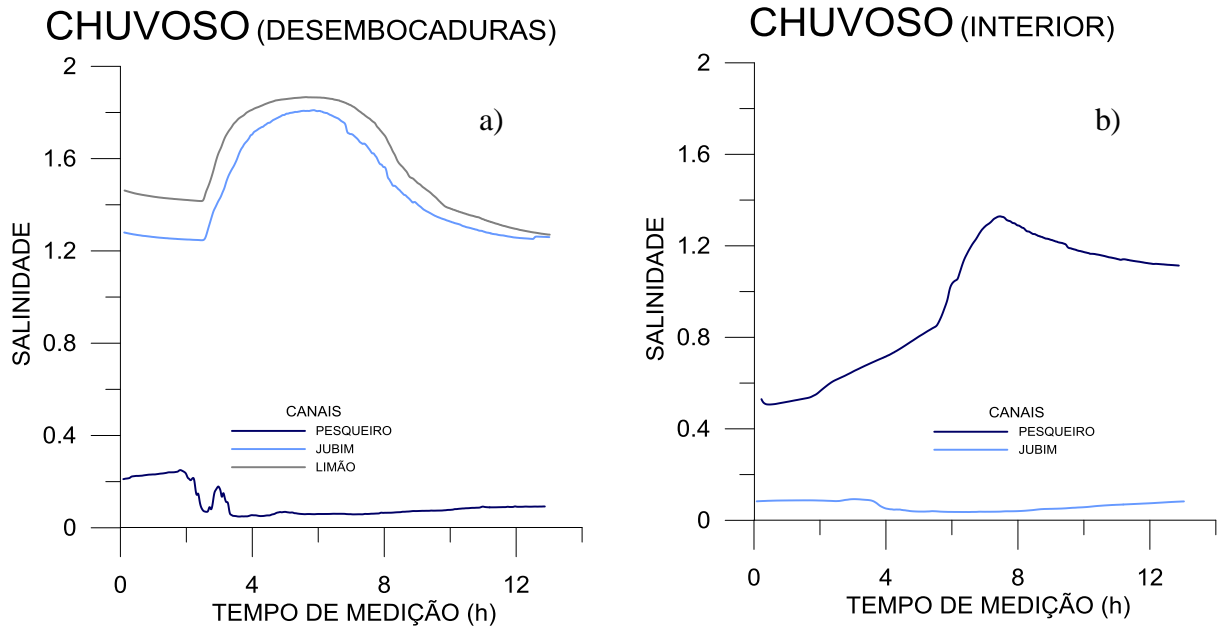


Figura 24- Série temporal da salinidade adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Abril de 2012). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.



### Sazonal (Seco e Chuvoso)

Sazonalmente foi possível observar que os canais estudados sofrem uma grande variação em sua salinidade, possivelmente influenciada pelo regime de chuvas da região. Os canais do Pesqueiro, Jubim e Limão nas suas desembocaduras apresentaram valores máximos de 9,24, 8,45, e 6,49 durante a campanha do período seco. E no chuvoso apresentaram máximos, respectivamente, de 0,25, 1,81, e 1,87. No interior destes canais os valores máximos de salinidade alcançaram 9,12, 8,53, e 6,54 encontrados, nesta mesma ordem nos canais do Pesqueiro, Jubim e Limão (período seco). No entanto, esses mesmos canais (exceto o do Limão) apresentaram durante o período chuvoso máximas de 1,33, 0,09 (Figuras 25, 26 e 27).

Através de uma análise minuciosa foi possível se estimar as variações, com base nos valores máximos de salinidade, em cada ponto, ao longo das duas campanhas. Do período seco para o chuvoso a desembocadura dos canais do Pesqueiro, Jubim e do Limão atingiram valores de variação, respectivamente, de 8,99, 6,64 e 4,62. E no seu interior a variação sazonal foi de 8,44 (para o canal do Jubim) e 7,79 (para o canal do Pesqueiro).

Figura 25- Variação sazonal da salinidade, durante um ciclo de maré no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

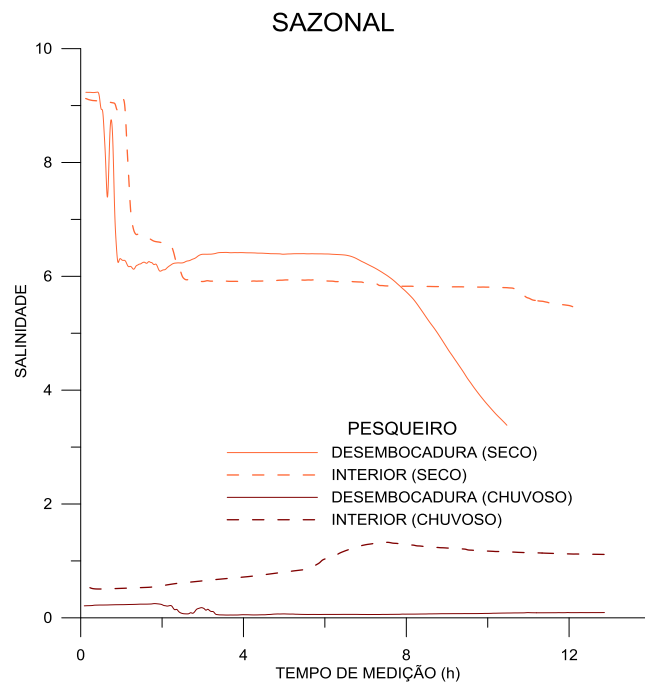


Figura 26- Variação sazonal da salinidade, durante um ciclo de maré no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).

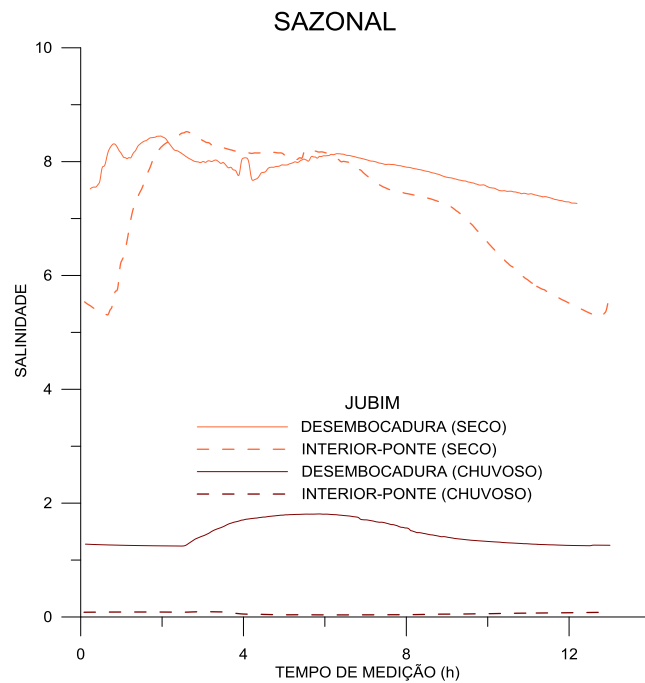
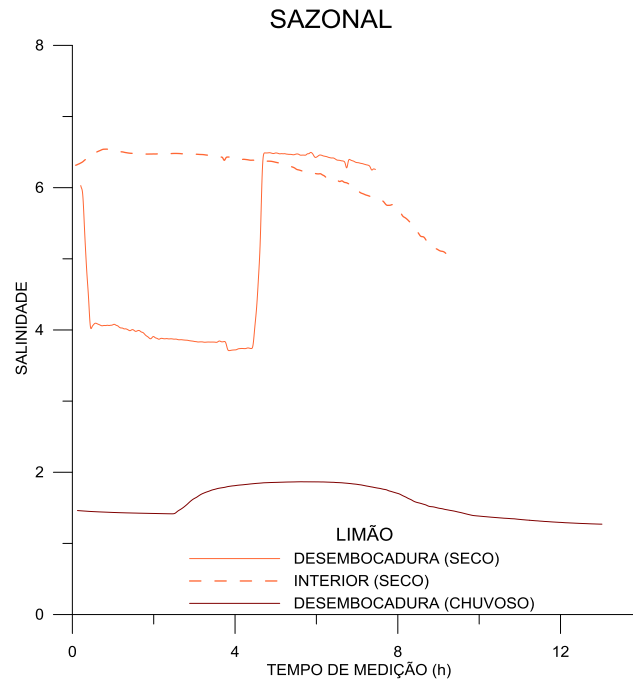


Figura 27- Variação sazonal da salinidade, durante um ciclo de maré no canal do Limão (Salvaterra-Pa).



A série temporal da salinidade decorrente das modificações diárias dos níveis de maré apresentou resultados inesperados em dois pontos de períodos distintos (desembocadura do Limão-seco e no interior do Pesqueiro-chuvoso), mas, em sua grande maioria, demonstrou que durante os momentos de maré de enchente é que foram encontrados os maiores valores de salinidade, isso devido à alta entrada de água salina oriunda das águas oceânicas misturadas às águas estuarinas da baía do Marajó que adentram os canais durante a enchente dos mesmos. Desse modo, espera-se que nos momentos de maré vazante os menores valores de salinidade sejam constatados, fato ocorrente na maioria dos casos, exceto na desembocadura do canal do pesqueiro durante o período chuvoso.

No entanto, diferente da mudança ocorrente através da maré, a variação da salinidade é claramente influenciada pelos níveis pluviométricos da região. Durante a campanha realizada no período seco (menos chuvoso) o valor máximo de salinidade variou entre os canais de 9,24 a 6,49 (desembocaduras) e entre 9,12 a 6,54 (em seus pontos internos). Na campanha que corresponde ao período chuvoso os valores máximos desse parâmetro variaram, entre as desembocaduras, de 1,87 a 0,25; já nos interiores variaram de 1,33 a 0,09.

A largura dos canais também pode favorecer no aumento e na diminuição da salinidade dentro deles. Durante o período seco (menos chuvoso e de pouca descarga fluvial) a salinidade se comportou de acordo com a esperada, devido à proximidade com as águas

oceânicas o canal do Pesqueiro obteve a maior salinidade, seguido do Jubim e do Limão. No entanto, durante o período chuvoso (de maior descarga fluvial) houve uma inversão na salinidade esperada para esses canais, onde o canal mais salino foi o do Limão, seguido do Jubim, e do Pesqueiro, diagnosticando uma concentração de sal nos canais mais estreitos, possivelmente em virtude da grande vegetação de mangue existente nos mesmos.

Ferreira (2010) observou durante sua coleta no período de maior pluviosidade (agosto-2010), referente aos meses de período seco, apenas na desembocadura dos canais, que o maior valor deste parâmetro foi no canal do Pesqueiro (7,7) que apresentou menor valor de 6,7; o canal do Jubim registrou máxima de 5,9 e mínima de 4, com variação de 1,9; o canal do Limão obteve seu máximo de 5,1 e seu mínimo de 2,5. Ainda segundo o mesmo autor, o canal do Pesqueiro apresentara valores mais elevados, provavelmente porque se localiza mais ao norte e, portanto, sendo expostos à maior influência e penetração de água marinha. Além da oscilação de maré e das condições pluviométricas nos momentos de coleta, a distribuição da salinidade nesses canais sofre influência da morfologia do canal e dos aportes de água doce são introduzidos diariamente pelos rios da região.

### 7.3 TEMPERATURA

#### **Seco (Outubro de 2011)**

Ao longo dos três canais de maré estudados, a temperatura (da água) não obteve resultados muito distintos entre os dois pontos de coleta realizados de cada canal e entre as modificações diárias decorrentes dos níveis de maré. Na coleta realizada no canal de maré do Pesqueiro, o valor máximo e mínimo deste parâmetro foram 29,02 °C (próximo ao período de estofa de vazante- aproximadamente às 17h) e 27,04°C (início da maré de enchente- aproximadamente às 7h), encontrados na desembocadura deste canal, valores estes que não foram muito desiguais aos verificados no seu interior (Figura 28). O canal de maré do Jubim, também, obteve em sua desembocadura os valores extremos de temperatura da água se comparado aos dos encontrados em seu interior, resultados esses que foram de 29,47 °C (próximo ao período de estofa de vazante- aproximadamente às 17h) e 27,11°C (início da maré de enchente- aproximadamente às 7h) (Figura 29). Assim como nos dois canais de maré anteriores, os resultados na desembocadura do canal do Limão superaram as do seu interior, alcançando máxima de 28,91 °C (final do período de estofa de preamar- próximo das 10h da

manhã) e mínima de 26,43 °C (início da maré de enchente- aproximadamente às 7h) (Figura 30).

Quando comparadas as temperaturas máximas entre as desembocaduras apresentadas pelos três canais de maré estudados durante a campanha do período seco, a ordem decrescente deste parâmetro foi alcançada pelos canais do Jubim, Pesqueiro e Limão, cujos valores foram, respectivamente, de 29,47 °C, 29,02 °C e 28,91°C. Onde os valores mínimos foram, nesta mesma ordem, de 27,11 °C, 27,04 °C e 26,43 °C (Figura 31-a). No interior desses canais as temperaturas máximas foram de 28,88°C, 28,73 °C e 28,68°C, respectivamente para os canais do Pesqueiro, Limão e Jubim, que nesta ordem apresentaram mínimas de 27,36°C, 27,94 °C e 27,3 °C (Figura 31-b).

Figura 28- Série temporal da temperatura obtido durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

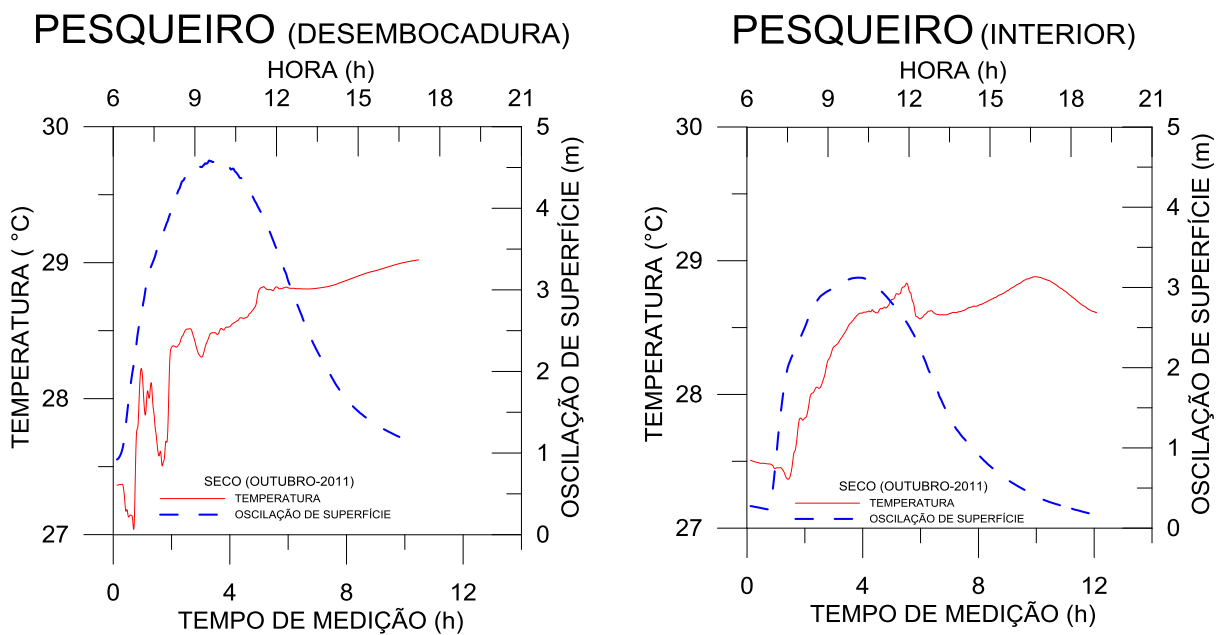


Figura 29- Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).

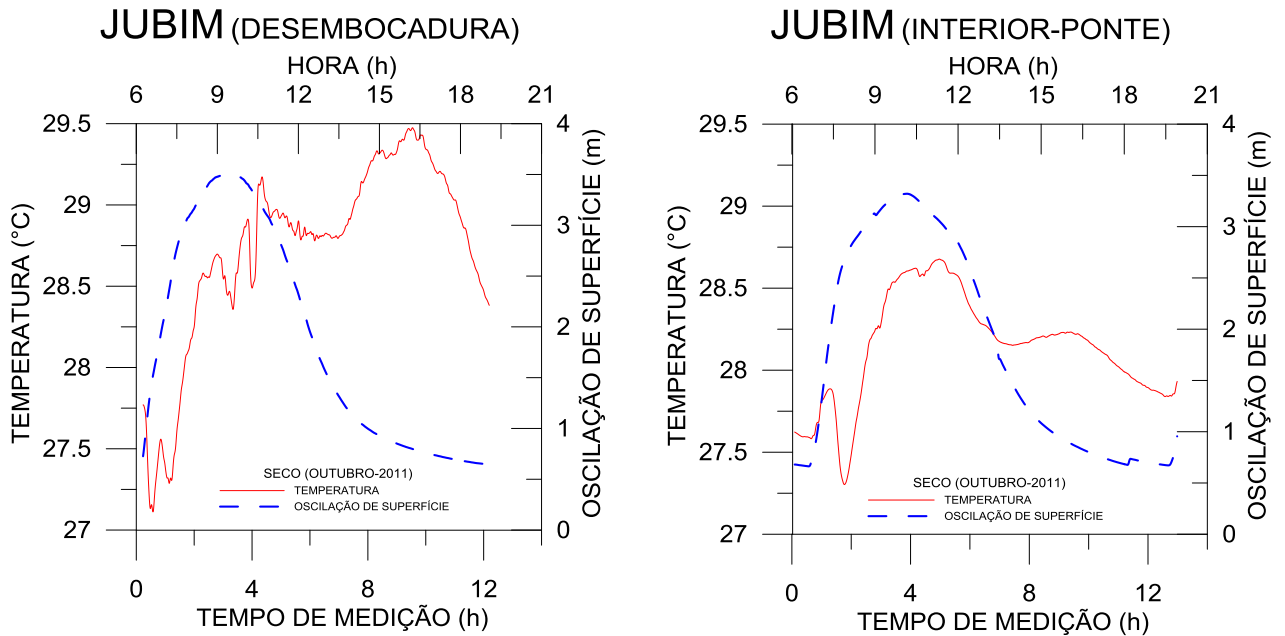


Figura 30- Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Outubro de 2011, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).

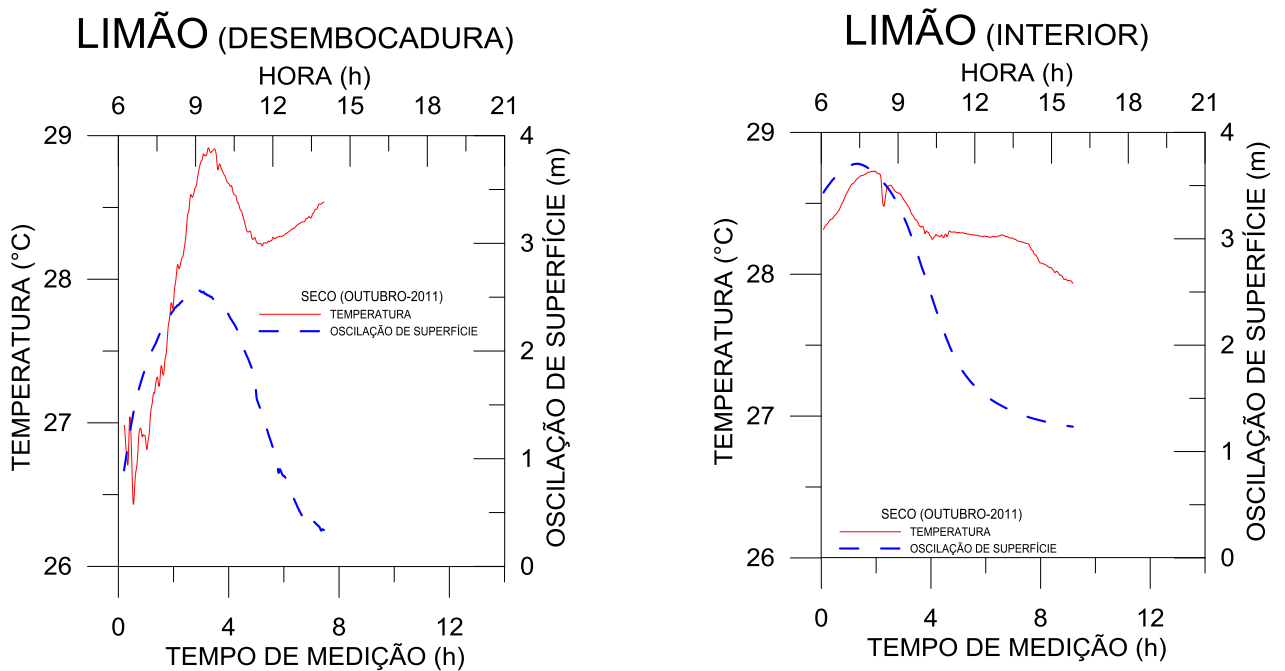
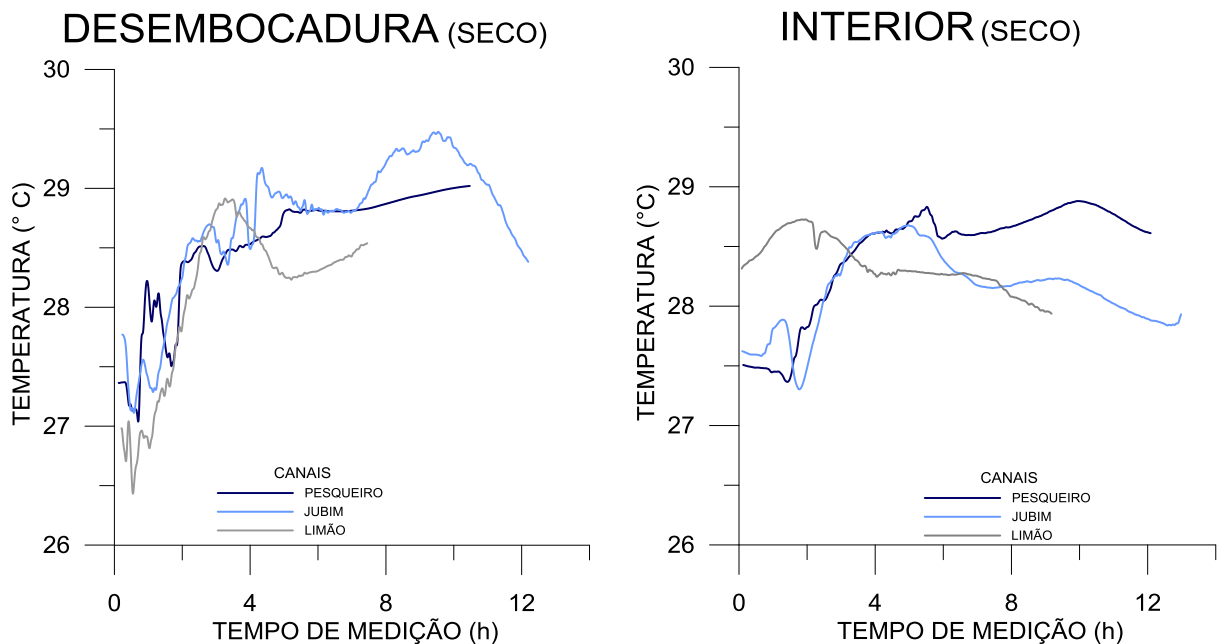


Figura 31- Série temporal da temperatura da água adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Outubro-2011). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.



### Chuvoso (Abril de 2012)

Na campanha referente ao período chuvoso a temperatura da água obteve valores máximos e mínimos na desembocadura do canal de maré do Pesqueiro de 28,9 °C (início da maré de vazante- próximo das 10h da manhã) e 27,57 °C (metade do período de maré de enchente-aproximadamente às 7h), respectivamente (Figura 32). Ao comparar os dois pontos coletados no canal do Jubim, sua desembocadura apresentou os valores extremos de 29,65 (início da maré de vazante-próximo das 11h) e 27,55 (início da maré de enchente-aproximadamente às 8h), respectivamente, valores de máxima e mínima (Figura 33). A desembocadura do canal do Limão obteve máxima de 29,22 (início da maré de vazante-aproximadamente às 14h) e mínima de 27,75 (início da maré de enchente- próxima das 8h) (Figura 34).

Através da análise comparativa entre os dois pontos de coleta referente a cada canal (desembocadura e interior), o canal que atingiu o maior resultado de temperatura máxima, em sua desembocadura, foi o Jubim (29,65 °C), seguida das desembocaduras do Limão (29,22 °C) e do Pesqueiro (28,9 °C); que respectivamente atingiram temperaturas mínimas de 27,55 °C, 27,75 °C e 27,88 °C (Figura 35-a). Nos interiores os maiores valores de temperaturas máximas

foram: 28,95 °C e 28,77 °C, atingidas pelos canais do Jubim e do Pesqueiro, respectivamente; que por sua vez, atingiram valores mínimos de 27,82 °C e 27,88°C (Figura 35-b).

Figura 32- Série temporal da temperatura obtido durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

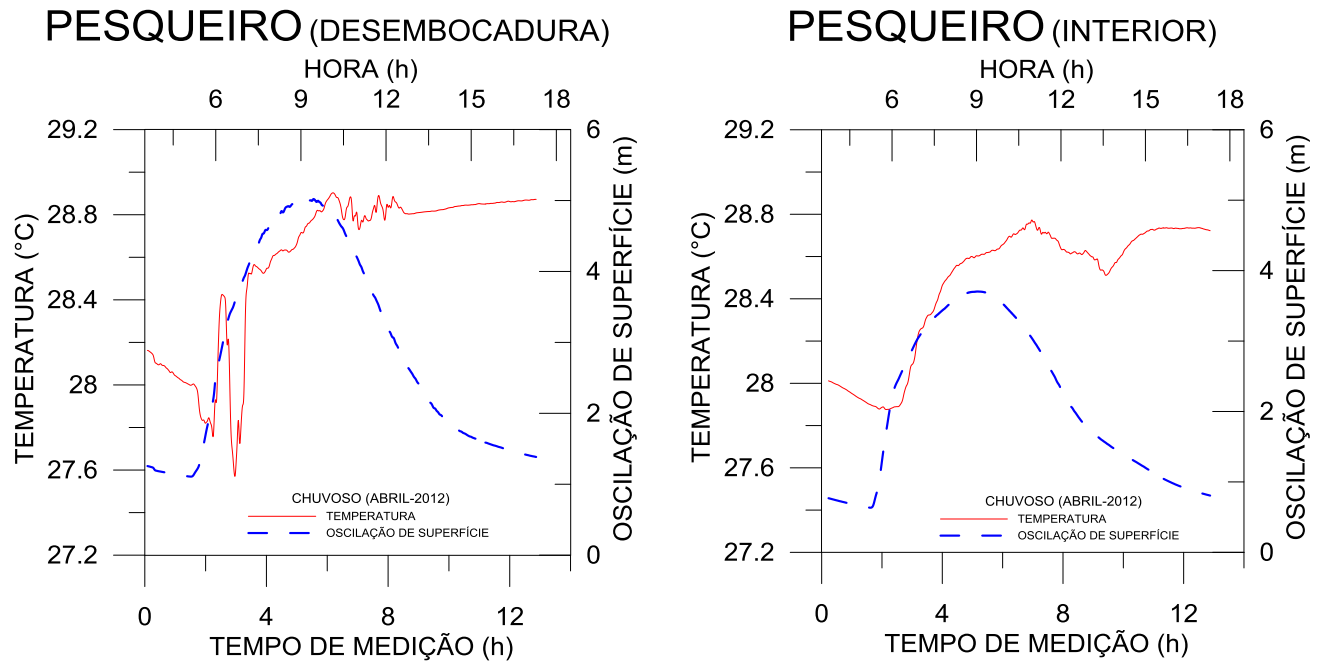


Figura 33- Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).

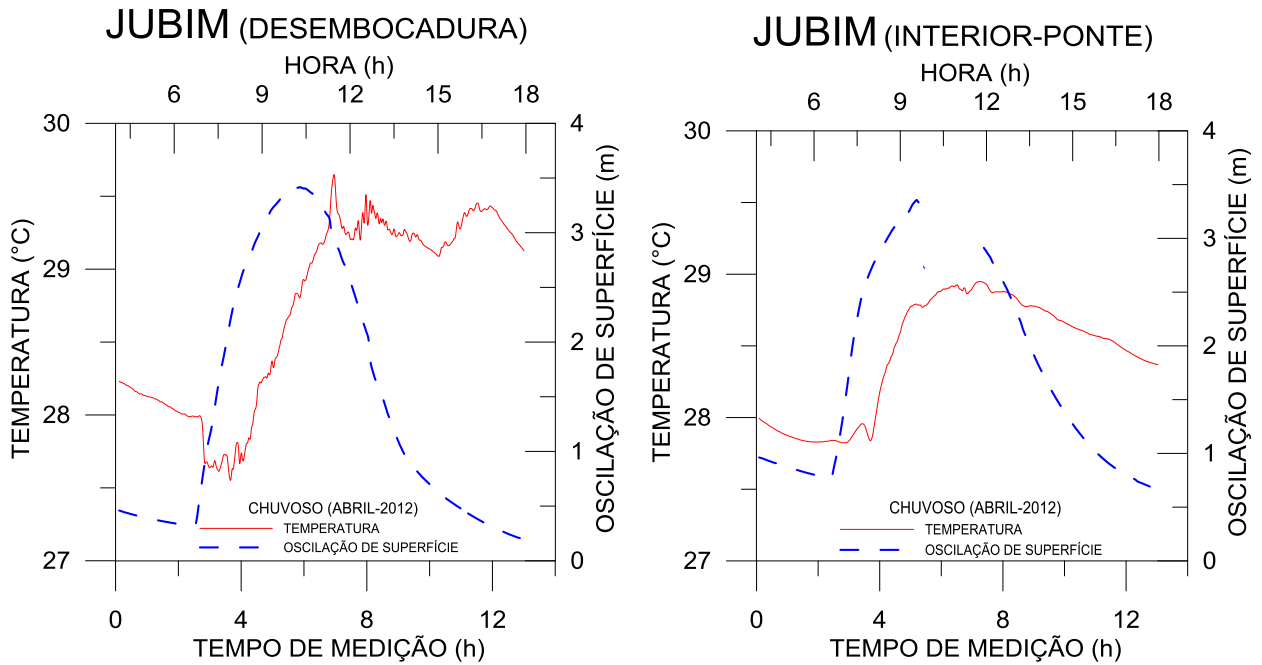


Figura 34- Série temporal da temperatura obtida durante um período de maré em Abril de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).

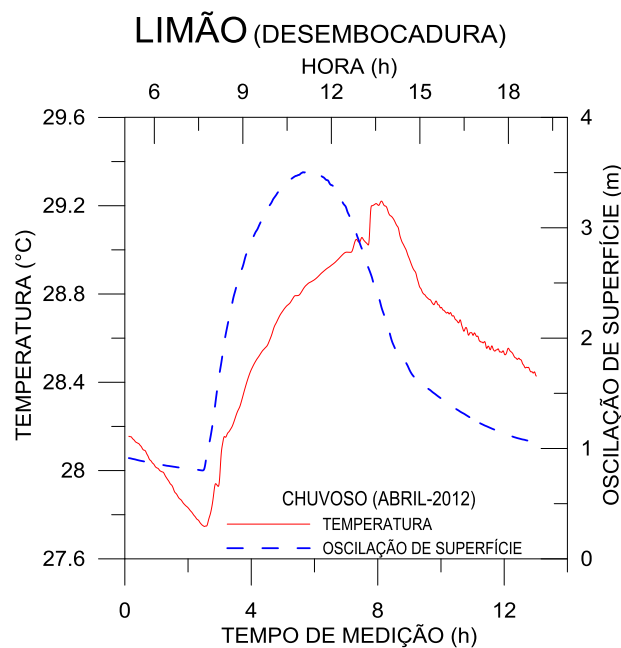
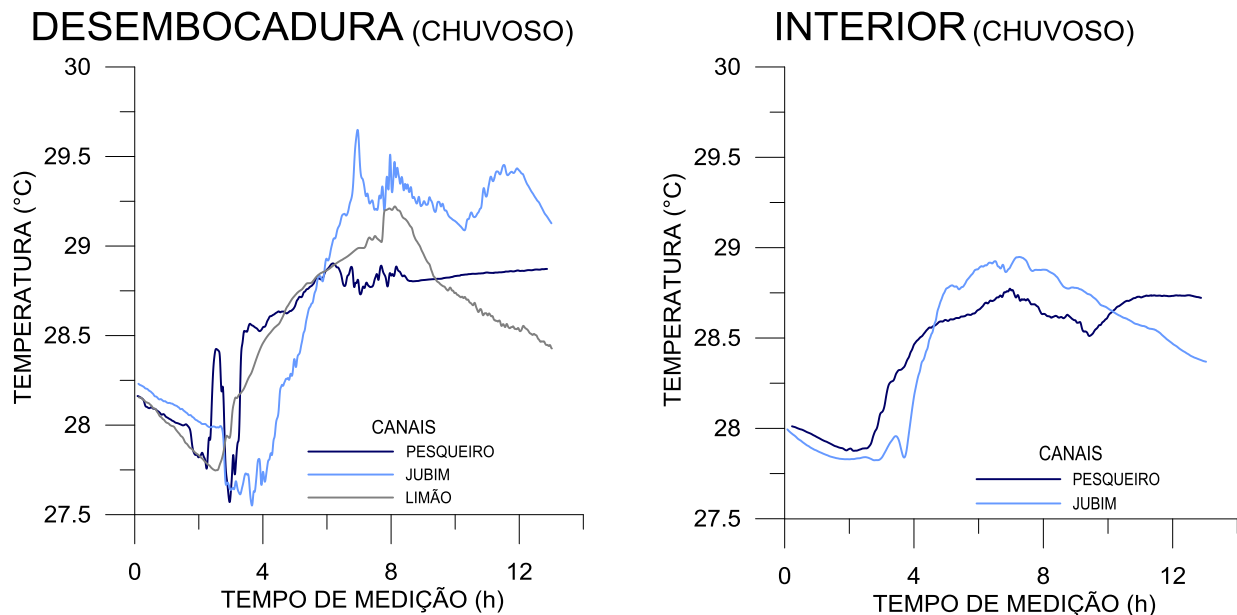


Figura 35- Série temporal da temperatura da água adquirida durante um período de maré ao longo dos três canais estudados (Abril de 2012). a) comparação entre as desembocaduras e b) entre os interiores.



Nos três canais estudados a temperatura é um fator que sofre muito mais influencia direta da incidência solar, que varia mais ao longo das horas do dia, do que da sazonalidade.

Pôde-se observar que os interiores dos canais possuem os menores valores de temperatura, visto que são ambiente de pouco acesso e maior cobertura vegetal, impedindo que uma maior incidência solar atinja as águas que fluem ao longo dos canais e as aqueçam. Observa-se também, que não há relação entre a temperatura da água e as mudanças nos níveis de maré, o que ocorre nestes canais é que durante as horas de coleta, a temperatura muda devido ao aquecimento da água pelos raios solares ao longo do dia.

As temperaturas registradas no período de menor precipitação, denominado neste trabalho de seco variaram na desembocadura e no interior desses canais cerca de, respectivamente, 2,48 °C e 1,98 °C. Durante o período chuvoso os mesmos pontos variaram cerca de 2,1 °C e 1,33 °C, respectivamente.

Segundo Monteiro (2009), a distribuição espacial da temperatura apresentou valores médios aproximados durante os períodos de coleta registrando valores de 28,34 °C (período

chuvoso-Março de 2008) e 28,85 (período menos chuvoso-Setembro de 2008). Este mesmo autor diagnosticou que a variação de temperatura média do estuário do rio Paracauari, entre o período menos chuvoso e chuvoso, foi de 0,51 °C. Lembrando que o rio Paracauari e a Baía do Marajó, juntos, são responsáveis pela dinâmica costeira atual da costa do Marajó (FRANÇA; SOUZA FILHO, 2006).

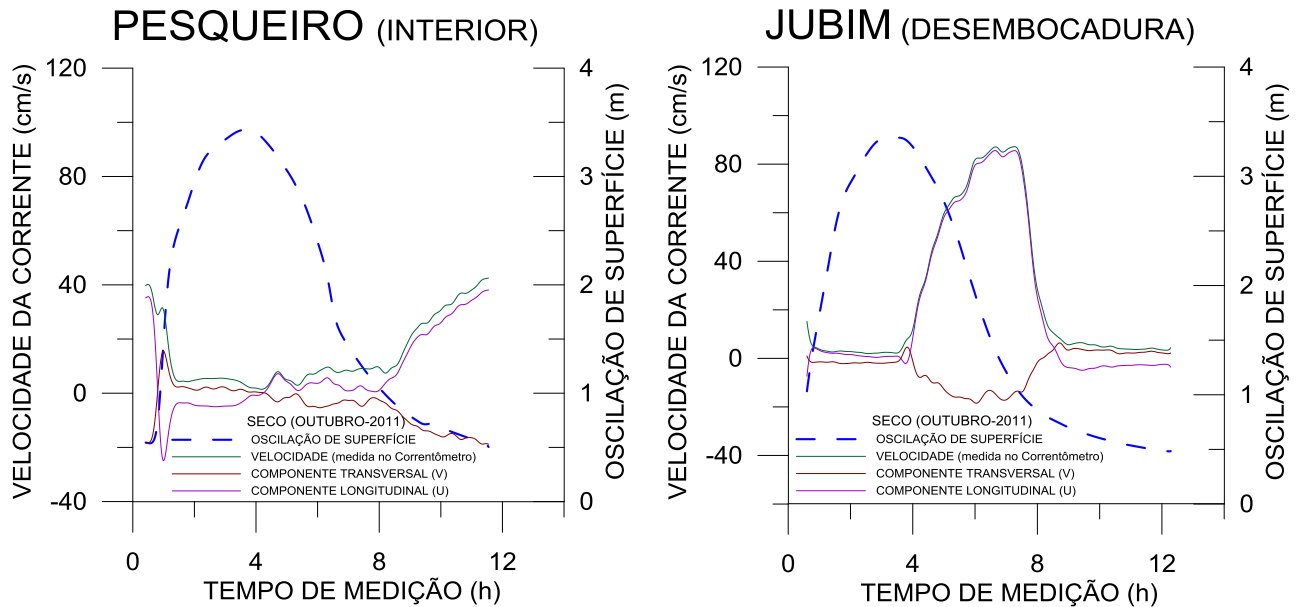
Silva (2009) durante um estudo realizado no estuário do rio Igarassu que compõe o complexo estuarino do Canal de Santa Cruz, situado na faixa costeira de Pernambuco ao norte de Recife. Diagnosticou que a temperatura da água variou cerca de 2 °C (no período seco) e 3 °C (no período chuvoso).

#### 7.4 INTENSIDADE E COMPONENTES DA CORRENTE

##### **Seco (Outubro de 2011)**

Quanto à intensidade da corrente obtida na primeira coleta referente ao período seco nos canais do Pesqueiro (interior) e do Jubim (desembocadura), a intensidade da corrente foi maior durante a maré de vazante atingindo valores máximos, respectivamente, de 42,52 cm/s e 87,23 cm/s. Também foi possível observar que a velocidade da componente longitudinal (u), no Pesqueiro, variou de -24,93 a 38,05 cm/s; e no Jubim de -7,34 a 85,61 cm/s (Figura 36).

Figura 36- Série temporal das velocidades obtidas durante um período de maré nos canais do Pesqueiro (Soure-Pa) e do Jubim (Salvaterra-Pa), em Outubro de 2011.



### Seco (Setembro de 2012)

Na segunda campanha referente ao período seco, a intensidade da corrente obtida na desembocadura do canal do Pesqueiro registrou máxima de 86,82 cm/s durante a maré de enchente e mínima de 4,85 cm/s na estofa de preamar; a componente (u) desse canal variou de -79,05 a 62,04 (Figura 37).

No canal do Limão (Figura 38) a maior intensidade da corrente foi atingida na sua desembocadura durante a maré de enchente, alcançando máxima de 101,95 cm/s; sua componente longitudinal variou de -86,83 a 65,68 cm/s. No seu interior o registro máximo de intensidade da corrente atingiu cerca de 35,62 cm/s durante o segundo ciclo de maré vazante; e sua componente (u) variou de -18,44 à 29,95.

Figura 37- Série temporal das velocidades obtidas durante um período de maré , em Setembro de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

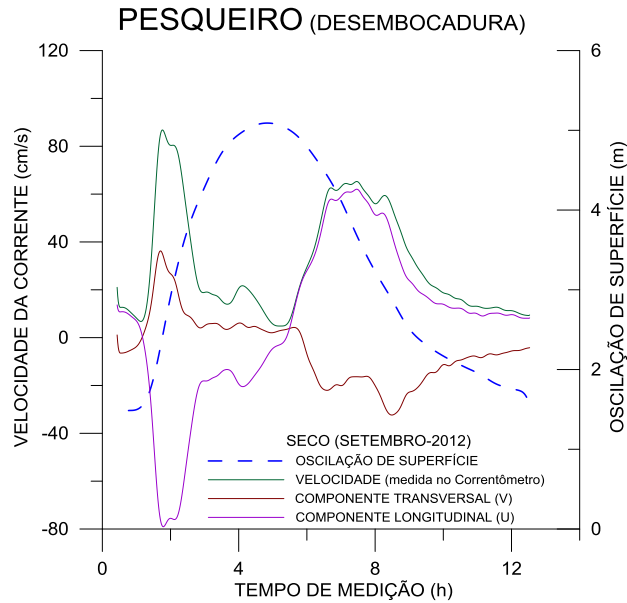
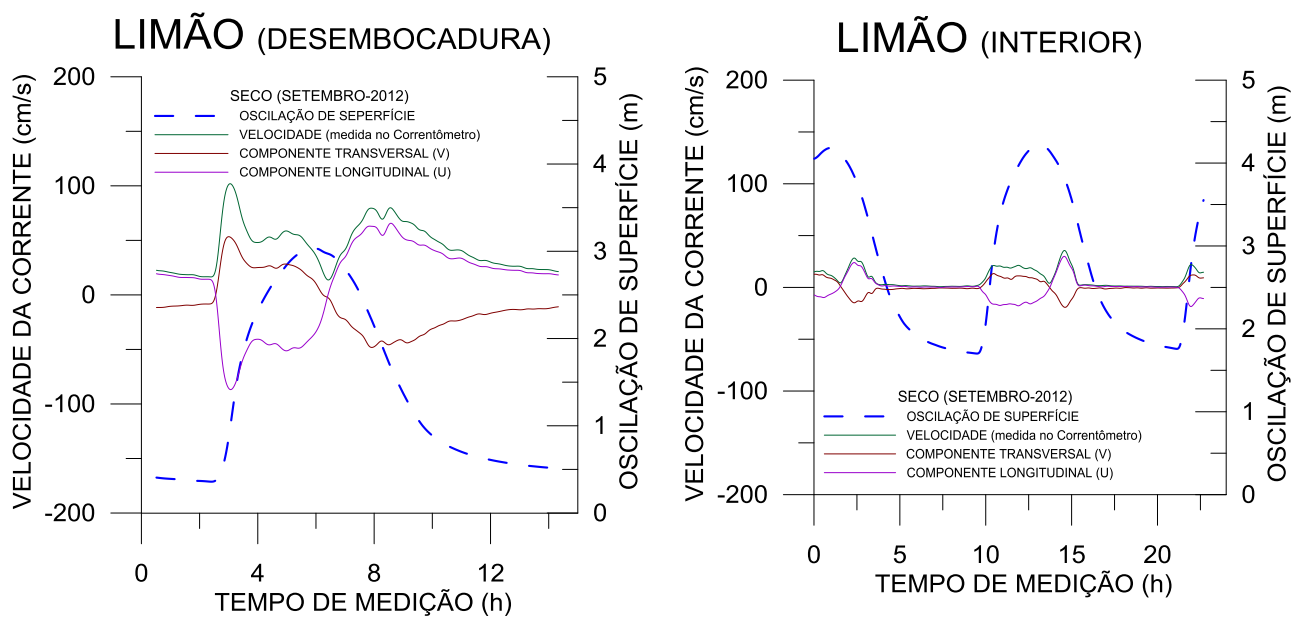


Figura 38- Série temporal das velocidades obtidas durante períodos de maré distintos, em Setembro de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).



A intensidade da corrente no primeiro período seco estudado (Outubro de 2011) nos dois canais possíveis de serem amostrados foi mais intensa durante a maré de vazante, onde a intensidade média da corrente foi de 14,41 cm/s para o interior do canal do Pesqueiro, e 25,76 cm/s para a desembocadura do Jubim. No segundo período seco (Setembro de 2012) apenas o interior do canal do Limão apresentou intensidade máxima da corrente durante a vazante, os demais foram durante a maré de enchente. Onde suas velocidades médias alcançadas foram: 30,6 cm/s (desembocadura do Pesqueiro), 43,98 cm/s (desembocadura do Limão), e 8,48 (interior do Limão).

Ferreira (2010) observou apenas nas desembocaduras desses canais que a intensidade máxima de corrente para os canais do Pesqueiro, Jubim e Limão, em seu período de menor pluviosidade (cerca de 25 mm- Dezembro de 2010) atingiram, respectivamente, 244,25, 199, e 143,6 cm/s, durante a maré de enchente. Na vazante esses valores foram: 139,3; 166, e 119 cm/s, durante a maré de vazante.

Durante os períodos de amostragens, em geral, foi possível reconhecer o domínio da componente longitudinal da corrente de maré ( $u$ ) sobre a transversal ( $v$ ) principalmente durante a maré de vazante, o que corresponde ao fluxo principal do canal.

## 7.5 TURBIDEZ

### **Seco (Outubro de 2011)**

Durante a campanha referente à primeira coleta do período seco o interior do canal do Pesqueiro apresentou valores máximos e mínimos de turbidez de, respectivamente, 594,46 ppm (maré de enchente) e 22,23 ppm (início da maré vazante). A desembocadura do canal do Jubim apresentou máxima de 90,32 ppm (maré de enchente) e mínima de 24,58 ppm (estufa de baixa-mar) (Figura 39). Os valores máximos e mínimos de turbidez foram registrados no momento em que a Componente longitudinal a esses canais registrava cerca de, respectivamente, 18 cm/s e 5 cm/s (interior do canal do Pesqueiro) e, 5 cm/s e 1,5 cm/s (desembocadura do Jubim) (Figura 40).

Figura 39- Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré nos canais do Pesqueiro (Soure-Pa) e do Jubim (Salvaterra-Pa), em Outubro de 2011.

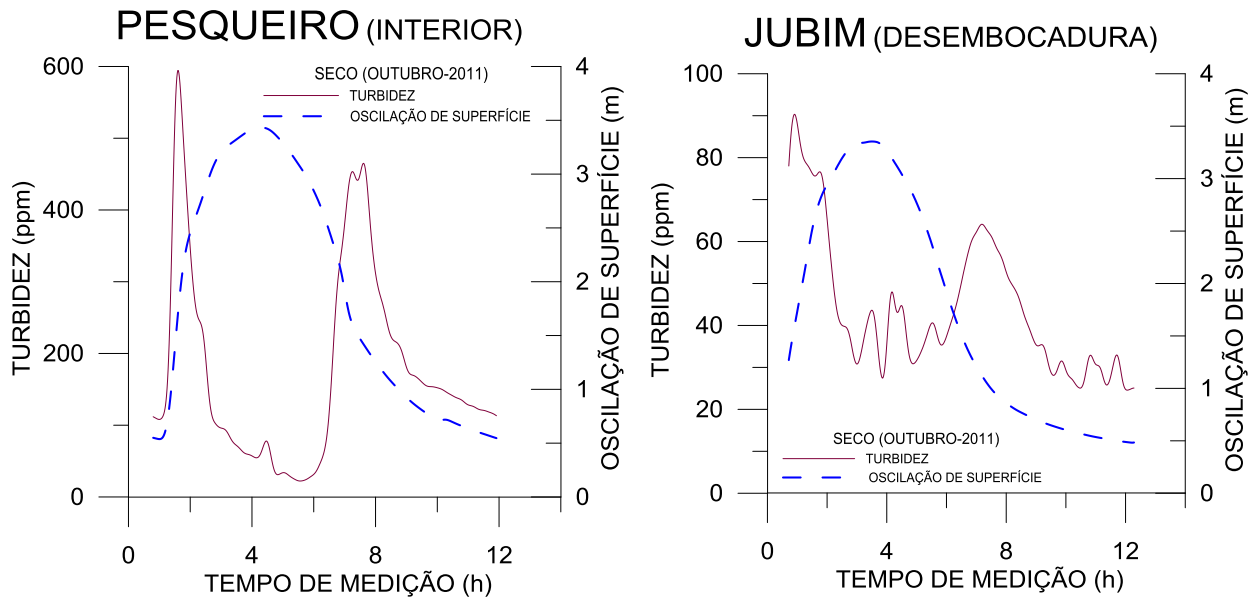
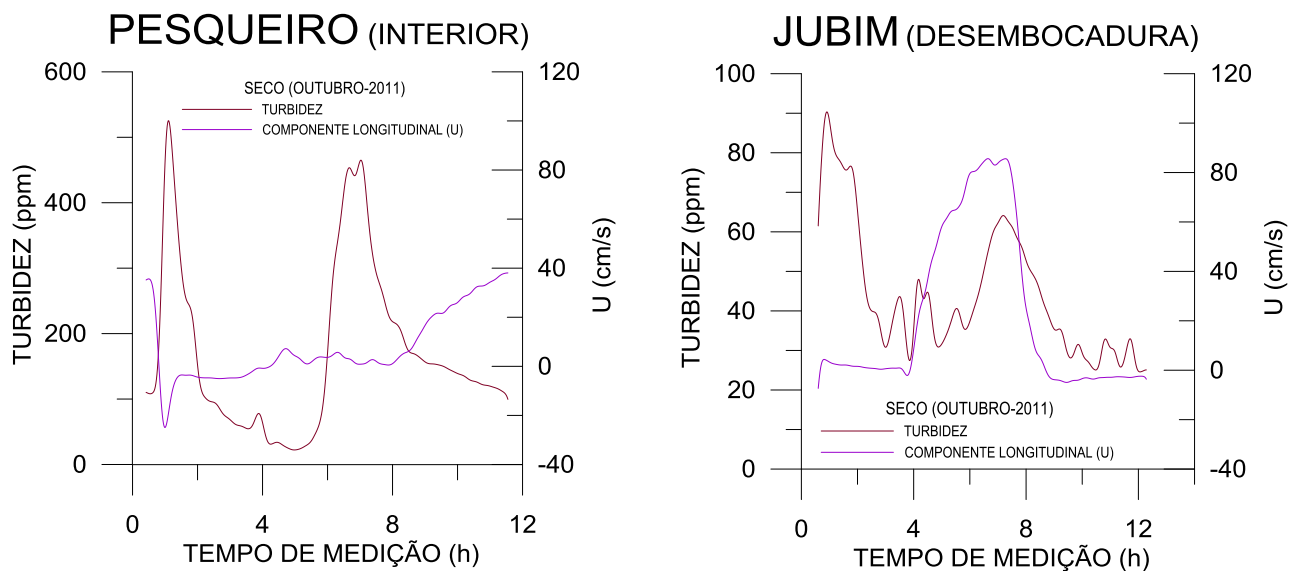


Figura 40- Comparação entre as séries temporais da turbidez e da velocidade da corrente obtidas durante um período de maré nos canais do Pesqueiro (Soure-Pa) e do Jubim (Salvaterra-Pa), em Outubro de 2011.



### Chuvoso (Abril de 2012)

Durante o período chuvoso o canal do Pesqueiro apresentou o maior registro de material particulado em suspensão (turbidez), em sua desembocadura, registrando 973,65 ppm (final da maré de vazante) e um mínimo de 199,35 ppm (estofa de preamar), para o interior desse canal o máximo e o mínimo foram, cerca de 531,3 ppm e 154 ppm, respectivamente durante maré de vazante e o início da maré da mesma (Figura 41). O alcance máximo e mínimo desse parâmetro na desembocadura do canal do Jubim foi de 607,79 ppm (virada de estofa de preamar para maré de vazante) e 90,41 (virada da estofa de baixa-mar para maré de enchente), no interior desse canal o dados máximos e mínimos foram durante a maré de enchente e início da mesma, onde os valores registrados foram, respectivamente 186,26 ppm e 36 ppm (Figura 42). Da mesma maneira que o os canais anteriores, o canal do Limão registrou, em sua desembocadura, máxima de 758,49 ppm (início da maré de vazante), cuja a mínima foi de 112,09 (virada da estofa de baixa-mar para maré de enchente); no seu interior o máximo e o mínimo foram, nesta ordem, de 220,04 ppm (maré de vazante) e 69,04 ppm (início da maré de enchente) (Figura 43).

Figura 41- Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré, em Abril de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

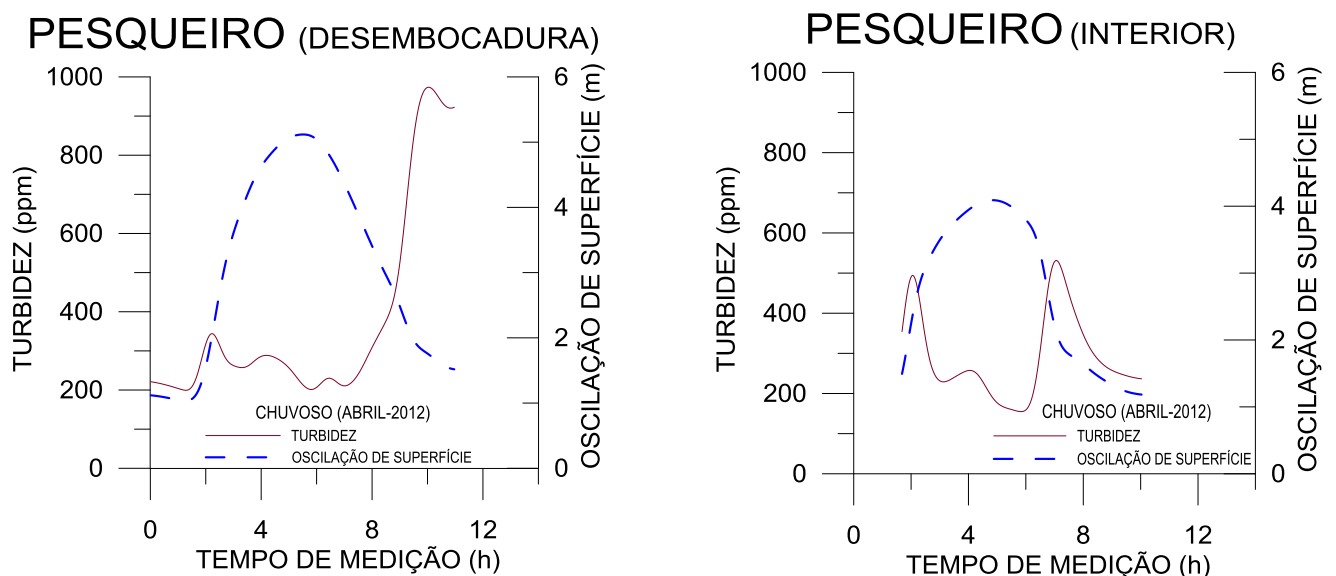


Figura 42- Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré, em Abril de 2012, no canal do Jubim (Salvaterra-Pa).

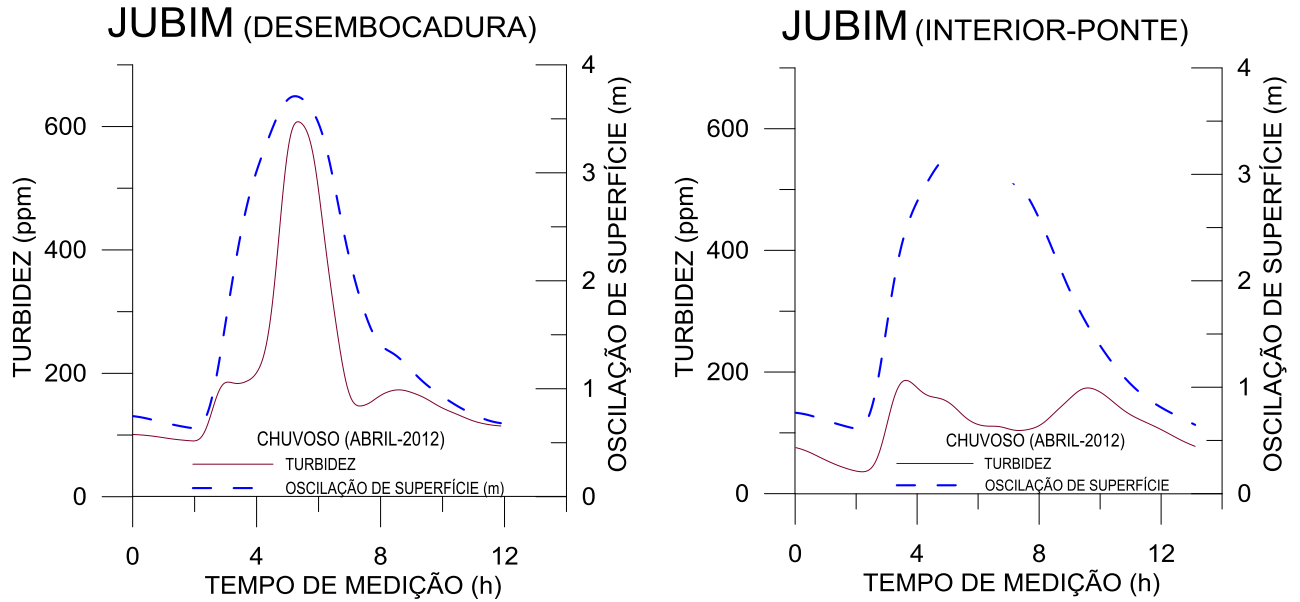
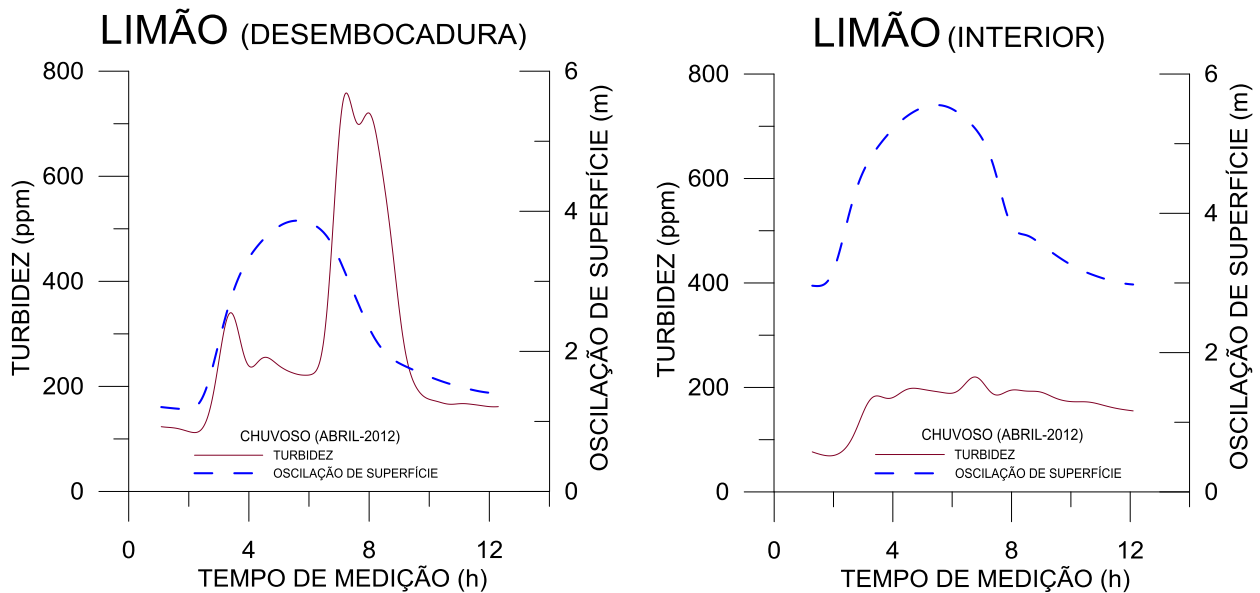


Figura 43- Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré, em Abril de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).



### Seco (Setembro de 2012)

Durante a segunda campanha referente ao período seco a desembocadura do canal do Pesqueiro registrou máximo e mínimo de turbidez, respectivamente, de 1885,31 ppm (final da maré de vazante) e 58,07 ppm (estofa de preamar) (Figura 44); sua componente longitudinal (U), nos momentos em que os valores de turbidez alcançaram resultados máximos e mínimos, registrou para ambos os casos cerca de 10 cm/s e 2 cm/s (Figura 45). A desembocadura do canal do Limão apresentou máxima de 239,48 ppm (final da maré de vazante) e mínima de 16,39 ppm (final do período de estofa de baixa-mar), nos instantes em que sua componente longitudinal registrava cerca de 45 cm/s e 7 cm/s, respectivamente. O interior do canal do Limão máximo e mínimo, em ppm, de 101,32 e 22,15, respectivamente, durante os instantes de maré de enchente e de estofa de preamar; sua componente longitudinal registrou nesses momentos, cerca de 17 e 2 cm/s (Figuras 46 e 47).

Figura 44- Série temporal da turbidez obtida durante um período de maré , em Setembro de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

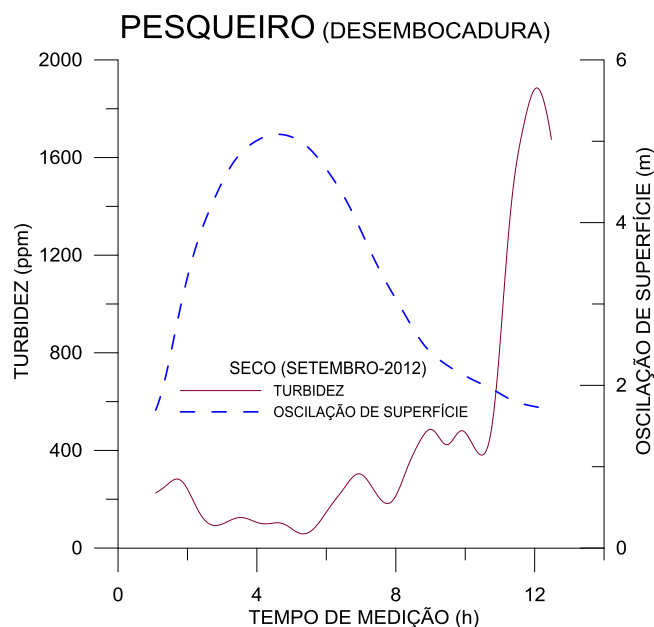


Figura 45- Comparação entre as séries temporais da turbidez e da velocidade da corrente obtidas durante um período de maré , em Setembro de 2012, no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

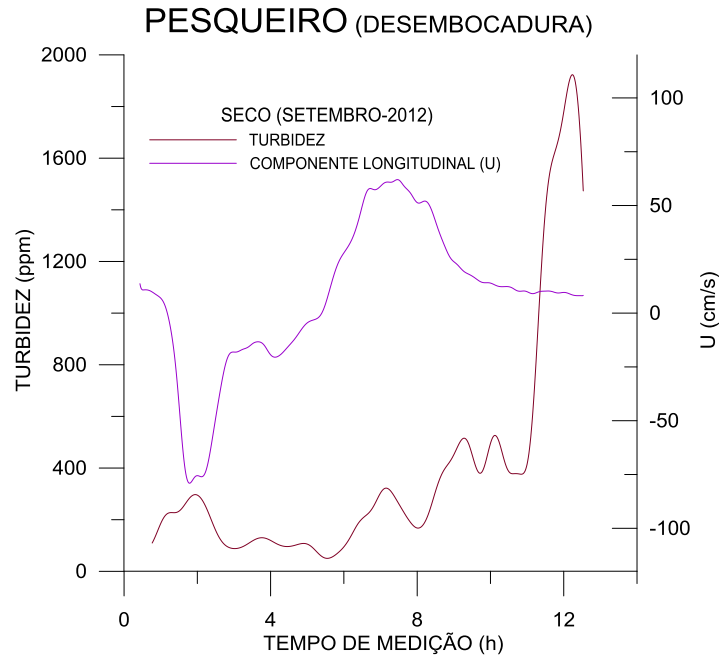


Figura 46- Série temporal da turbidez obtida durante períodos de maré distintos, em Setembro de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).

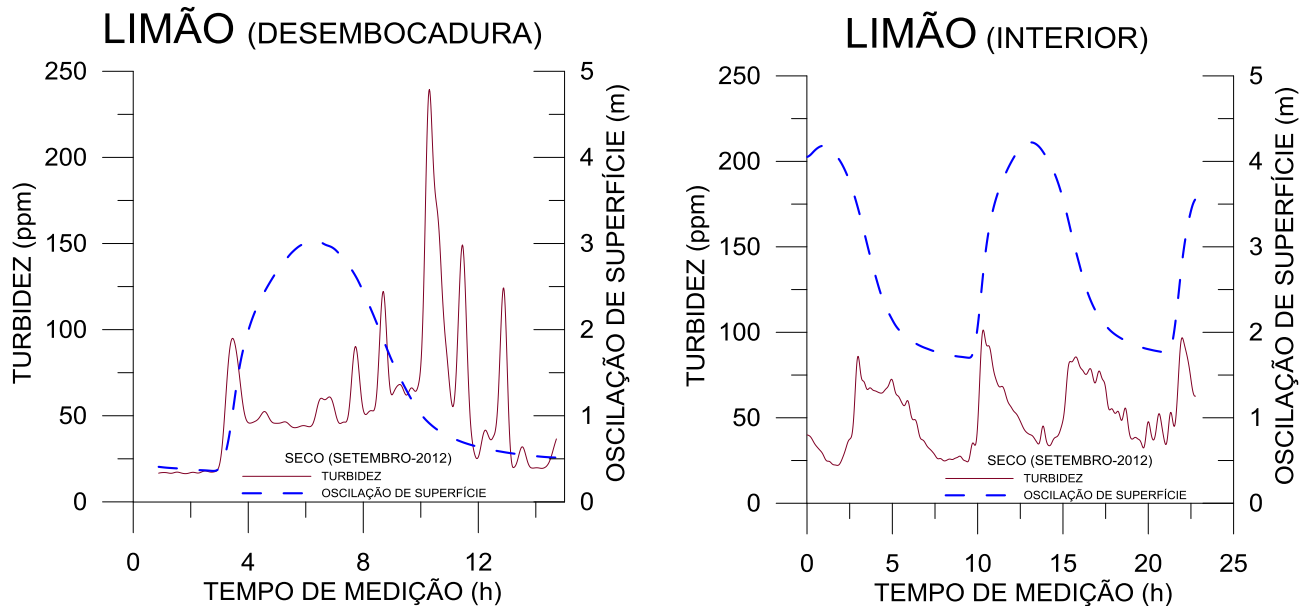
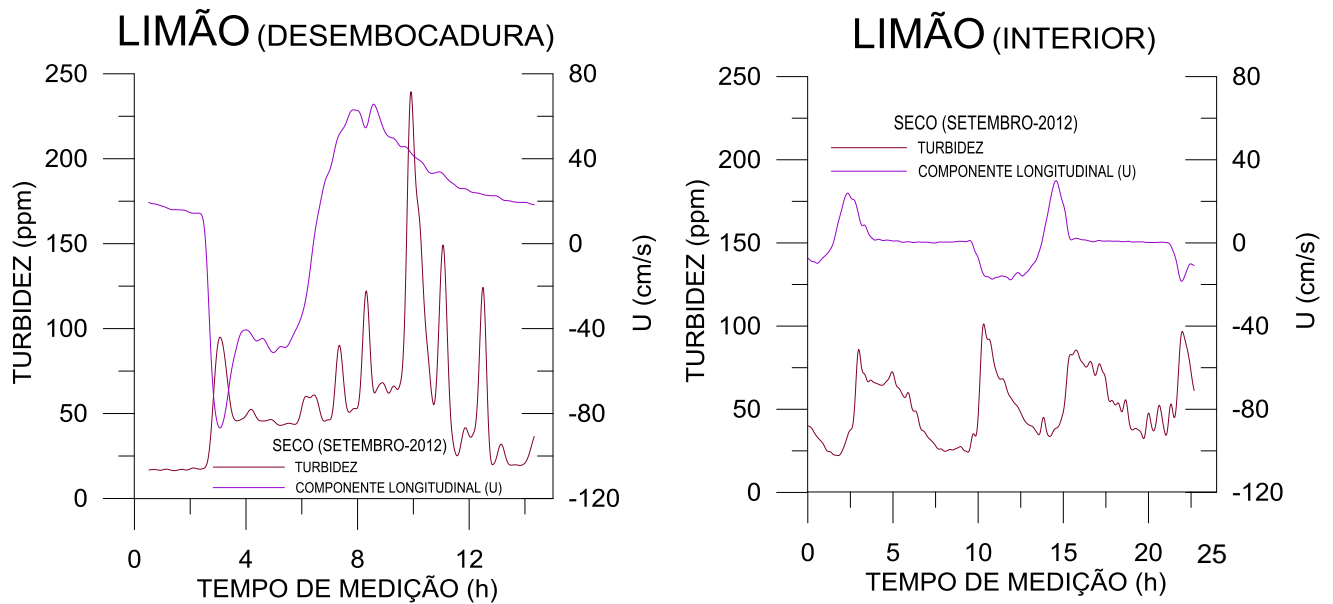


Figura 47- Comparação entre as séries temporais da turbidez e da velocidade da corrente obtidas durante períodos de marés distintos, em Setembro de 2012, no canal do Limão (Salvaterra-Pa).



Em relação à sazonalidade, o canal do Jubim (desembocadura) apresentou valores de turbidez distintos. No período seco os máximos e mínimos alcançaram respectivamente 90,32 ppm (maré de enchente) e 24,58 ppm (estofa de baixa-mar). Além de 607,79 ppm (virada de estofa de preamar para maré de vazante) e 90,41 ppm (virada da estofa de baixa-mar para maré de enchente), no período chuvoso. Foi possível observar que os valores mais altos de turbidez foram registrados durante as marés de enchente e de vazante e, os mais baixos durante o estofa de preamar e baixa-mar, e suas viradas, permitindo afirmar que tanto a maior hidrodinâmica da maré, como a alta pluviosidade são responsáveis pela suspensão das partículas do fundo. Deste modo, as velocidades observadas foram capazes de manter em suspensão e erodir os materiais sedimentares muito finos.

Também foi possível notar que as desembocaduras dos canais apresentaram maiores registros de turbidez do que o seu interior, devido ser o ponto em que a maré chega com mais impacto, e, portanto maior velocidade.

Nascimento (2010) observou em sua 5ª campanha (Dezembro de 2012- final do período seco), realizada na desembocadura dos canais, que o canal do Pesqueiro apresentou os maiores valores de turbidez, com valor máximo de 234 ppm, registrados durante o início da maré vazante. E valor mínimo de 8 ppm, próximo à preamar. O canal do Jubim apresentou

máximo e mínimo, respectivamente, de 37 (maré enchente) e 5ppm (preamar). 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.

Os resultados totais adquiridos na campanha realizada durante o período seco (Outubro de 2011) e o chuvoso (Abril de 2012) estão inseridos na tabela 02, logo abaixo.

## 7.6 OSCILAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Durante a análise de oscilação de superfície foi possível verificar que os instantes de preamar entre a desembocadura do canal do Pesqueiro e o seu interior obtiveram uma diferença aproximada de 25 minutos (período seco-Outubro de 2011) e 14 minutos (período chuvoso). Ou seja, a maré atingirá, na desembocadura, o instante de preamar 15 minutos (seco) antes do que seu interior. Neste mesmo canal, as oscilações máximas de maré foram em metros: seco 4,58 (desembocadura), 3,12 (interior); chuvoso 5,03 (desembocadura), e 3,7 (interior) (Figura 48).

No canal do Jubim (Figura 49) a diferença entre os instantes de comportamento da maré foram de, aproximadamente, 21 minutos (seco) e 17 minutos (chuvoso). E as máximas oscilações de superfície foram: seco 3,5 (desembocadura), 3,32 (interior); chuvoso 3,42 (desembocadura) e 3,35 (interior).

O canal do Limão durante o período seco atinge em sua desembocadura o instante de preamar, cerca de 13 minutos antes que o seu interior. Os valores máximos de oscilação superficial foram: seco 2,56 (desembocadura), 3,7 (interior); e chuvoso 3,51 (desembocadura) (Figura 50).

Obs.: Foram retiradas as diferenças entre os instantes de aquisição de dados dos aparelhos, visto que foram submersos em momentos distintos (ver Tabela 01).

Figura 48- Comparação entre as oscilações de superfícies em diferentes estágios da maré de períodos distintos no canal do Pesqueiro (Soure-Pa).

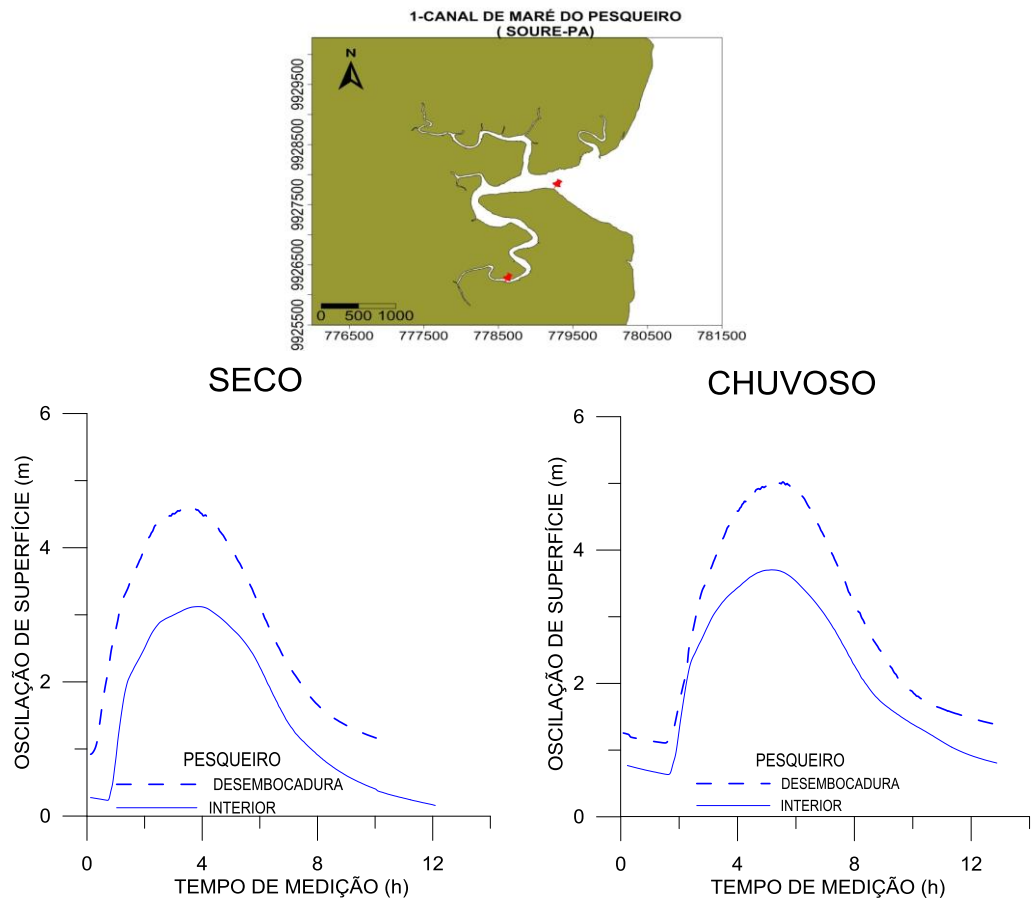
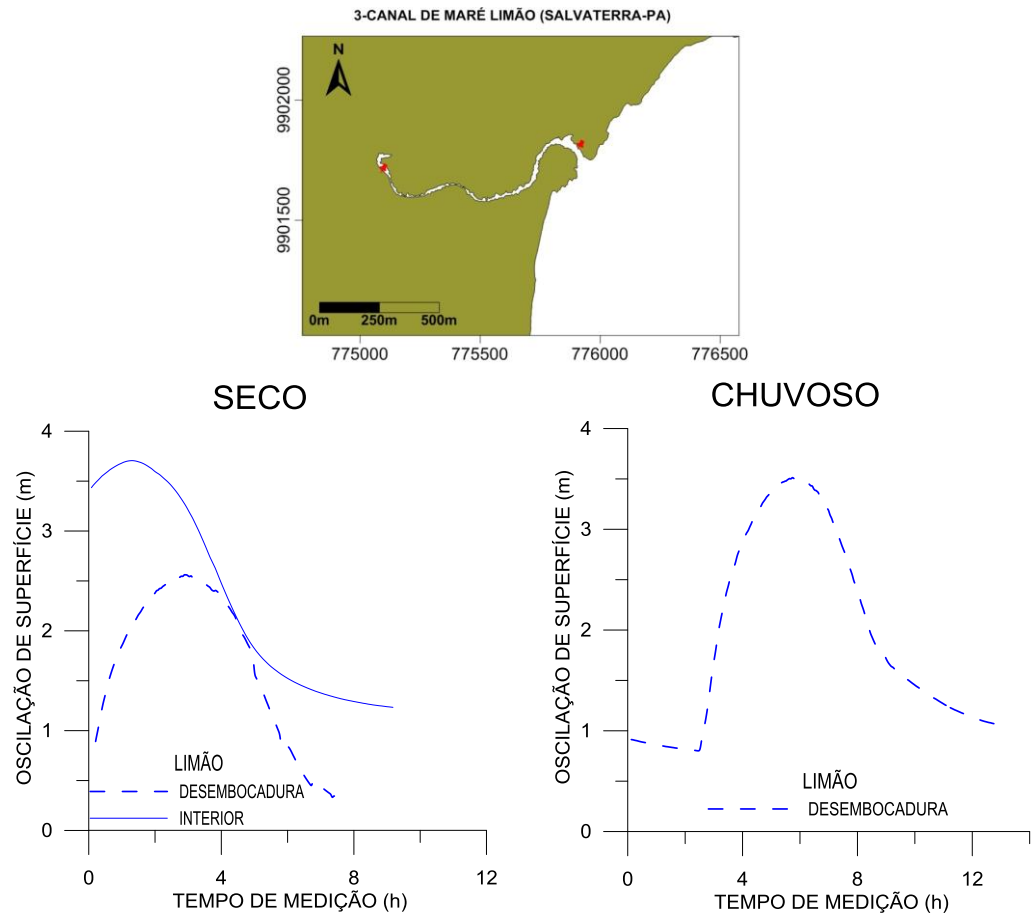




Figura 50 - Comparação entre as oscilações de superfícies em diferentes estágios da maré de períodos distintos no canal do Limão (Salvaterra-Pa).



Através desses estudos é possível afirmar que durante o período chuvoso, a maré no interior dos canais leva menos tempo para apresentar as mesmas condições que a sua desembocadura. Essas análises são importantes, pois caso ocorra alguma contaminação na desembocadura desses canais será possível, dependendo da distância do curso d' água a ser percorrido, realizar medidas de contenção (melhor aplicadas durante o período seco, pois o tempo é maior) para que o interior desses canais não seja comprometido, afetando direta e indiretamente a população local.

Tabela 02- Resultados dos fatores físicos analisados durante o período seco e chuvoso nos canais inseridos nos municípios de Salvaterra e Soure (Pa).

Canais	Pontos	Salinidade				Temperatura (°C)				Turbidez (ppm)			Oscilação de Superfície (m)			
		Máximo	Mínimo	Média	Variação	Máximo	Mínimo	Média	Variação	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Amplitude (m)	
P. SECO	Jubim	Boca	8,45	7,26	7,87	1,19	29,47	27,11	28,74	2,36	90,32	24,58	43,94	3,5	0,64	2,86
	Jubim	Ponte	8,53	5,28	7,18	3,25	28,68	27,3	28,14	1,38	----	----	----	3,32	0,66	2,66
	Limão	Boca	6,49	3,71	4,93	2,78	28,91	26,43	28,13	2,48	----	----	----	2,56	0,33	2,23
	Limão	Dentro	6,54	5,08	6,18	1,46	28,73	27,94	28,34	0,79	----	----	----	3,7	1,23	2,47
	Pesqueiro	Boca	9,24	3,38	6,04	5,86	29,02	27,04	28,55	1,98	----	----	----	4,58	0,92	3,66
	Pesqueiro	Dentro	9,12	5,47	6,2	3,65	28,88	27,36	28,45	1,52	594,46	22,23	176,18	3,12	0,16	2,96
P. CHUVOSO	Jubim	Boca	1,81	1,25	1,46	0,56	29,65	27,55	28,73	2,1	607,79	90,41	207,08	3,42	0,2	3,22
	Jubim	Ponte	0,09	0,04	0,06	0,05	28,95	27,82	28,45	1,13	186,26	36	115,15	3,35	0,66	2,69
	Limão	Boca	1,87	1,27	1,57	0,6	29,22	27,75	28,55	1,47	758,49	112,09	202,01	3,51	0,8	2,71
	*Limão	Dentro	----	----	----	----	----	----	----	----	220,04	69,04	169,43	5,55	2,96	2,59
	Pesqueiro	Boca	0,25	0,05	0,1	0,2	28,9	27,57	28,59	1,33	973,65	199,35	373,53	5,03	1,11	3,92
	Pesqueiro	Dentro	1,33	0,51	0,95	0,82	28,77	27,88	28,47	0,89	531,3	154,9	291,8	3,7	0,63	3,07
P. SECO	*Limão	Boca	----	----	----	----	----	----	----	239,48	16,39	56,36	3,03	0,36	2,67	
	*Limão	Dentro	----	----	----	----	----	----	----	101,32	22,15	51,55	4,22	1,07	3,15	
	*Pesqueiro	Boca	----	----	----	----	----	----	----	1885,31	58,07	424,48	5,09	1,7	3,39	

\*Observação: o nível de maré utilizado foi feito através da conversão de pressão para profundidade estimada pelo OBS, poiso CTD (que possui uma melhor precisão dos dados) não pode ser utilizado.

Tabela 03 - Resultados dos fatores hidrodinâmicos analisados durante o período seco nos canais inseridos nos municípios de Salvaterra e Soure (Pa). Onde 1 refere-se a Outubro de 2011 e 2 a Setembro de 2012.

Canais	Pontos	INTENSIDADE DA CORRENTE Cm/s			COMPONENTE TRANSVERSAL (V) Cm/s		COMPONENTE LONGITUDIAL (U) Cm/s	
		Máximo	Mínimo	Média	Enchente	Vazante	Vazante	Enchente
(1) Jubim	Boca	87,23	1,97	25,76	6,36	-18,46	85,61	-7,34
(1) Pesqueiro	Dentro	42,52	1,43	14,41	15,53	-18,83	38,05	-24,93
Limão	Boca	101,95	13,72	43,98	53,38	-48,16	65,68	-86,83
Limão	Dentro	35,62	0,68	8,48	13,35	-19,22	29,95	-18,44
(2) Pesqueiro	Boca	86,82	4,85	30,6	36,24	-32,35	62,04	-79,05

## 8. CONCLUSÃO

A análise dos três canais de maré estudados, durante os meses de Outubro de 2011 e Abril de 2012, quanto à salinidade apresentaram uma baixa variação no que se diz respeito ao comportamento espacial (da sua desembocadura para seu interior) durante os dois períodos de coleta. No entanto quanto à sazonalidade houve uma significativa variação, afirmando que a variação da salinidade é claramente influenciada pelos níveis pluviométricos da região. Em relação ao comportamento deste parâmetro através do regime de maré, é notório que na maioria dos canais o aumento da salinidade não se dá nos instantes em que a maré está enchendo, mas sim, no momento de maré de vazante. Nas margens dos canais estudados há, sobretudo, a vegetação de mangue que provoca o processo de inversão da salinidade.

Esses mesmos canais tanto em relação espacial como sazonal apresentaram uma pequena variação de temperatura da água, sendo que na maioria dos canais houve um pequeno aumento quanto à sazonalidade, ou seja, a temperatura média da água no período chuvoso, em sua maioria, foi um pouco superior a média do período seco. A análise dos três canais de maré estudados possibilita afirmar que a temperatura da água é um fator que sofre mais influencia da incidência solar, que varia mais ao longo das horas do dia, do que da sazonalidade.

O comportamento das componentes da velocidade (u) e (v) ao longo dos canais estudados mostrou um comportamento bidirecional, de enchente e de vazante, com predomínio de vazante entre eles. Recomenda-se estudos futuros de corrente, afim de completar um ciclo sazonal na região para todos os pontos amostrados.

Os canais do Jubim, Limão e Pesqueiro apresentaram valores significativos de turbidez da água, no que se refere ao comportamento espacial (período chuvoso), onde os maiores valores deste parâmetro foram encontrados nas desembocaduras dos canais uma vez que a intensidade da corrente é mais elevada. A variação sazonal deste parâmetro é muito significativa, ressaltando que na maioria dos canais os valores de turbidez são mais elevados no período chuvoso do que no período seco. Permitindo afirmar que tanto a maior hidrodinâmica da maré, como a alta pluviosidade são responsáveis pela suspensão das partículas do fundo e pela erosão das margens desses canais. Os valores mais elevados de material em suspensão ocorreram principalmente nas viradas de marés, e os menores estão associados aos momentos de estofas, onde a velocidades das correntes é quase nula. É necessária a complementação deste parâmetro em todos os canais durante dois períodos

sazonais, a fim de entender suas possíveis variações ao longo dos diferentes ciclos sazonais da região.

Em relação ao atraso que a maré possuiu entre as estações de coleta em cada canal, dependendo da distância entre elas, foi possível afirmar que a maré no interior dos canais leva menos tempo, durante o período chuvoso, para apresentar as mesmas condições que a da sua desembocadura; e com esse pro - diagnóstico é possível interferir criando medidas de contenção, caso haja, algum tipo de contaminação na região para não afetar a biodiversidade da região.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil atlântico iter e subtropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, UGB/UFU Uberlândia, v. 1, n.1, p.27-43. 2000.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/portalsnirh/Principal/tabid/36/Default.aspx>>. Acesso em: 12 de setembro de 2012.
- ARAÚJO, W. P. JUNIOR. **Conectividade hidrodinâmica entre dois estuários Amazônicos de macromaré**. 2012. 61f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Pará, Bragança, 2012.
- ASSIS, A. A. A. **Panorama da indústria de água mineral na região metropolitana do Recife**. 2012. 116f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.
- AVELINE, L.C. Fauna dos manguezais brasileiros. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n. 42, p. 786-821. 1980.
- BARTELS, J.; ANGENHEISTER, G. **Geofísica**. [S.l.]: Meridiano, Limitada. 1970. 403p.
- CALAZANS, D. K. **Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático**. Pelotas, RS: Textos, 2011. 461p.
- CUNHA, H. B.; PASCOALOTO, D. **Hidroquímica dos rios da Amazônia**. Manaus: INPA/CNPq., 2006. 147p. (Relatório final – Desenvolvimento Científico Regional.)
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua das marés**. Marinha do Brasil. 2001. Disponível em: <http://www.mar.mil.br>. Acesso em: 30 de novembro de 2011.
- DIONNE, J. C. Towards a more adequate definition of the St Lawrence **Estuary**. **Zeitschr. F. Geomorph.** v. 7, n.1, p. 36-44. 1963.
- DYER, K. R. **Estuaries: a physical introduction**. [S.l.]: John Wiley & Sons Ltda., 1973.140p.
- EL-ROBRINI, M.; FARIA JR, L. E. C.; TORRES, A. M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; SILVA, M. S. Deposição e assoreamento das rias do Nordeste do Estado do Pará – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Sessões Técnicas**. São Paulo: SBG, 1992. v. 2, p. 79-80.
- EL-ROBRINI, M.; SILVA, M. A. M. A.;SOUZA FILHO, P. W. M.;EL-ROBRINI, M. H. S.; SILVA JUNIOR, O. G. S.;FRANÇA, C. F. Erosão e progradação do litoral Brasileiro. In: \_\_\_\_\_ . **Titulo**. Local: Ministério do Meio Ambiente, 2006. Capítulo: Pará. Ministério do Meio Ambiente. 2006.
- FERREIRA, G. P. **Circulação em canais de maré na Ilha de Marajó/PA**. 2010. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2010.
- FLORES, M. M. J. **Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE**. 1996. 199f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1996.

FRANCO, A. S. **Marés: fundamentos, análises e previsão**. 1 ed. Niterói/ RJ: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1997. 268p.

FRANÇA, C. F. **Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA)**. 2003. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Belém. 2003.

FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. e. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha do Marajó (Pa) em imagem LANDSAT. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 127-136, jun. 2003.

FRANÇA, C.F.; SOUZA FILHO, P.W.M. Compartimentação morfológica da margem leste da Ilha de Marajó: Zona Costeira dos municípios de Soure e Salvaterra – Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n.1, p. 33-42. 2006.

FRANÇA, C. F.; PIMENTEL, M. A. S.; PROST, M. T. R. C. Geomorfologia e paisagem: contribuições à classificação de unidades de paisagem da região oriental da ilha de Marajó, Norte do Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6., 2010, Coimbra. [Anais]. Coimbra: [s.n.], 2010. p.154-165.

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR (FEMAR). **Catálogo de estações maregráficas Brasileiras**. Disponível em: <http://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/dados.html>. Acesso em: 07 de Abril de 2013.

GARRISON, T. **Fundamentos de oceanografia**. Tradução da 4. Ed. Norte-Americana, 1942. Cengage Learning. São Paulo. 440p. 2010.

GUIMARÃES, M. R. F.; MARONE, E. **Oceanografia física com ênfase em ambientes estuarinos**. 1996. Disponível em: <http://www.cem.ufpr.br/> Acesso em: 21 de Dezembro de 2012.

HOSTIN, L. M. **Influência de cultivos de ostras (Crassostrea Sacco, 1897) nas comunidades macrobênticas de um canal de maré da baía de Guaratuba, Paraná**. 2003. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia) – Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades @ - Pará**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acessado em 13 de Dezembro de 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Gráficos**. 2012. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/sim/abre\\_Graficos.php](http://www.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php). Acesso em: 12 de Julho de 2012.

LEITE, W. S. **Estratigrafia de dunas costeiras de Salinópolis/PA e seu uso potencial no estudo de variações climáticas recentes**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal do Pará. Bragança.

LIMA, A. M. M. et al. **Ilha do Marajó: revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e proposta de gestão**. Belém: Secretaria Executiva de Ciências Tecnologia e Meio Ambiente – Núcleo de Hidrometeorologia (SECTAM/NHM), 2004. (Relatório técnico).

MÁCOLA, G. ; EL-ROBRINI, M. **Ilha dos Guarás (Mariteua) - município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos.** 2004. Belém, CHD/GEMC. v.1. 35p. Disponível em: [http://www.cdp.com.br/images/espardarte/espardarte\\_estudo.pdf](http://www.cdp.com.br/images/espardarte/espardarte_estudo.pdf). Acesso em: 13 de Outubro de 2011.

MARINS, R. V.; MORETZ-SOHN, C. D.; CAVALCANTE, J. P. S.; BITTENCOURT, L. P. **Glossário de oceanografia abiótica.** Fortaleza: UFC/LABOMAR/NAVE, 2010. 138p.

MARTORANO, L.G.; PEREIRA, L.C.; CÉSAR, E.G.M.; PEREIRA, I.C.G. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (KÖPPEN) e deficiência hídrica (THORNTHWAITE, MATHER).** Belém: Sudam; Embrapa, 1993. 53 p.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 400 p.

MORAES, A.C.R. **Contribuições para a gestão da Zona Costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro.** São Paulo, SP, Brasil: EDUSP - Editora da Universidade de São Paulo, 1999. 229p.

MONTEIRO, S. de M. **Dinâmica dos parâmetros abióticos na zona de mistura do estuário do rio Paracauari, Ilha do Marajó-PA.** 2009. 137 f. - Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, 2009

NASCIMENTO, I. B. A. **Batimetria e aspectos morfodinâmicos de canais de maré da costa Leste da Ilha do Marajó (Pará).** 2010. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2010.

NOGUEIRA, R. J. B. **Amazônia: uma visão que emerge das águas.** **Revista do Departamento de Geografia**, USP, São Paulo, Humanitas Publicações, v. 11, p. 211-215. 1997.

RÉ, P. M. A. B. **Biologia marinha.** Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2000. 94p.

REINECK, H-E.; SINGH, I. B. **Depositional sedimentary environment.** Berlin Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1973. 549p.

ROSÁRIO, R. P. **Dinâmica da frente salina no canal norte do rio Amazonas - influência da vazão fluvial e amplitude de maré.** 2008. 85f. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Oceanografia. Universidade Federal do Pará. Belém. 2008.

ROSSETI, D. F. Late Cenozoic sedimentary evolution in Northeastern Pará, Brazil, within the Context of Sea Level Changes. **Jornal of South American Earth Sciences**, v.14, p. 77-89, 2001.

ROSSETTI, D.F.; GOES, A.M.; VALERIANO, M. M.; MIRANDA, M. C. C. Quaternary tectonics in a passive margin: Marajo Island, northern Brazil. **Journal of Quaternary Science**, v. 22, p. 1-15. 2007.

SCHETTINI, C. A. F. Caracterização física do estuário do Rio Itajaí- Açú, SC. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 7, n. 1, p. 123-142. 2002.

SCHMIEGELOW, J. M.M. **O Planeta azul**: uma introdução às ciências marinhas. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202p.

SILVA, A. A. A. **Variação diurna e sazonal da biomassa fitoplanctônica no estuário do rio Igarassu (Pernambuco, Brasil)**. 2009. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Faculdade de Ciências Biológicas, 2009.

SILVA, C. A. R.; **Oceanografia química**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 195 p.

SILVA, C.G.; PATCHINEELAM, S.M; BAPTISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R.A. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: BAPTISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R.A.; SICHEL, S.E. (Orgs.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 175-218.

SILVA, M.S.F. **Caracterização granulométrica dos sedimentos arenosos das praias Grande e Joanes – Salvaterra (Ilha de Marajó/PA)**. 2008. 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2008.

SOUZA FILHO, P. W. M; PARADELLA, W. R. Use of RADARSAT-1 Fine and Landsat-5 TM selective principal component analysis for geomorphological mapping in a macrotidal mangrove coast, Amazon region. **Canadian Journal of Remote Sensing**, n.31, p.214–24. 2005.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1190p.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, 2003. 400p.

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**, v.4, n.2, p. 1 – 16. 1996.

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Brasilian Journal of Geophysics**, Rio de Janeiro, v.23, n.4, p. 427-435. 2005.

SZLAFSZTEIN, C. Indefinições e obstáculos no gerenciamento da zona costeira do Estado do Pará, Brasil. **Gerenciamento Costeiro Integrado** v. 9, p. 47-58. 2009.

VELLOZO, T.G.; ALVES, A.R. Características gerais do fenômeno da maré no Brasil. **Anais Hidrográficos** v. 61, p. 121-129. 2005.

VIDIGAL, A. A. F. et al. **Amazônia azul**: o mar que nos pertence. Record. Rio de Janeiro. 2006. 305p.