

## 1. INTRODUÇÃO

A Zona Costeira Amazônica brasileira (ZCA) envolve três estados: Amapá, Pará e Maranhão, compreendendo assim cerca de 2.250 Km<sup>2</sup> de extensão (SOUZA FILHO, 2005). El-Robrini et. al. (1992) mostram que, desse total, 1.200 Km<sup>2</sup> são referentes à Zona Costeira do Estado do Pará (ZCEP), que é composta por ambientes de planícies de maré, mangues, estuários e praias, importantes para a dinâmica e transporte sedimentar da área nesta zona (NASCIMENTO, 2010).

A planície de maré representa uma área de baixo gradiente, que permanece exposta na maré baixa e submersa na maré cheia. É uma área protegida da ação de ondas nas porções internas de lagoas, baías e estuários, e pode ser recortada por canais de marés (SUGUIO, 1973).

A zona costeira da Ilha do Marajó é composta por uma rede de drenagens de canais de maré, nos quais os fluxos e refluxos promovem inversões dos cursos e correntes das marés, provocando erosões de suas margens e canais e conseqüentemente transporte e redeposição dos sedimentos, acentuando a migração lateral do canal, justamente por conta dessa erosão e deposição (FRANÇA, 2003).

Os processos erosionais, ligados às oscilações da maré, ocasionam variações da linha de costa. Os processos erosionais e acrecionais associados à variabilidade sazonal atuam na morfologia e na granulometria do ambiente deposicional (FRANÇA, op. cit.).

A corrente de maré é oriunda da circulação horizontal da água em função da subida e da descida do mar. Em regiões costeiras, a velocidade e a orientação dessas correntes são influenciadas pelo relevo do assoalho do canal. (DEFANT, 1961)

Define-se como canal de maré, um corpo d'água em forma meandrante, desenvolvido sobre planícies de maré, influenciados por oscilações da maré (SUGUIO, 1998), que, devido ao retrabalhamento e as correntes de maré, tendem a bifurcação e estreitamento na direção montante, sendo retilíneos e largos à jusante (REINECK ; SINGH, 1973).

Os canais de marés são importantes feições dos ambientes costeiros (Perillo, 2009), ao promoverem interações de troca de água, mecanismo de transporte de material e conseqüentemente a dinâmica de nutrientes, entre as zonas de intermarés (AKAMATSU et al., 2009; DYER et al., 1997; LARA ; DITTMAR, 1999; MAZDA et al., 1995; SILVA ; SAMPAIO, 1998). Para Reineck e Singh (1973), o retrabalhamento de sedimentos depositados em uma planície de maré, pode ser oriundo da migração dos canais de maré. A hidrodinâmica dos canais de maré contribui também na modificação do substrato da planície de maré (ANTHONY, 2004).

Ab'Saber (1967) individualizou na costa leste da Ilha do Marajó dois setores a partir das formas de relevo. O primeiro denominado de planície costeira, correspondendo à região de Soure, caracterizado por cotas topográficas inferiores a 5 metros; e o segundo setor, que corresponde à região de Salvaterra, denominado de planalto costeiro caracterizado por superfícies de baixos platôs com cotas topográficas entre 5 metros e 20 metros, formando um relevo plano com suaves ondulações, corroborados por estudos posteriores (e.g. BARBOSA et. al., 1974; FRANÇA, op. cit.; FRANÇA; SOUZA FILHO, 2006; MIRANDA, 2010) que consideram não somente os aspectos geomorfológicos, como litológicos e dos gradientes hidrodinâmicos da zona costeira da ilha do Marajó. Em Salvaterra grandes falésias que foram esculpidas nas rochas sedimentares laterizadas do Grupo Barreiras são bordejadas por praias estreitas e íngremes formadas por areias médias a grossas. Por outro lado, Soure representa uma sedimentação progradacional, durante o Holoceno, com grande densidade de manguezais, protegidos por praias-barreiras com predominância de areias finas.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a influência da sazonalidade sobre o fracionamento granulométrico e a mineralogia dos sedimentos superficiais em quatro canais de maré da costa leste Marajoara.

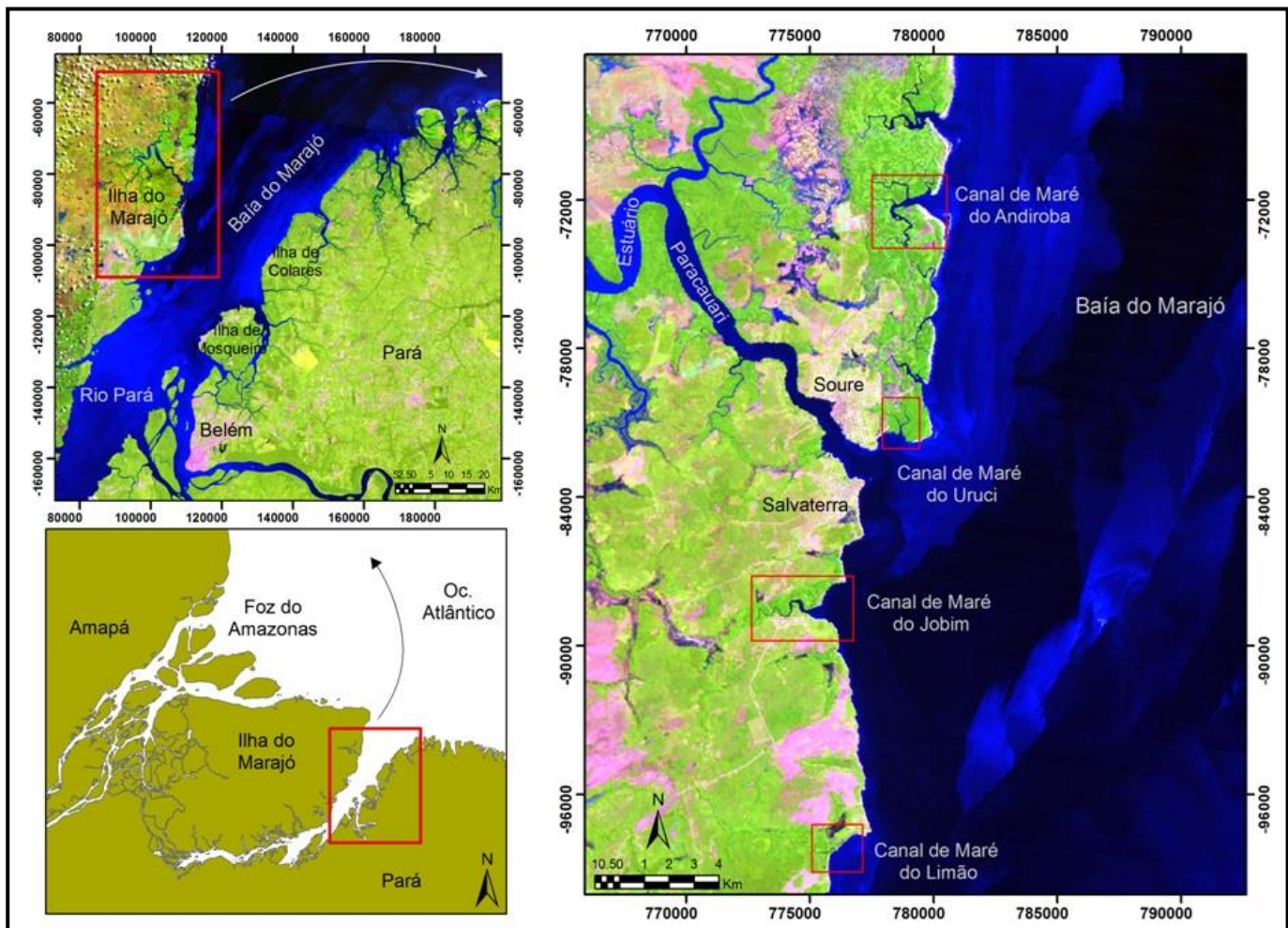
E como objetivo específicos:

- Avaliar a variabilidade granulométrica dos sedimentos no espaço e no tempo.
- Identificar a assembleia mineralógica dos sedimentos superficiais de fundo de dois canais.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na região norte do Brasil, na zona costeira leste da Ilha do Marajó. Foram selecionados quatro canais de maré, influenciados pela dinâmica do estuário da Baía do Marajó (Figura 1), com o intuito de diferenciar a área dos canais.

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo, ressaltando os quatro canais de maré aqui investigados.



Fonte: Do autor

#### 3.1. Canal de maré do Limão

O canal de maré do Limão, de direção leste-oeste, apresenta uma espessa quantidade de folhas e troncos sobre o leito, o que dificulta a coleta de material sedimentar. Foi o mais estreito dentre os canais, e com vegetação de mangue e várzea, com diversos troncos e raízes expostas dentro do canal de maré.

### **3.2. Canal de maré do Jubim**

O canal de maré do Jubim, também de direção leste-oeste dispõe de várias ilhas que dificultam a navegação. Sua margem esquerda é formada por manguezal e na margem direita está instalada uma comunidade de moradores. Na porção próxima à desembocadura se desenvolve um canal na forma de funil que é típico para esse ambiente (REINECK; SINGH, 1980; SILVA, 1996 E SOUZA FILHO, 1995). Na desembocadura persistem os manguezais, enquanto na margem esquerda observa-se praia e falésias desenvolvidas sobre rochas lateritizadas do Grupo Barreiras, como já havia sido mencionado por Ab'Saber, (1967); Barbosa et. al, (1974); França, (2003); França e Souza Filho (2006); Miranda (2010).

### **3.3. Canal de maré do Uruci**

O canal de maré do Uruci, de direção nordeste-sudoeste, com ramificações de riachos de maré, que segundo Perillo (2009) consistem em cursos d'água, oscilando 10 cm a 2 m de profundidade e de largura similar. Destaca-se um canal interligando-o parcialmente com a baía, barrado por barreiras arenosas (praia). É um canal de maré onde a vegetação predominante é de mangue.

Na porção externa do canal de maré do Uruci, na margem direita, ao lado do farol afloram rochas de coloração vermelha amarelada, pouco porosa, enquanto que no lado esquerdo praia arenosa e lama, visitadas por arraiais. A desembocadura do canal de maré do Uruci é estreita, marcada pela presença de um banco de areia em desenvolvimento.

### **3.4. Canal de maré do Andiroba**

O canal de maré do Andiroba situa-se entre a praia do Pesqueiro, ao sul e a praia do Céu ao norte, no município de Soure. Tem direção leste-oeste em sua parte externa e norte-sul na interna. Possui ilhas em sua porção interna e manguezal apenas no baixo curso da margem esquerda. Na maré baixa, é possível visualizar-se na porção externa um canal com leito extenso e estreito.

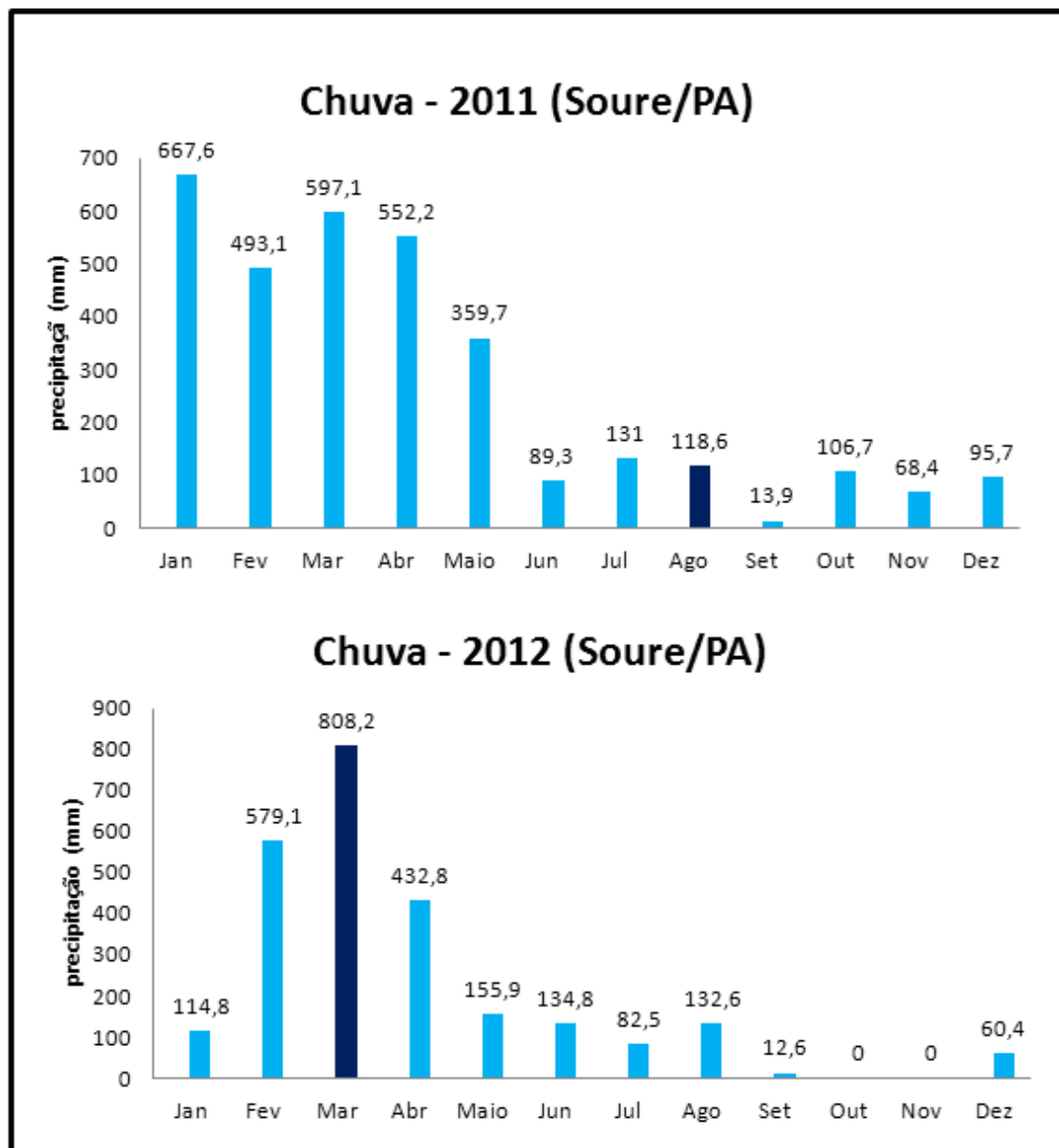
## **4. CENÁRIO REGIONAL**

### **4.1. Clima**

O clima na região na classificação de Köppen é do tipo “Am” (tropical úmido de monção) com estação chuvosa de dezembro a maio, e uma estação menos chuvosa de junho a novembro, podendo ocorrer variações. As precipitações pluviométricas nos anos de 2011 e 2012 segundo a estação da cidade de Soure (site INMET) (Figura 2).

Temperatura média do ar em torno de 27,3°C, umidade relativa muito alta durante todo ano, acima de 80%. Ventos oriundos de nordeste, com velocidades de até 2,5 m/s. Na classificação de Thornthwaite (1948), a costa leste da ilha do Marajó, considerando os índices de umidade, aridez e eficiência térmica clima se enquadra em úmido (B2 rA' a'), com baixa deficiência de água (B3 rA a') e megatérmico com concentração de verão sempre inferior a 48% (B4 rA' a') (MIRANDA, 2010).

Figura 2: Taxa de precipitação mensal com ênfase aos meses de coleta de sedimentos no presente trabalho.



Fonte de dados: INMET.

#### 4.2. Fisiografia

De acordo com França e Souza Filho (2003), a costa leste marajoara é retrogradacional, devido aos processos de avanço do nível do mar, com a migração deposicional arenosa sobre ambientes lamosos do manguezal e por

consequente o desaparecimento das franjas de mangue; erosão de falésias e; deslocamento de canais de maré.

### **4.3. Geologia**

Ilha do Marajó esta assentada sobre a bacia de igual nome. É constituída por carbonatos intercalados com folhelhos da Formação Pirabas (Oligo-Mioceno; Petri 1957, Góes et al. 1990), sedimentos siliciclásticos do Grupo Barreiras (Meso/Neomioceno; ROSSETTI 2000, 2006, ROSSETTI; GÓES 2004), e Pós-Barreiras (Quaternário; ROSSETTI 2004).

A sedimentação no entorno da Ilha do Marajó é controlada pelo estuário do rio Pará-Tocantins, que deságua na baía do Marajó, pelas correntes fluviais e correntes de maré com efeitos de ondas e diferenças de densidade entre água doce e salgada (ARAÚJO, 2011).

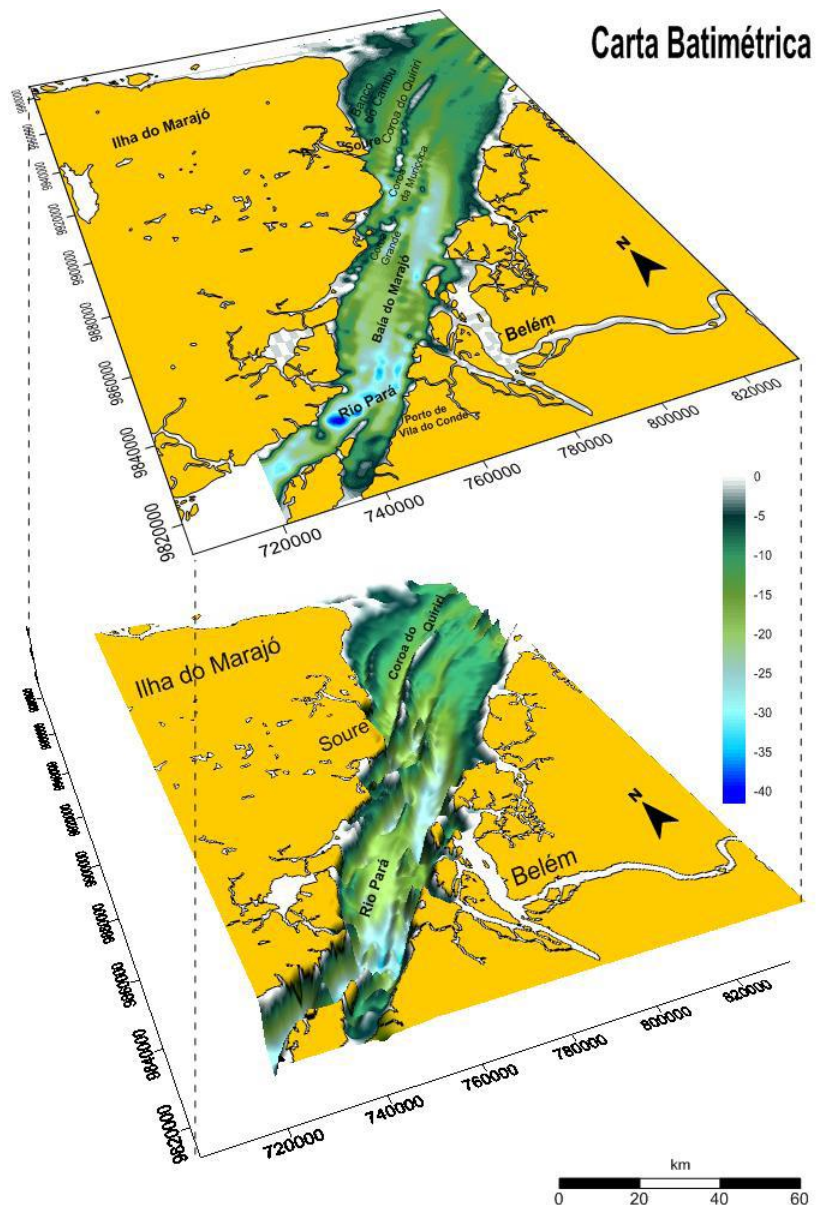
Segundo Correa (2005), as areias são a fração dominante de bancos, baixios e coroas no fundo da baía do Marajó, correspondente a costa leste dessa Ilha onde se desenvolve o presente estudo. Silte é mais comum na área central e no norte da baía, em canais e saídas de rios (próximo da Ilha de Mosqueiro e de Colares) enquanto as argilas são mais características ao norte do estuário. A hidrodinâmica aumenta da margem direita para a margem esquerda na baía do Marajó.

Batista (2013) no estudo sobre morfologia e o tamanho dos grãos dos sedimentos superficiais de fundo da baía do Marajó também verificou que ao norte, os sedimentos são predominantemente constituído por areia fina a muito fina, portanto ambiente de hidrodinâmica mais elevada do que ao sul, com areia fina e silte.

### **4.4. Morfologia**

Batista (2013) verificou que a baía apresenta profundidade de até 40 metros (Figura 3). O norte é menos profundo, do que ao sul e tem domínio de bancos de areias, enquanto o sul com sedimentos lamosos nas áreas mais profundas, e nas zonas periféricas e mais rasas a presença de sedimentos arenosos.

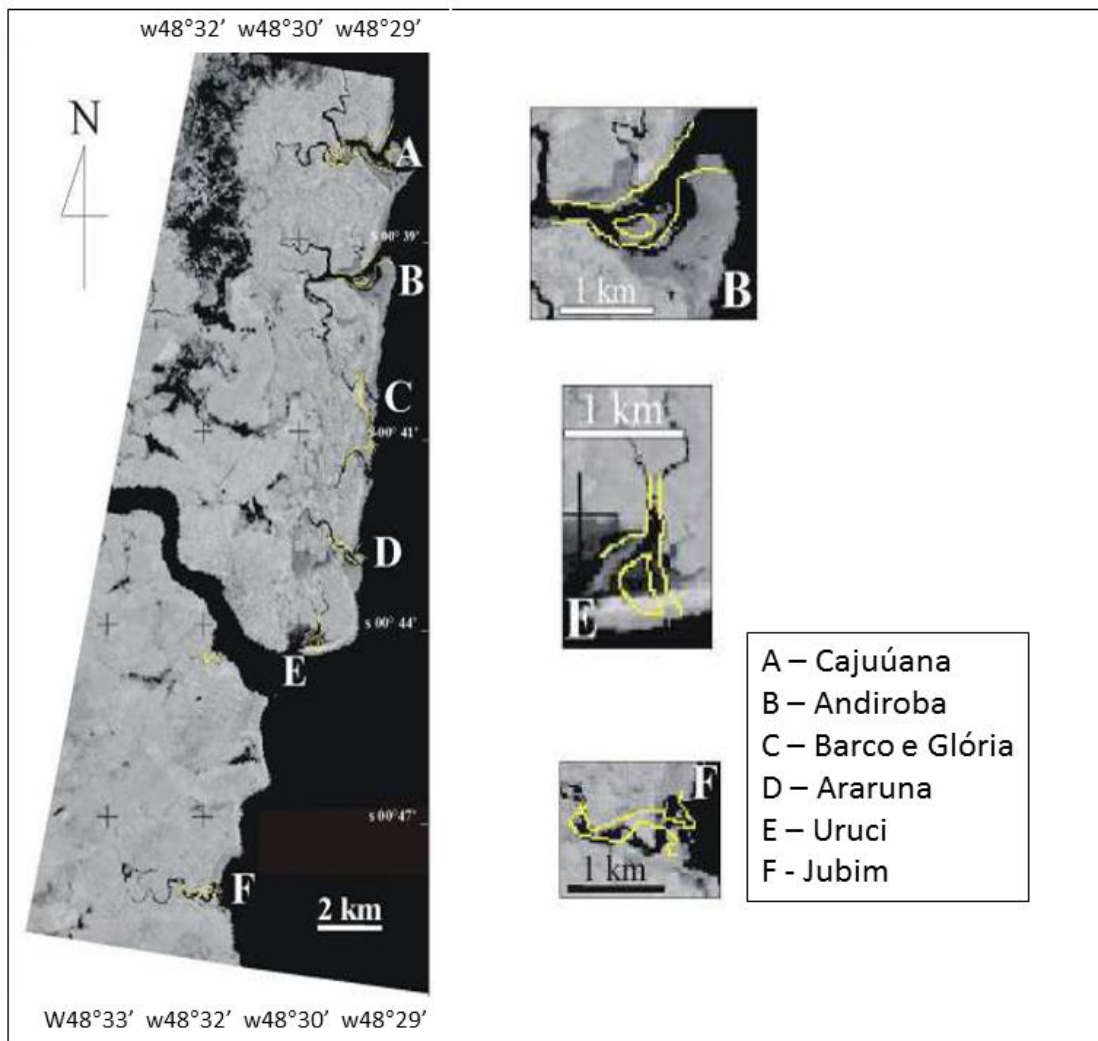
Figura 3: Levantamento batimétrico do rio Pará à baía do Marajó em 2D e 3D, frisando a profundidade e morfologia da área



Fonte de dados: Batista, 2013.

Através do sensoriamento remoto, França; Souza Filho (2003) monitoraram três canais de maré em questão neste trabalho, Canal de maré do Jubim, Uruci e Andiroba. O canal do Jubim, em 1986 orientava-se para NW –SE, invertendo para N-S em 1995, ocorrendo deslocamento de 254 m. O canal do Uruci em 1986 possuía uma desembocadura bifurcada, e em 1995 passou a ter uma única desembocadura, deslocando-se 174 m para oeste. Já o canal do Andiroba, deslocou-se 179 m para N e passou a ser mais estreito de 1986 a 1995. (Figura 4).

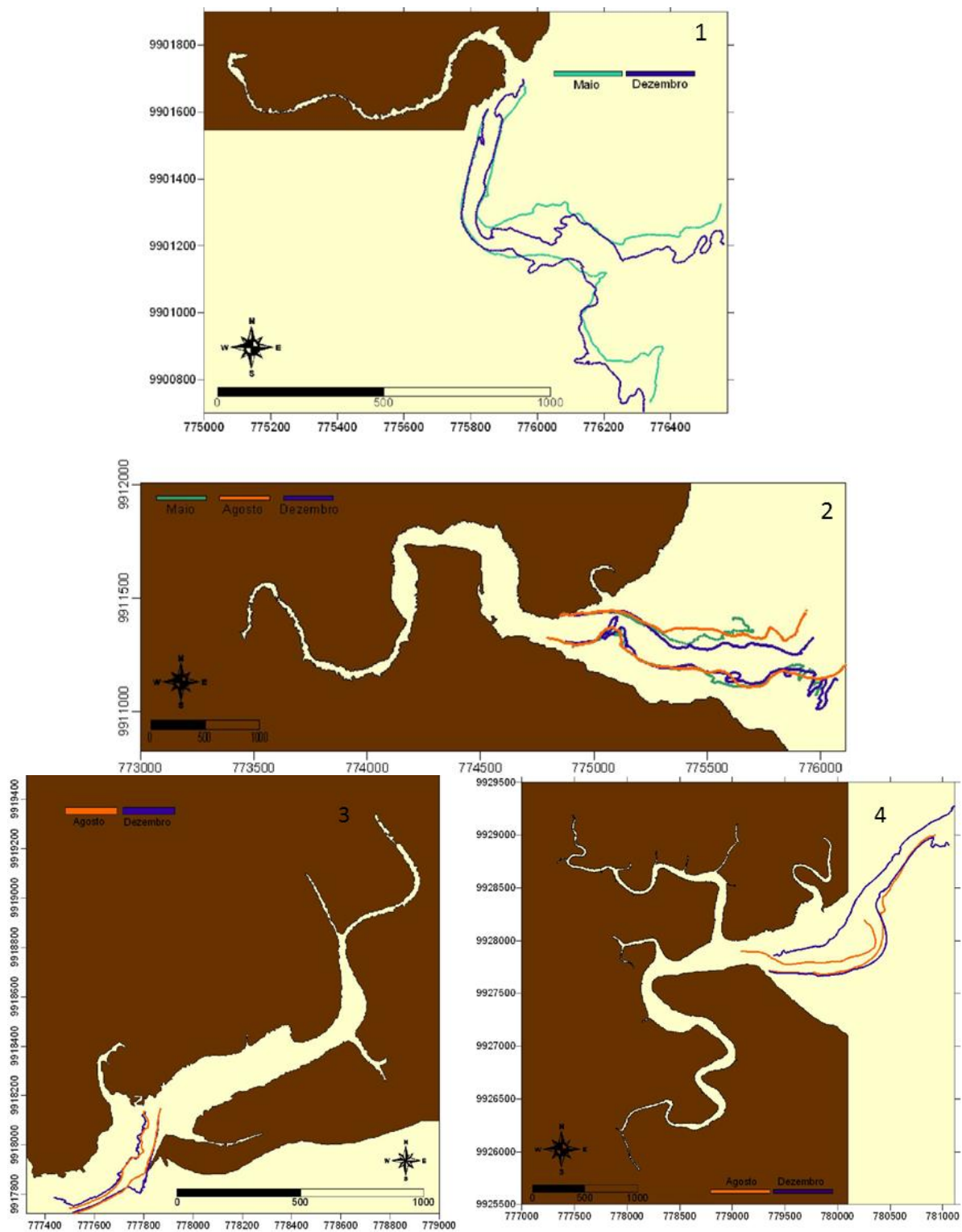
Figura 4: Migração das desembocaduras de canais de maré, entre 1986 e 1995. Imagem de 1995 com sobreposição de linhas em amarelo de 1986



Fonte de dados: Modificado de França e Souza Filho (2003).

Nascimento (2010) através de caminhamento mensurou a migração dos quatro canais estudados neste trabalho (Figura 5), quando constatou que no período de 2010 o canal do Limão migrou para sul; a margem esquerda do Jubim migrou para sul; o do Uruci não migrou significativamente; e o Andiroba migrou sensivelmente, deslocando para norte.

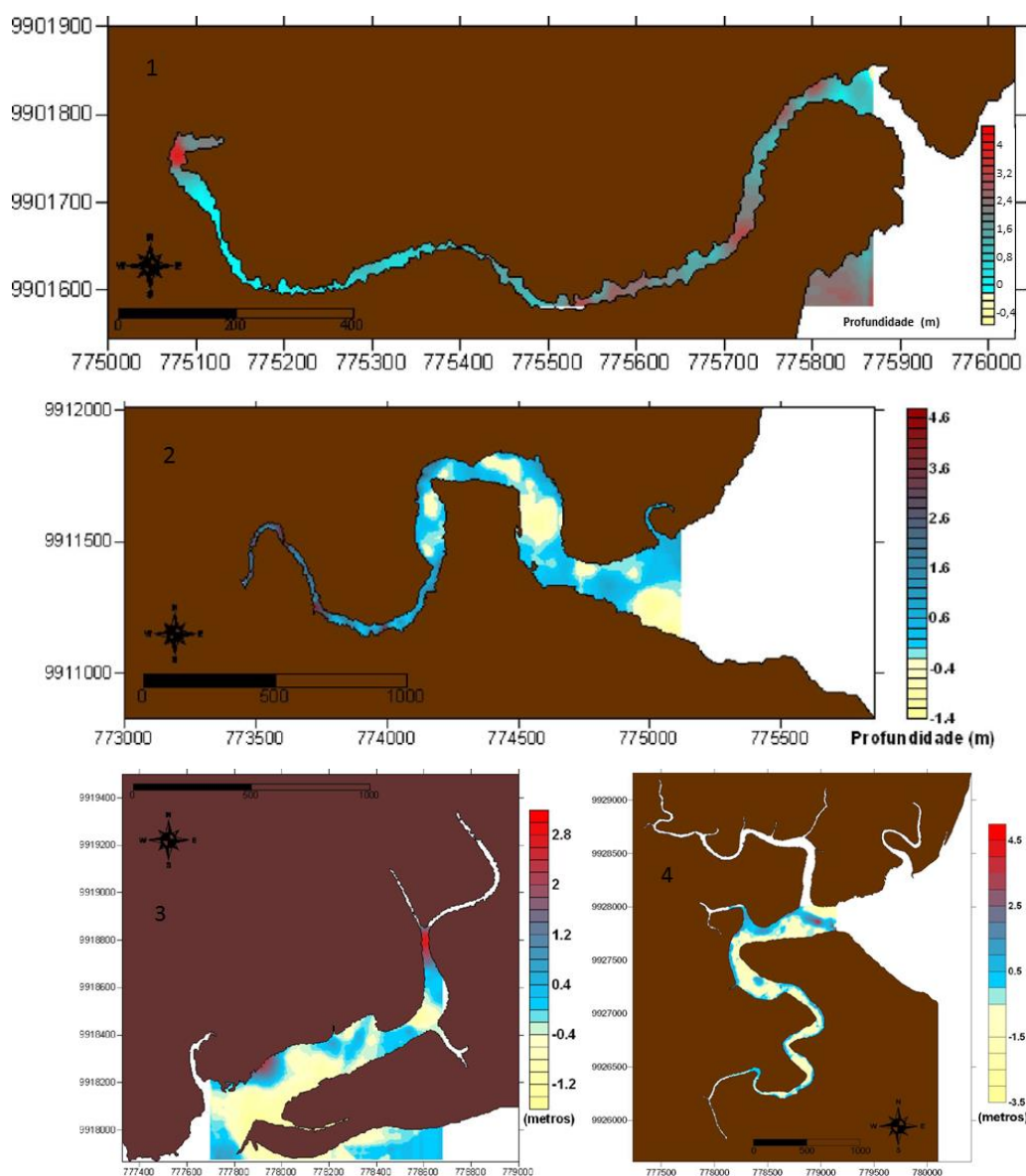
Figura 5: Migração de canal de maré do período de agosto a dezembro de 2010. 1) Limão; 2) Jubim; 3) Uruci e 4) Andiroba.



Fonte de dados: Adaptado de Nascimento (2010).

Observando os dados de Nascimento (2010), conclui-se que os canais apresentam menor profundidade nas porções mais internas e nas margens preferencialmente dominada por vegetação de mangue, com exceção do canal do Andiroba, que possui menor relevo na sua desembocadura. Para Nascimento (2010) atingem uma máxima de 5 m de profundidade, e sofrem um domínio de regime de mesomaré, com média de amplitude de 2,58m (Figura 6) Nascimento (2013) constatou que os canais de maré do Limão e do Andiroba, apresentam uma média de 3 m e 2 m de amplitude, respectivamente.

Figura 6: Mapas batimétricos dos canais de maré da costa leste da Ilha do Marajó. 1) Limão; 2) Jubim; 3) Uruci e 4) Andiroba.



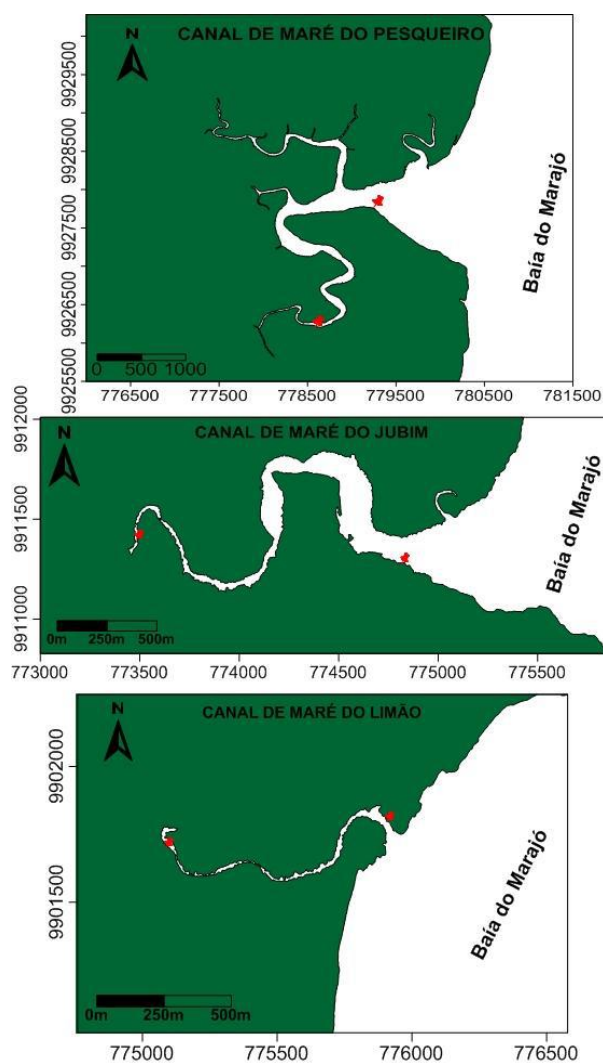
Fonte de dados: Adaptado de Nascimento (2010).

#### 4.5. Parâmetros físico-químicos

As oscilações da maré de sizígia nos canais de maré do Limão, Jubim e Andiroba, registraram variações de 2,23 a 3,66 m de amplitude no período seco; e 2,69 a 3,92 m de amplitude no período chuvoso (MOTA, 2013).

Parâmetros de salinidade, turbidez e corrente analisados em três dos quatro canais trabalhados neste trabalho, medidos na porção mais interna e na desembocadura dos canais (Figura 7).

Figura 7: Pontos de medições de salinidade, turbidez e corrente,



Fonte de dados: Mota (2013).

A salinidade (Tabela 1) é maior no período seco e nos canais ela decresce sensivelmente da desembocadura para porção mais interna de cada canal, devido

a dissolução dos sais. Já a variação salina de um canal para o outro são mais significativas, no qual nas desembocaduras dos canais é mais elevada no Andiroba (9,2) e mais baixa no Limão (6,49). No período chuvoso a, salinidade é menor, sendo mais elevada no canal do Limão (1,87) e mais baixa no Andiroba (0,25). (MOTA, 2013).

Tabela 1: Tabela de dados de salinidade. (Mota, 2013)

Salinidade	Limão		Jubim		Andiroba	
Seco	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Dentro	6,54	5,08	8,53	5,28	9,12	5,47
Fora	6,49	3,71	8,45	7,26	9,24	3,38
Chuvoso	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
Dentro	x	x	0,09	0,04	1,33	0,51
Fora	1,87	1,27	1,81	1,25	0,25	0,05

Fonte de dados: Mota (2013)

Os dados de turbidez (Tabela 2) no período seco foram mais elevados no canal do Andiroba, tanto no interior (594,46 ppm) quanto na desembocadura (1885,31 ppm) no momento de vazante. Os valores menores foram medidos no canal do Limão, no interior (22,15 ppm) e na desembocadura (16,39 ppm) no começo da enchente. No período chuvoso, o Andiroba também registra os maiores valores de turbidez no interior (531,3 ppm) e na desembocadura (973,65 ppm) no período de vazante. Os menores foram no canal do Jubim, no interior (186,26 ppm) e na desembocadura (90,41 ppm) no começo da enchente (MOTA, op cit.).

Tabela 2: Dados de turbidez de canais de maré da costa leste da ilha do Marajó, período seco e chuvoso.

<b>Turbidez (seco) ppm</b>				
	<b>Max vazante interior</b>	<b>Min. enchente interior</b>	<b>Max vazante desembocadura</b>	<b>Min. enchente desembocadura</b>
<b>Limão</b>	101,3	22,15	239,5	16,39
<b>Jubim</b>	X	X	90,32	24,58
<b>Andiroba</b>	594,46	22,23	1885,31	58,07
<b>Turbidez (seco) ppm</b>				
	<b>Max vazante interior</b>	<b>Min. enchente interior</b>	<b>Max vazante desembocadura</b>	<b>Min. enchente desembocadura</b>
<b>Limão</b>	220	69,04	758,5	112,1
<b>Jubim</b>	186,26	36	607,79	90,41
<b>Andiroba</b>	531,3	154	973,65	199,35

Fonte de dados: Mota (2013)

As maiores velocidades de corrente ocorreram na vazante dos canais (MOTA, 2013) (Tabela 3).

Tabela 3: Dados de corrente adaptados de Mota (2013).

Corrente		Intensidade corrente cm/s		Componente transversal cm/s		Componente longitudinal cm/s	
		Máxima	Mínima	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante
<b>Limão</b>	Interior	101,95	13,72	13,35	-19,22	-18,44	29,95
	Desemb.	35,62	0,68	53,38	-48,16	-86,83	65,68
<b>Jubim</b>	Interior	87,23	1,97	x	x	x	x
	Desemb.	42,52	1,43	6,36	-18,49	-7,34	85,61
<b>Andiroba</b>	Interior	86,82	4,85	15,53	-18,83	-24,93	38,05
	Desemb.	42,52	1,43	36,24	-32,35	-79,05	62,04

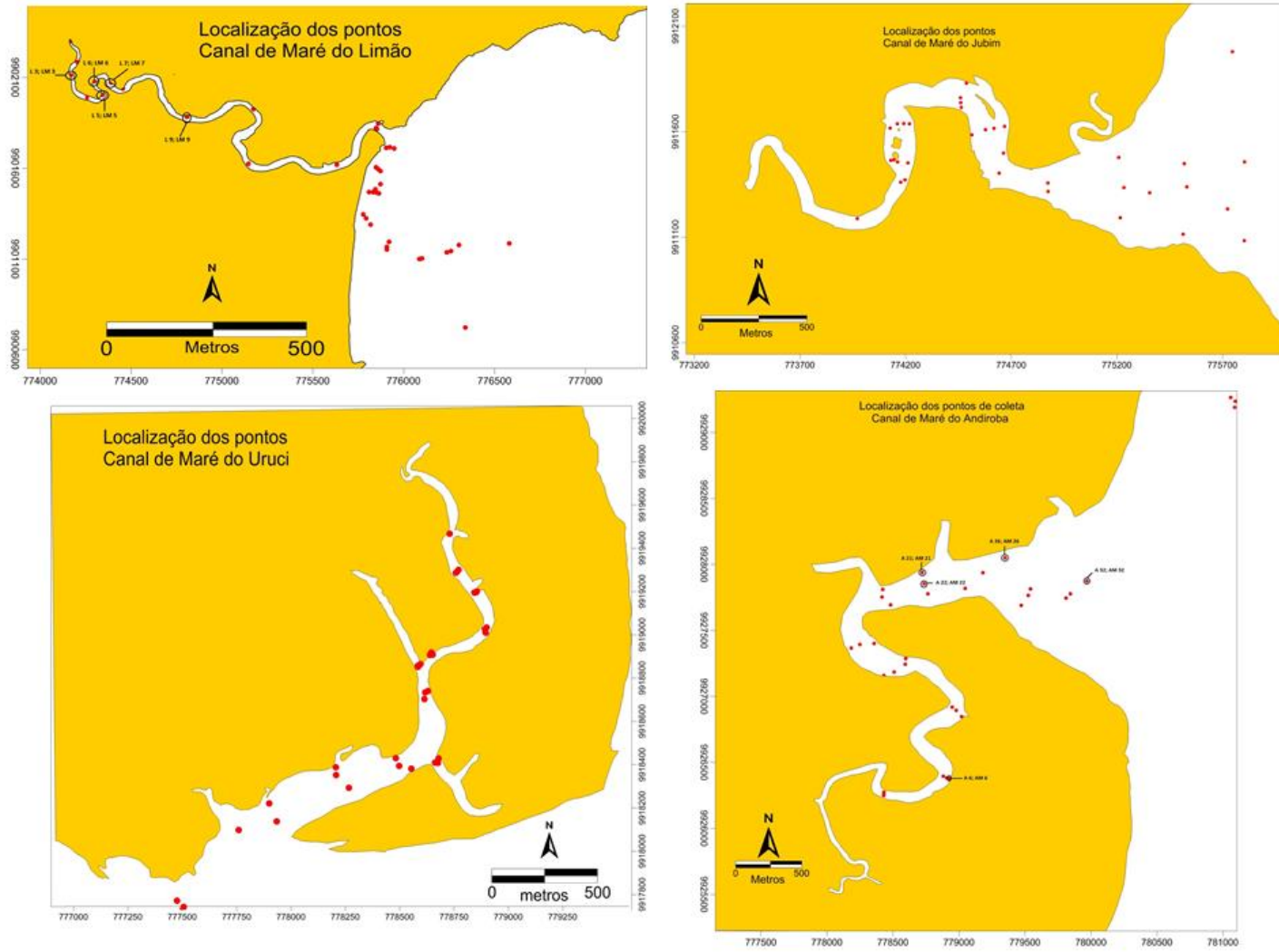
A velocidade das correntes no período seco, nas desembocaduras do canal de maré do Andiroba, Jubim e Limão, na vazante, registram 139, 166 e 119 cm/s e na enchente, e 244, 199 e 143 cm/s (FERREIRA, 2010). Os dados apresentados por Ferreira op cit. indicam maior corrente na enchente, conflitando com os dados de Mota, 2013.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1. Amostragem**

As coletas de sedimentos superficiais, nos quatro canais de maré, foram realizadas nos meses de agosto de 2011 e março de 2012, quando foram coletados em cada campanha 41 amostras no canal do Limão, 34 amostras no canal do Jubim, 33 amostras no canal do Uruci e 32 amostras no canal do Andiroba, totalizando 280 amostras de sedimentos superficiais coletados nos mesmos pontos nas duas campanhas, com ênfase nos pontos usados para mineralogia do canal do Limão e Andiroba (Figura 8).

Figura 8: Disposição dos pontos nos quatro canais de maré estudados.



Fonte: Do autor.

Seguindo a metodologia descrita no protocolo metodológico do PIATAM MAR II proposto por Vieira *et. al.* (2004) os sedimentos superficiais foram coletados com uma draga modelo Van Veen e armazenados em sacos devidamente identificados. As estações de coleta foram referenciadas com auxílio de um GPS Garmin modelo 76CSx, cujo os dados foram exportados para o programa Track Macker que gerou uma planilha Excel com as coordenadas dos pontos.

## **5.2. Eliminação de matéria orgânica**

Adaptando o método proposto por Jorge (1980), 10 g. de cada amostra foram utilizadas para eliminação de matéria orgânica (m.o), no qual 5 g serviram para análise granulométrica e 2 g para análise mineralógica. Os excedentes são por possíveis perdas e a eliminação de m.o. Em cada amostra foram adicionados 30 ml de água destilada e 60 ml de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) a 100%, que conforme reagem, novos volumes de 15 ml de  $H_2O_2$  foram adicionadas. Após a eliminação da m.o, as amostras foram lavadas com água destilada três vezes, e secas em estufa a 60°C.

## **5.3. Análise granulométrica**

A determinação da distribuição granulométrica foi realizada a laser, onde se empregou o equipamento ANALYSETTE 22/FRITSCH. Para isto a cada 5g de cada amostra, adicionou-se 10 ml de água destilada e 2 ml de pirofosfato de sódio ( $Na_4P_2O_7$ ) para evitar floculação, por aproximadamente 24hs.

Utilizou-se a escala de Wentworth (1922), que deriva da escala de Udden (1914), e a introdução da notação em phi de Krumbein (1938), para o fracionamento granulométrico.

Para avaliar a possível influência da sazonalidade, utilizaram-se os diagramas de Shepard (1954) que aponta o caráter descritivo dominante no fracionamento e o diagrama de Pejrup (1988) que relaciona a granulometria à hidrodinâmica, classificando o nível energético.

Os resultados foram plotados em uma planilha do Microsoft Office Excel e exportados para o programa Sysgran 3.0 para gerar os diagramas de Pejrup (1988)

e de Shepard (1954), elaborados a partir das dimensões de aberturas em  $\phi$  (phi) e as classes granulométricas baseadas na classificação de Wenttworth (1922), como proposto por Dias (2004).

Com esses valores em phi e a planilha gerada com as coordenadas pelo Track Macker, foram elaboradas as cartas granulométricas de sedimentos superficiais no programa Surfer 9, afim de visualizar distribuição espacial do tamanho dos grãos nos diferentes períodos

#### 5.4. Análise mineralógica

Foram realizadas por Difração de Raio-X (DRX), dois gramas de cada amostra de sedimentos que foram homogeneizados e pulverizados utilizando um gral de ágata (Figura 9), restringindo as análises dos canais do Limão e do Andiroba, por se tratarem de dois extremos da área de estudo.

Figura 9: Material utilizado para processamento de difração de raios-x.



Fonte: Do autor.

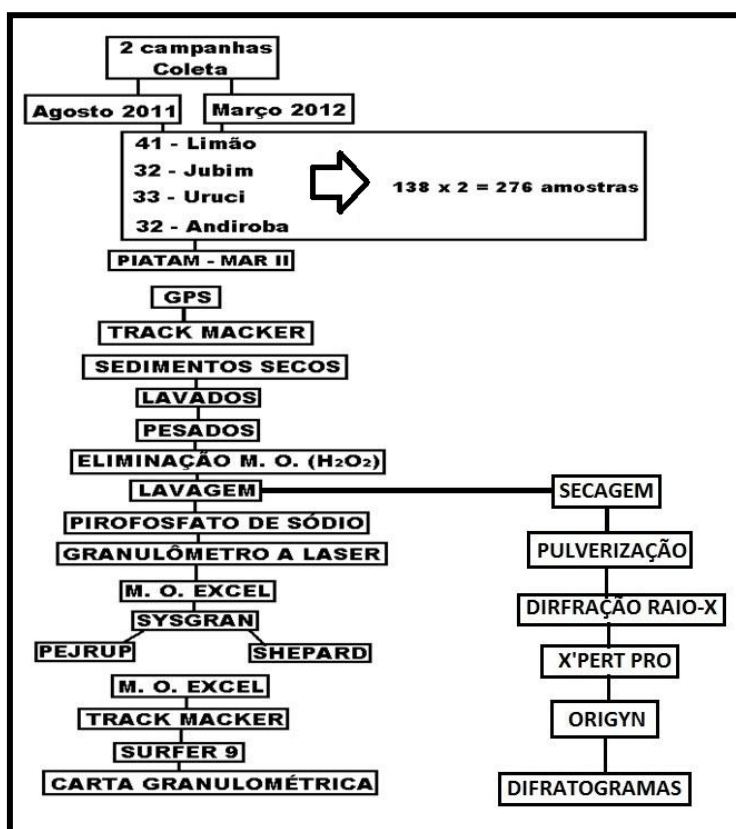
Para esta finalidade foram selecionadas as amostras dos pontos do canal de maré do Limão: L03, L05, L06, L07, e L09 coletadas em agosto e LM03, LM5, LM6, LM7, e LM9 em março.

No canal de maré do Andiroba, no mês de agosto os pontos selecionados foram: A6, A21, A22, A26, e A32 e AM6, AM21, AM22, AM26, e AM32 no mês de março.

Para a identificação dos minerais empregou-se difratômetro de raios-x PANanalytical, modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), com goniômetro PW 3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de Co PW3376/00. O detector utilizado é do tipo RTMS, X' Celerator. A identificação dos minerais com auxílio do software *X'Pert Data Collector*, versão 2.1<sup>a</sup>. As abreviaturas dos minerais segue a proposta de Whitney; Evans (2010).

A figura 10 sintetiza os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho.

Figura 10: Fluxograma geral de todos os procedimentos analíticos empregados no presente trabalho.



Fonte: Do autor.

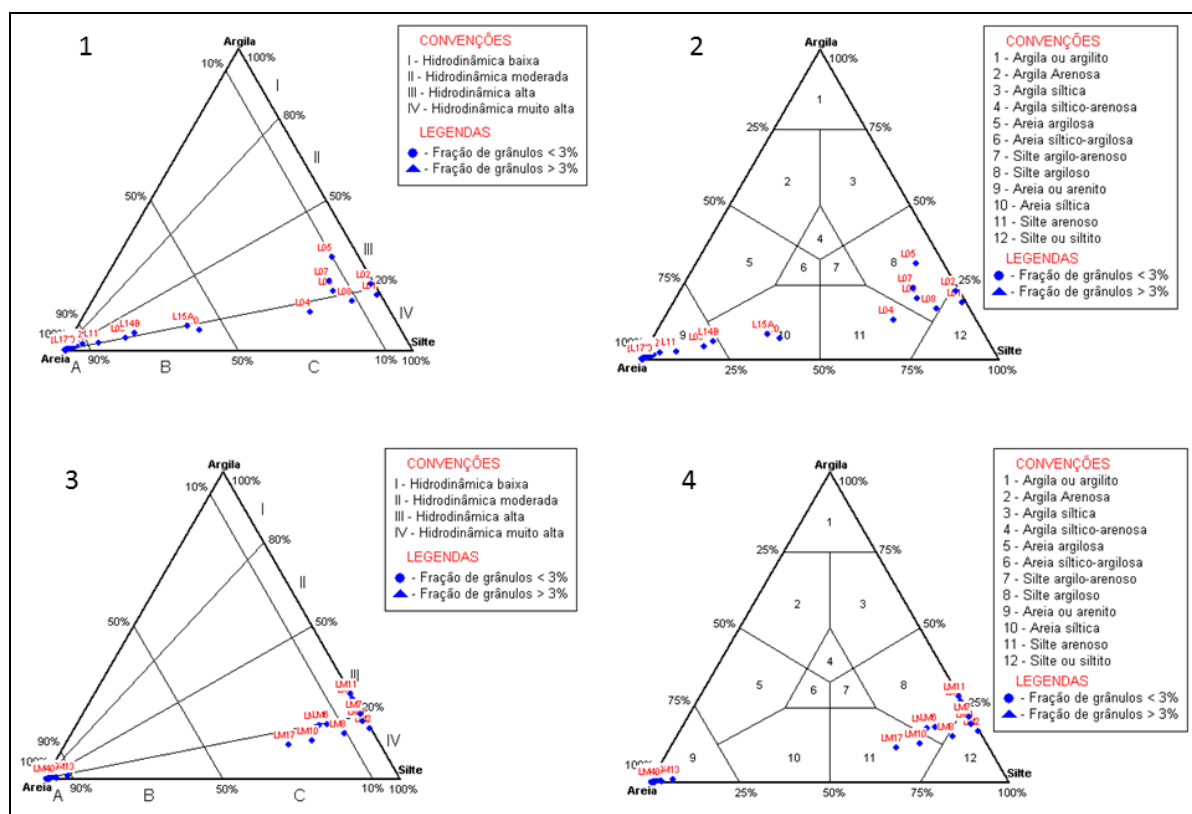
## 6. RESULTADOS

### 6.1. Granulometria dos canais de maré.

#### 6.1.1. Canal de maré do Limão

Os sedimentos coletados no mês de agosto no canal do Limão, são predominantemente silte argiloso na porção interna e areias na foz, com hidrodinâmica alta. (Figura 11 – 1 e 2). Em março não obteve-se significativas alterações, passando de silte argiloso para a predominância de silte na porção mais interna e mantendo as areias na foz, no entanto a hidrodinâmica de agosto para março passou de alta para muito alta (Figura 11 – 3 e 4). As frações mais finas estão na porção mais interna do canal e as mais grossas na desembocadura, devido a própria hidrodinâmica dos canais e ao mesmo tempo estão de acordo com estudos já expostos por Reineck; Singh (1980); Silva (1996) e Souza Filho (1995).

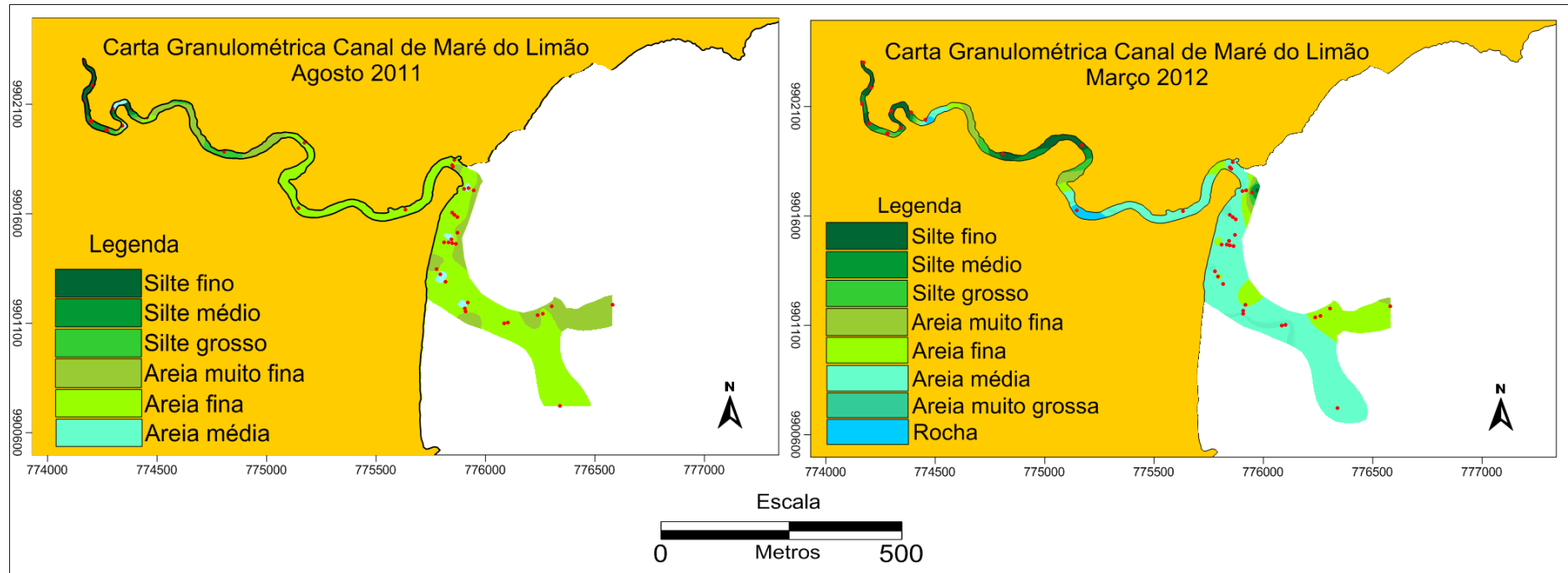
Figura 11: Diagramas do canal de maré do Limão. 1 – Pejrup, 2 – Shepard, de agosto 2011. 3 – Pejrup, 4 – Shepard, de março 2012.



Fonte: Do autor.

Utilizando-se das cartas granulométricas, pode-se visualizar-se uma variação mais significativa no canal do limão (figura 12), ao contrario dos diagramas de Pejrup (1988) e Shepard (1954).

Figura 12: Cartas Granulométricas de dois períodos do canal de maré do Limão.

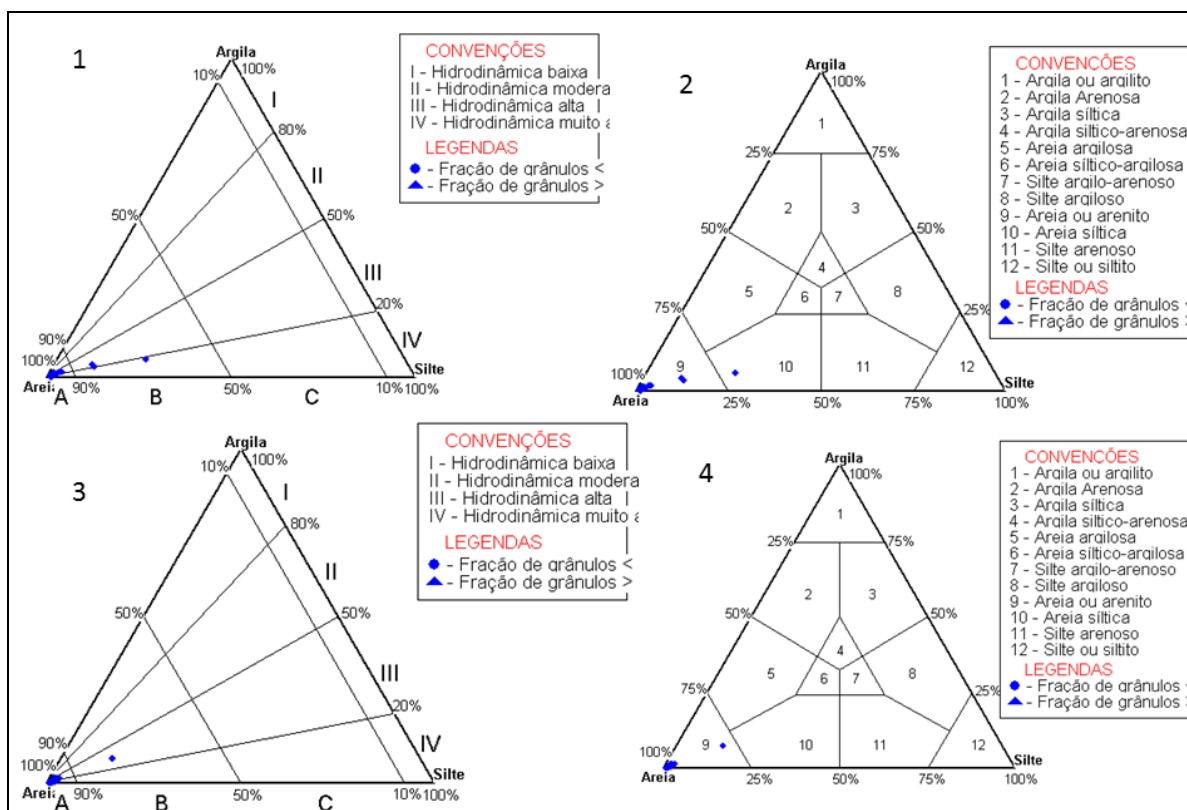


Fonte: Do autor

### 6.1.2. Canal de maré do Jubim

Os diagramas de Pejrup (Figura 13 – 1 e 3) sugeriram que a hidrodinâmica do canal de maré do Jubim, variaram de alta para muito alta. No entanto, os diagramas de Shepard (Figura 13 – 2 e 4) não evidenciam variação espaço temporal dos sedimentos.

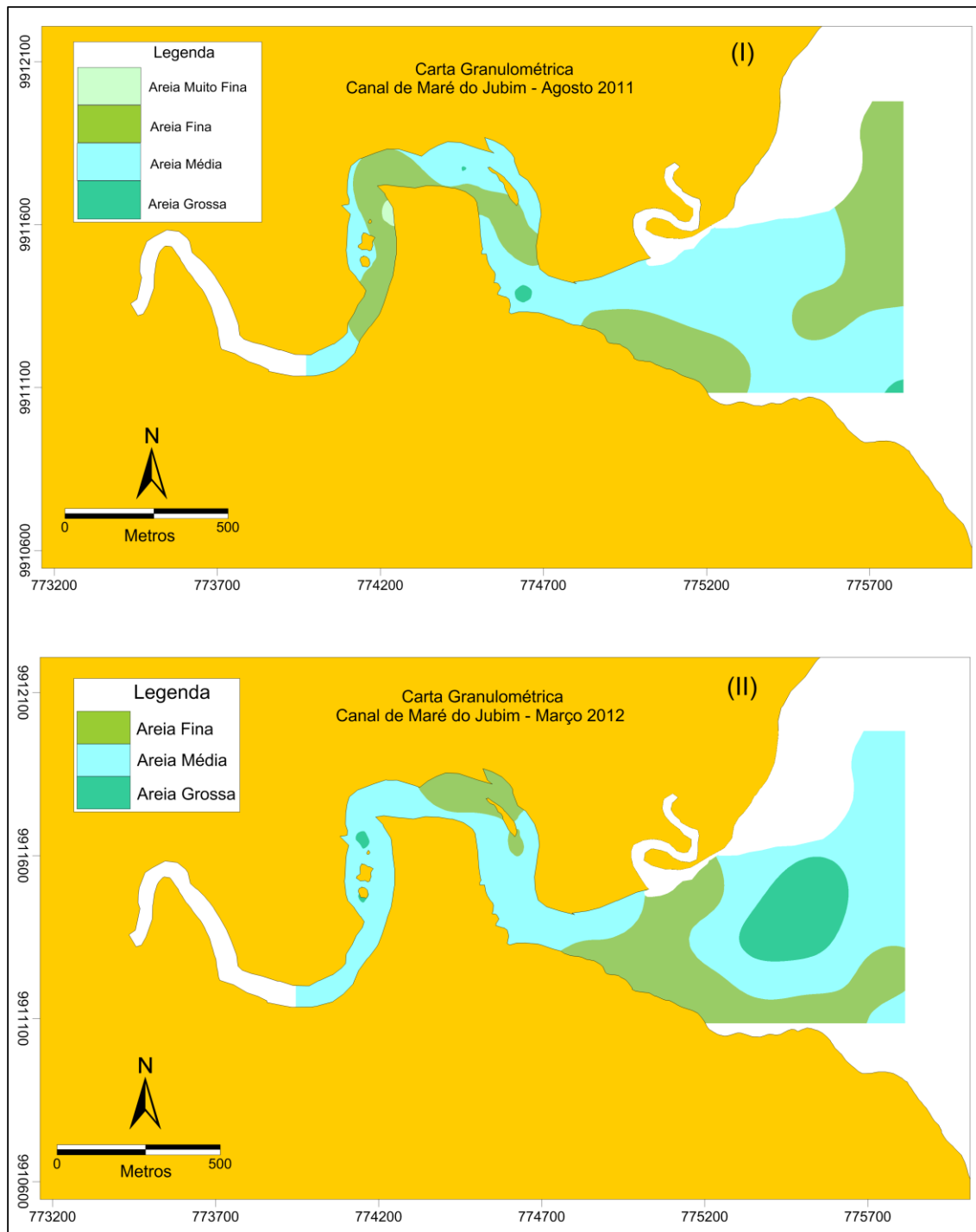
Figura 13: Diagramas do canal de maré do Jubim. 1 – Pejrup, 2 – Shepard, de agosto 2011. 3 – Pejrup, 4 – Shepard, de março 2012.



Fonte: Do autor.

As areias tendem a depositar-se na desembocadura, em que em março surgem até areia grossa nesta região, enquanto que em agosto há percepções de areias médias e finas (Figura 14), ocorrendo uma inversão de área deposicional.

Figura 14: Cartas Granulométricas de dois períodos do canal de maré do Jubim.

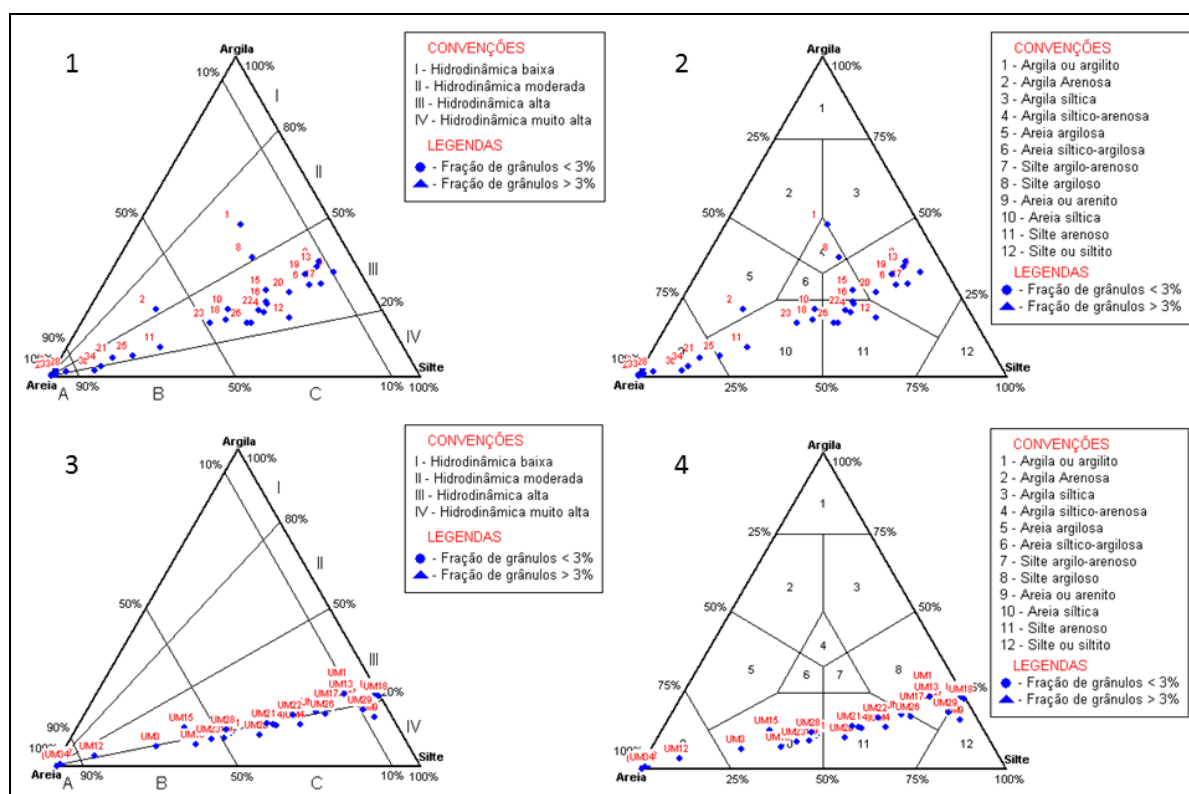


Fonte: Do autor.

### 6.1.3. Canal de maré do Uruci

No canal de maré do Uruci, foram bem expressivas as variações sazonais, nos diagramas de Pejrup (Figura 15 – 1 e 3) a hidrodinâmica indica e demonstra claramente a variancia de alta para muito alta, e os diagramas de Shepard (Figura 15 – 2 e 4) indicaram que no mês de agosto na porção mais interna do Uruci predominavam silte argilo-arenoso e silte argiloso, e na foz areias e silte arenoso, que no mês de março passaram a predominar na porção mais interna silte argiloso e silte arenoso e na foz areia e areia siltica.

Figura 15: Diagramas do canal de maré do Uruci. 1 – Pejrup, 2 – Shepard, de agosto 2011. 3 – Pejrup, 4 – Shepard, de março 2012.

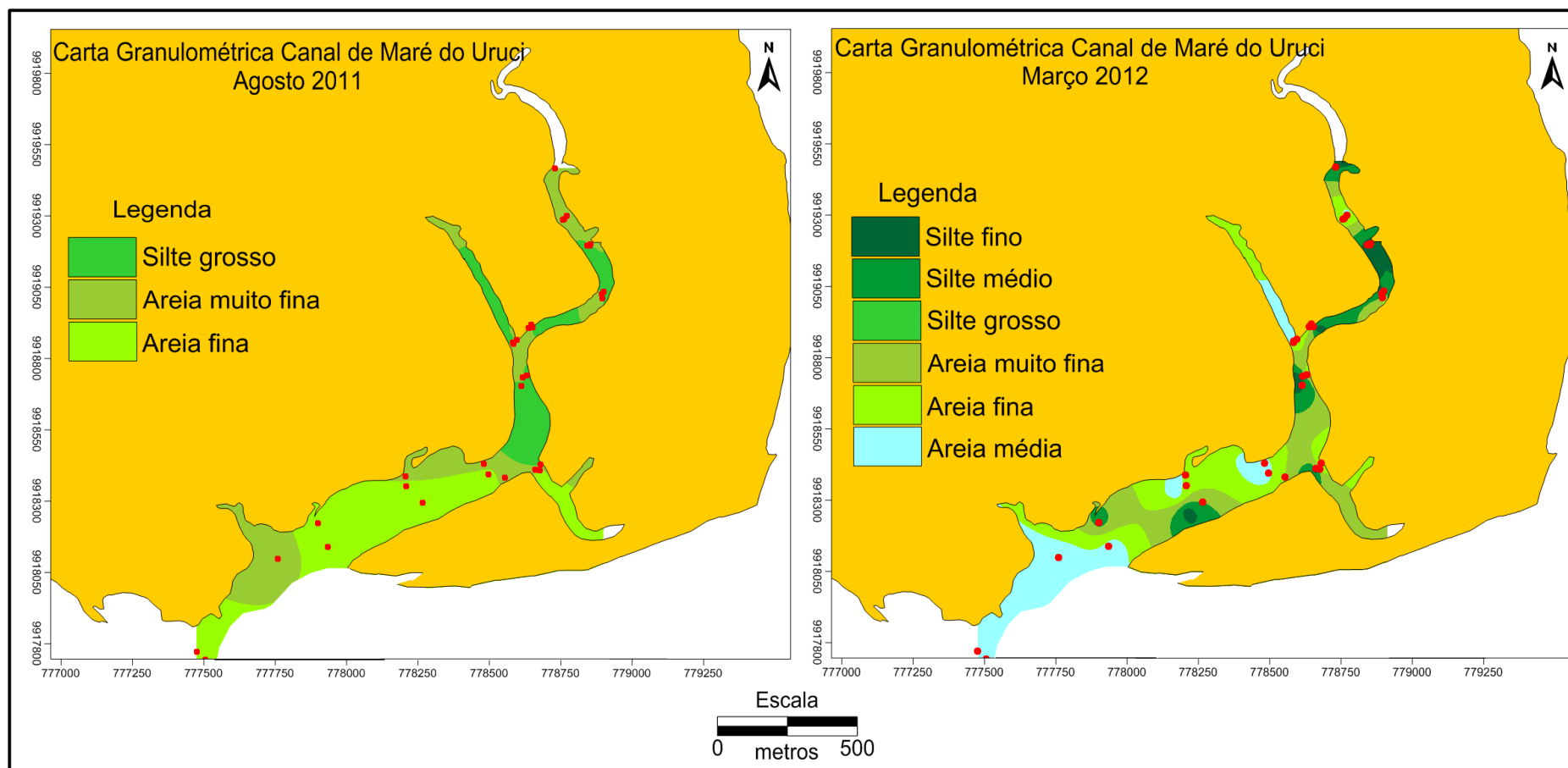


Fonte: Do autor.

O fracionamento do silte marca a variação do canal do Uruci, bem diferente do que ocorreu no canal do Limão e Jubim. A granulometria do mês de agosto caracteriza-se em silte grosso, e areias muito fina a fina. Já no mês de março, há todo o fracionamento de silte e a ascensão das areias (Figura 16). Apesar da presença de sedimentos mais finos em março, em um período mais energético

influenciado pelo maior volume de chuvas, isso se deve ao desmoronamento de margens, observado em campo, promovendo a deposição das frações mais finas.

Figura 16: Cartas Granulométricas de dois períodos do canal de maré do Uruci.

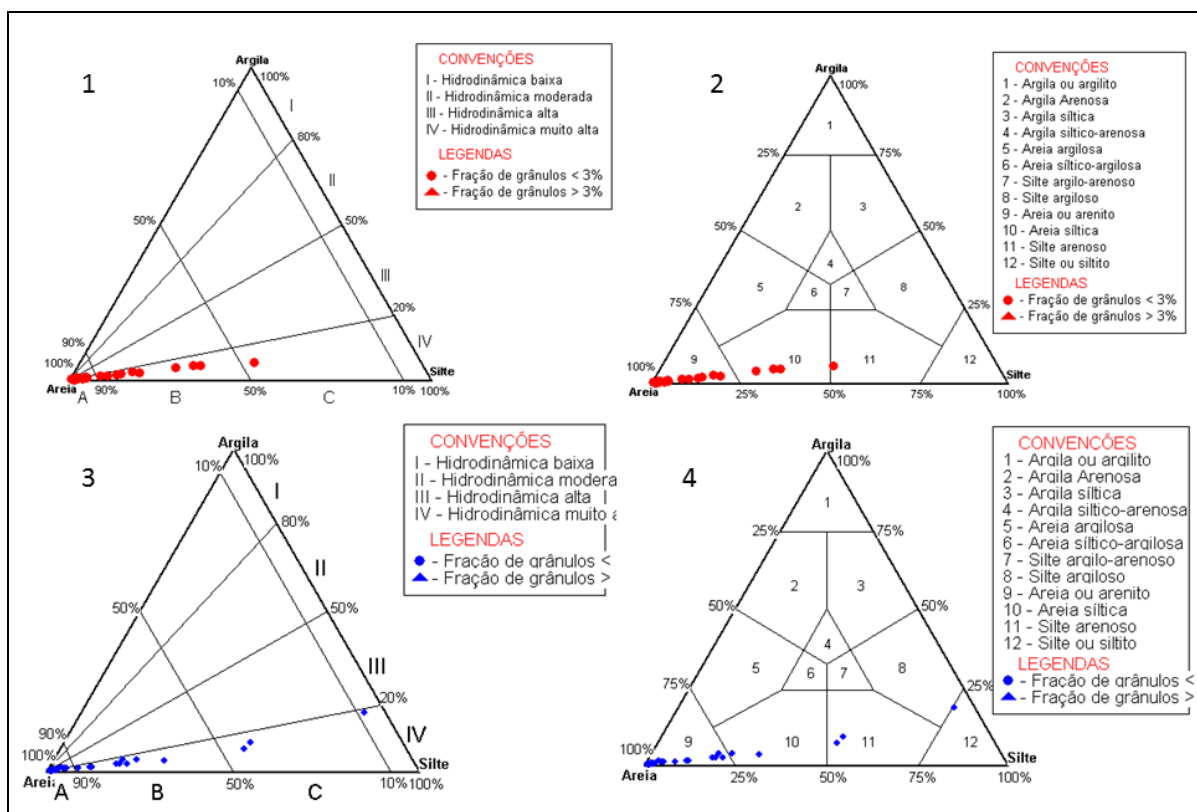


Fonte: Do autor.

#### 6.1.4. Canal de maré do Andiroba

Para o canal de maré do Andiroba, tanto os diagramas de Pejrup (Figura 17 – 1 e 3) quanto os diagramas de Shepard (Figura 17 – 2 e 4), não demonstram variação espaço temporal, indicando para o Andiroba hidrodinâmica muito alta e predominância de sedimentos arenosos nos dois períodos.

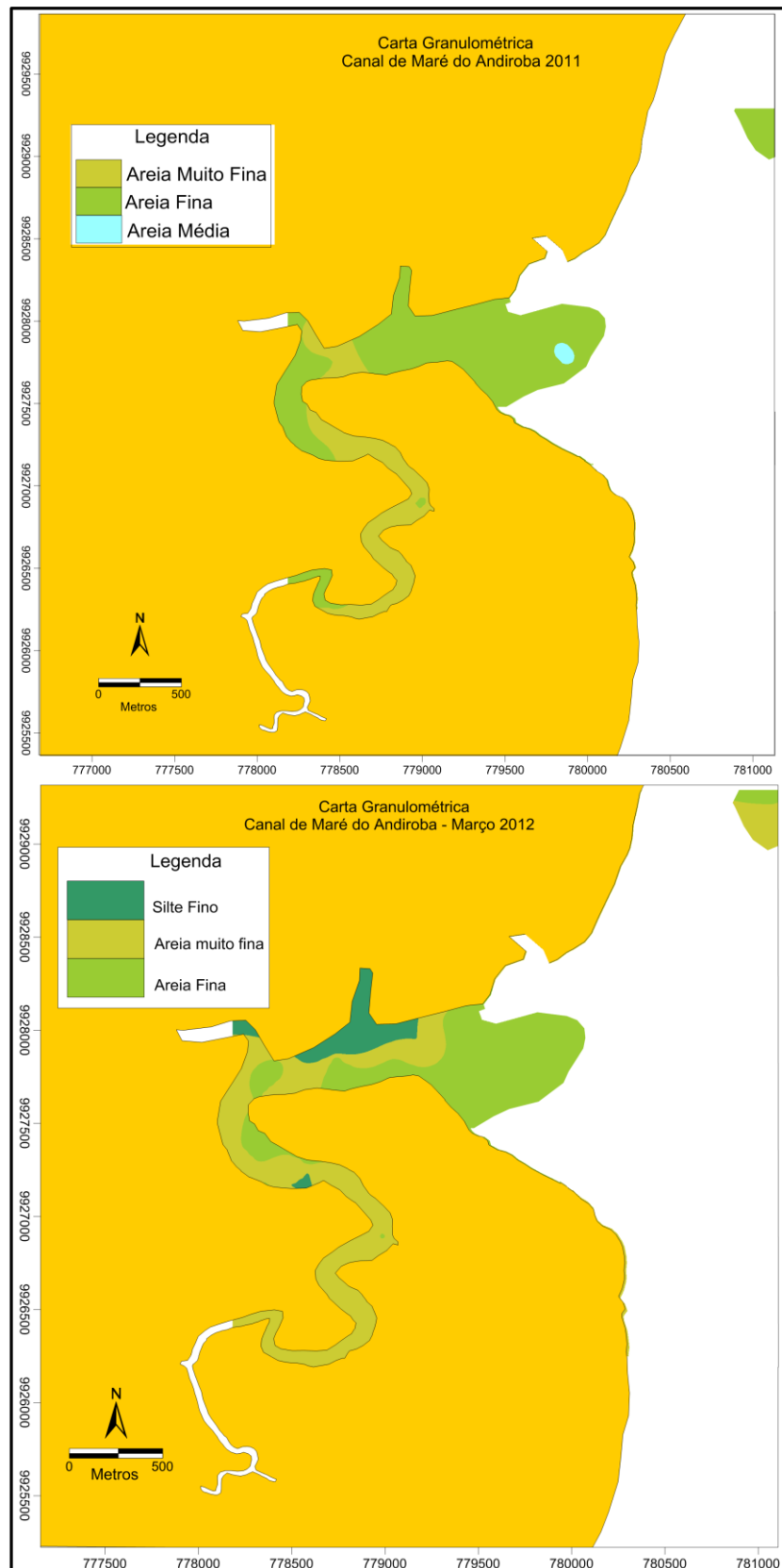
Figura 17: Diagramas do canal de maré do Andiroba. 1 – Pejrup, 2 – Shepard, de agosto 2011. 3 – Pejrup, 4 – Shepard, de março 2012.



Fonte: Do autor.

A deposição no canal de maré do Andiroba (Figura 18) predomina nos dois períodos areia muito fina na porção interna e areia fina na direção da desembocadura. Ressaltando que no período chuvoso houve presença de silte fino na margem esquerda, referente a uma área de vegetação de mangue. Ao contrario dos diagramas, a carta granulométrica para o canal do Andiroba, conseguiu demonstrar uma variação sazonal.

Figura 18: Cartas Granulométricas de dois períodos do canal de maré do Andiroba.



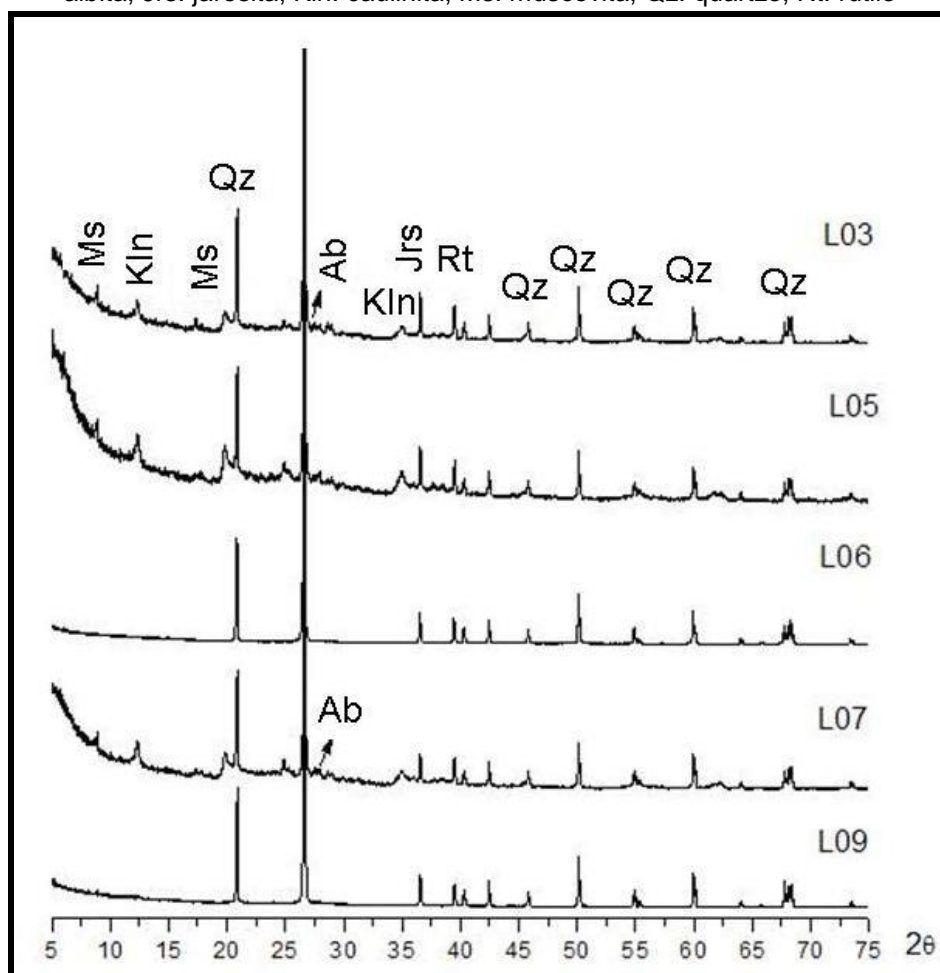
Fonte: Do autor.

## 6.2. Mineralogia

### 6.2.1. Canal de maré do Limão

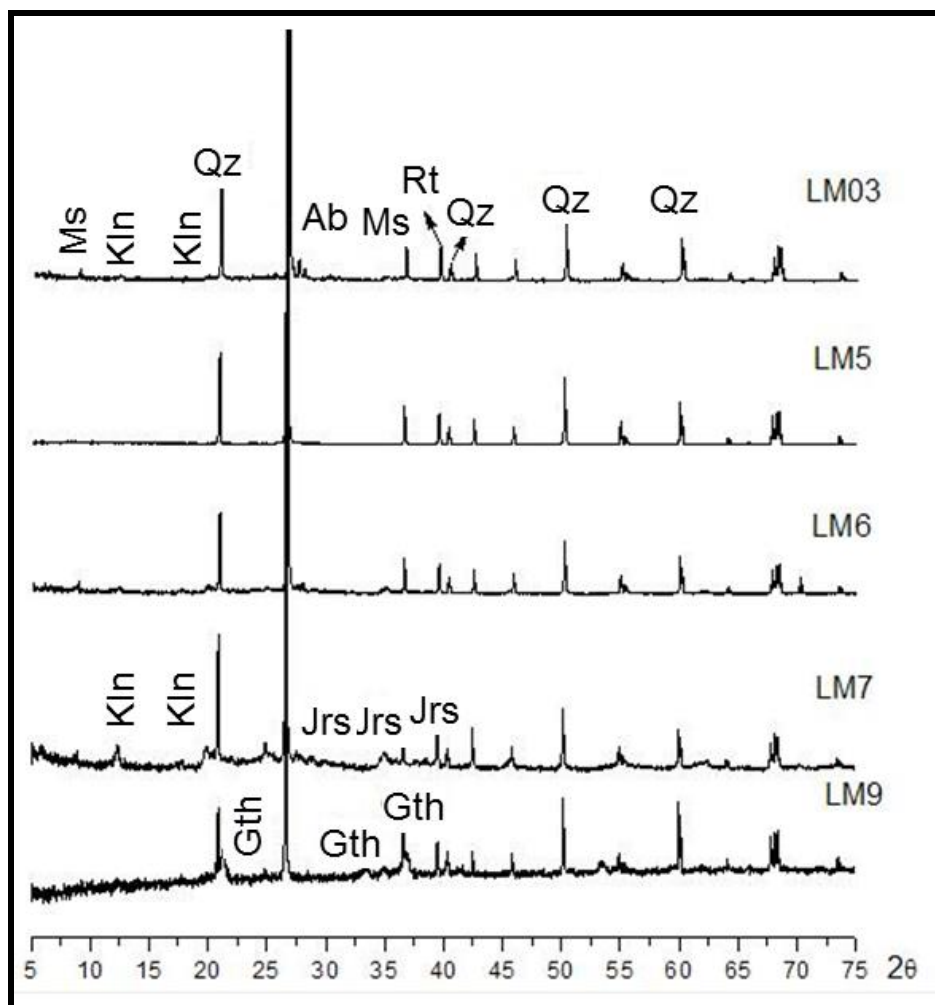
Os sedimentos do canal de maré do Limão são constituídos fundamentalmente por quartzo, seguido por caulinita e muscovita, a albita, goethita e jarosita ocorrem ocasionalmente em pequena quantidade. Rutilo ocorre em quantidades traço. Durante o mês de agosto (Figura 19) o quartzo é menos abundante, enquanto que a caulinita e muscovita são mais constantes do que em março de 2012 (Figura 20).

Figura 19: Minerais identificados por DRX no canal de maré do Limão – Agosto 2011 – Ab: albita, Jrs: jarosita, Kln: caulinita, Ms: muscovita, Qz: quartzo, Rt: rutilo



. Fonte: Do autor.

Figura 20: Minerais identificados por DRX no canal de maré do Limão – março 2012. - Ab: albita, Gth: goethita, Jrs: jarosita, Klin: caulinita, Ms: muscovita, Qz: quartzo, Rt: rutilo.

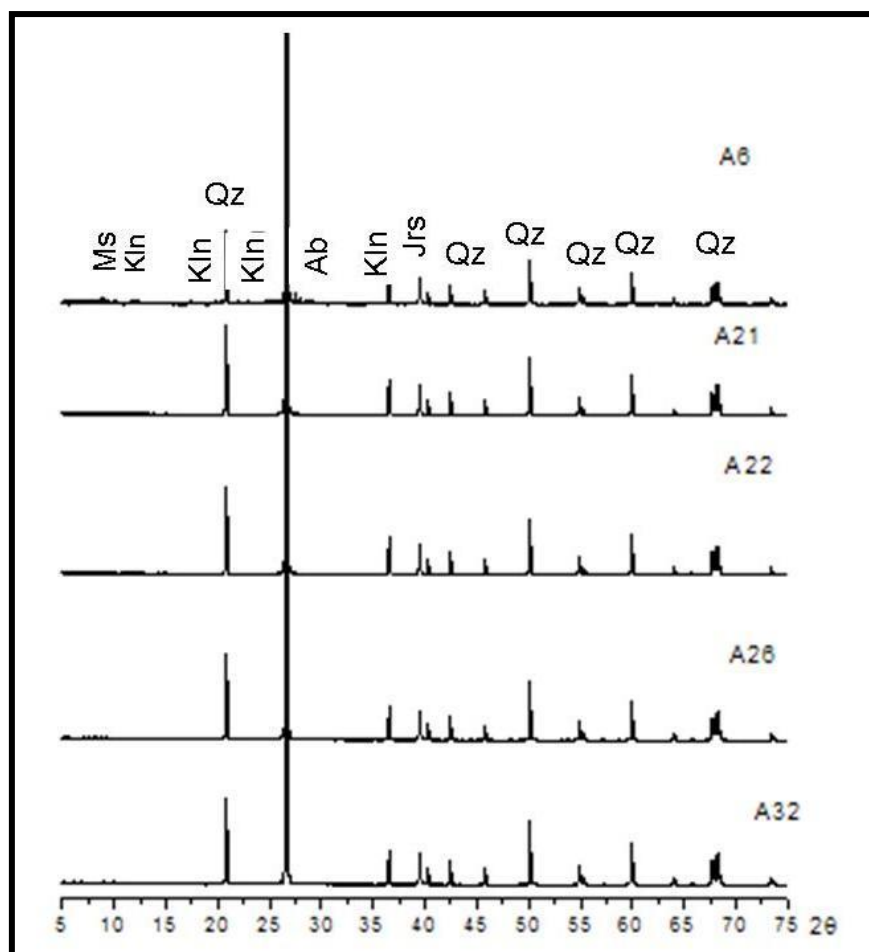


Fonte: Do autor.

### 6.2.2. Canal de maré do Andiroba

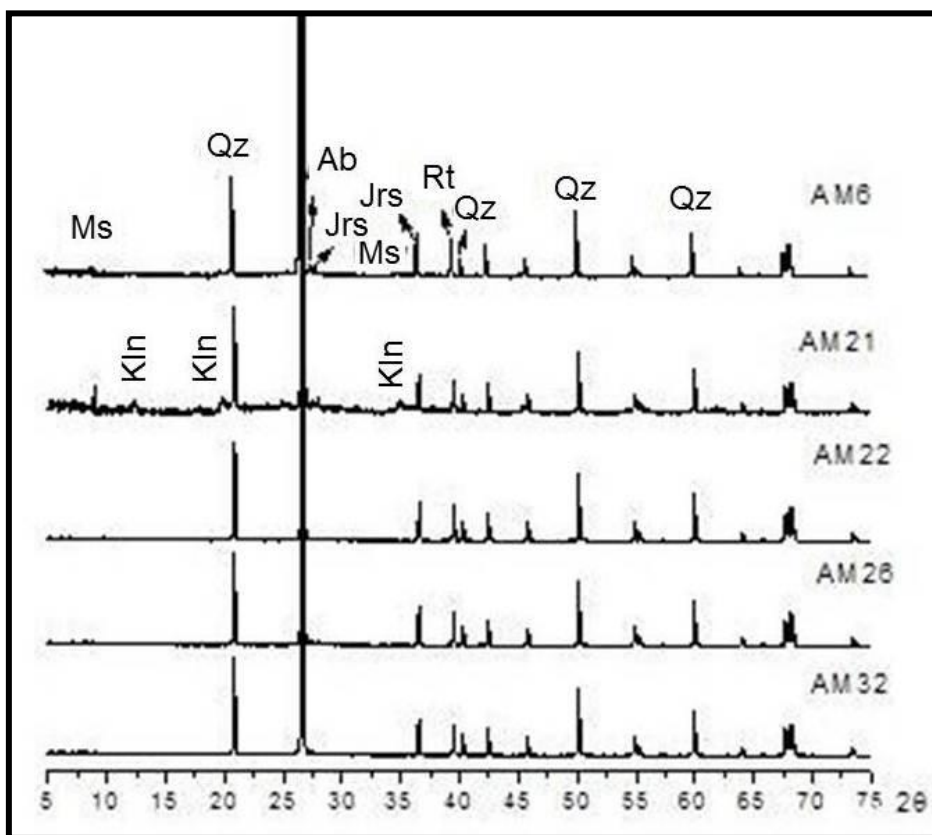
Os sedimentos do canal de maré do Andiroba são também constituídos dos mesmos minerais que do Limão, porém caulinita e muscovita encontram-se em menor quantidade do que quartzo (Figura 21), As diferenças em termos de constância não são evidentes para caulinita e muscovita (Figura 22) ao contrario do canal do Limão.

Figura 21: Minerais identificados por DRX no canal de maré do Andiroba – Agosto 2011. - Ab: albita, Jrs: jarosita, Kln: caulinita, Ms: muscovita, Qz: quartzo.



Fonte: Do autor.

Figura 22: Minerais identificados por DRX no canal de maré do Andiroba – março 2012 – Ab: albita, Jrs: jarosita, Klin: caulinita, Ms: muscovita, Qz: quartzo, Rt: rutilo.



Fonte: Do autor.

## 7. DISCUSSÃO

Com os dados granulométricos constata-se que a deposição de sedimentos finos (silte) correlacionando com a batimetria realizada por Nascimento (2010, 2013) ocorreram preferencialmente em ambientes de maior profundidade e a de sedimentos mais grosseiros (areia) em ambientes de menor profundidade, como já havia sido notado por Vlaswinkel e Cantelli (2010), que relacionou a deposição de sedimentos mais grosseiros com o baixas profundidades. Correa (2005) ressaltou que mesmo diante de alta hidrodinâmica há deposição de sedimentos finos entre os bancos de areia ao longo da baía do Marajó, sendo o caso da presença de sedimentos mais finos no canal do Uruci e do Andiroba mesmo com hidrodinâmica alta a muito alta.

Referindo-se à hidrodinâmica indicaram que nos canais de maré da costa leste, a corrente é mais intensa nas desembocaduras, principalmente no período chuvoso, influenciados pelo índice pluviométrico e a circulação flúvio-estuarina da baía, que é a origem das areias nas desembocaduras dos canais de maré da costa leste marajoara, e o silte no interior dos canais são provenientes do continente e o retrabalhamento dos manguezais

A intensidade de migração dos canais é maior nos meses de agosto a dezembro (Nascimento, 2010, 2013), no entanto, essa migração não resultou em significativas variações granulométricas nos canais de maré.

Frisando a análise litológica, de acordo com o ambiente, os canais do Limão e do Jubim, no município de Salvaterra, demonstram-se com uma granulometria mais grosseira, sendo condizente com o ambiente que se consiste com grandes falésias, com rochas sedimentares laterizadas provenientes do Grupo Barreiras.

Já os canais do Uruci e Andiroba, no município de Soure, com um fracionamento granulométrico mais fino, predominando silte, característico da grande densidade de manguezais da região.

A mineralogia é dominada por quartzo e caulinita, indicando intemperismo e maturidade das áreas fonte, sendo condizente a elevada hidrodinâmica que promove o retrabalhamento dos grãos. A presença de caulinita e goethita reforçam a influência do intemperismo tropical. A muscovita e albita sugerem contribuições pretéritas de rochas ricas nesse mineral com granitoides e/ou xistos. O canal do Limão recebe maior contribuição de caulinita e muscovita, e mesmo goethita, do que o canal do Andiroba. É bem provável que o canal do Limão esteja drenando terrenos com perfis lateríticos imaturos desenvolvidos sobre rochas do Barreiras. A jarosita é produto de alteração dos sulfetos, provavelmente formados nos manguezais, que por ocasião da alteração dos óxi-hidróxidos de ferro, como goethita, forma sulfato de ferro. Não se observou contrastes mineralógicos entre os períodos de coleta, sugerindo que a fonte é a mesma, e que o tempo curto, não é capaz de desenvolver minerais secundários distintos. Vale ressaltar que os dados de corrente apontado por Mota (2013) revelam que a maior hidrodinâmica é no canal do Limão, e a menor no Andiroba ambos em período de vazante, o que pressupõe-se que a fonte de distribuição desses minerais venham da porção sul da baía do Marajó.

## **8. CONCLUSÃO**

A análise granulométrica realizada nos canais de maré da costa leste da Ilha do Marajó indicou que não é significativa a variação sazonal de curto prazo dos sedimentos superficiais de fundo, indicada pelos diagramas de Pejrup e de Shepard e cartas de distribuição granulométrica, com exceção da expressiva variação verificada apenas no canal de maré do Uruci.

Assim também como não foram verificadas variações mineralógicas. No entanto a assembleia mineralógica apresenta forte ligação com os sedimentos, solos e materiais lateríticos da área de drenagem e dos processos de retrabalhamento, mostrando que o arcabouço geológico regional.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Problemas geomorfológicos da Amazônia Brasileira. In: LENT, H. (ed.). SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA., 1967, Rio de Janeiro. *Atas...* Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Pesquisas, 1967. v.1 (Geociências).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/portalsnrh/Principal/tabid/36/Default.aspx>>. Acesso em: 20 de novembro de 2012.

ANTHONY, E. J. Sediment dynamics and morphological stability of estuarine mangrove swamps. in Sherbro Bay, West Africa. *Marine Geology* 208, p. 207– 224. 2004.

ARAÚJO, L. C. L. *Análise e interpretação morfológica a partir de seções sísmicas rasas na porção central da Baía de Marajó-PA*. 2011. 87f. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia da Universidade Federal do Pará/UFGPA Centro de Geociências, 2011.

AKAMATSU, Y.; IKEDA, S.; TODAC, Y. Transport of nutrients and organic matter in a mangrove swamp estuarine. *Coastal and Shelf Science*, 82. 2009.

BARBOSA, G. V.; RENNO, C. V.; FRANCO, E. M. S. *Geomorfologia da folha SB – 22- Belém*. Projeto RADAM, Rio de Janeiro, DNPM, 1974. v.5.

BATISTA, A. J. F., 2013 – *Construção de mapas de distribuição granulométrica e batimetria do canal do Quiriri, baía de Marajó e rio Pará-PA*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. Faculdade de Oceanografia. Belém.

BERRÊDO, J. F., COSTA, M. L. DA, VILHENA, M. DO P. S. P. & SANTOS, J. T. DOS.- 2008 - Mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais da costa amazônica: o exemplo do estuário do rio Marapanim (*Pará*). *Revista Brasileira de Geociências* 38(1): 24-35.

CALAZANS, D. K. *Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático*. Pelotas, RS: Textos, 2011. 461p.

CORRÊA, I. C. S. Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da Baía de Marajó-PA. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre-RS, v.32, n.2, p. 109 – 118. 2005.

DEFANT, A. *Physical oceanography*,. Nova York. Pergamon Press, 1961. 598 p. v. 2.

Dias, J. A. A análise sedimentar e o conhecimento dos sedimentos marinhos. Universidade de Algarve – Faro. 2004

DYER, K. R. *Estuaries, a Physical Introduction*, second Ed. Wiley Chichester, 195 pp. 1997

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, São Paulo. Sessões Técnicas. São Paulo: SBG, v. 2, p. 79-80. 1992.

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: \_\_\_\_\_. Título. Local: Ministério do Meio Ambiente, 2006. Capítulo: Pará. Ministério do Meio Ambiente. 2005

FERREIRA, G. P. Circulação em canais de maré na Ilha de Marajó/PA. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2010.

FRANÇA, C. F. 2003 - Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da ilha de Marajó (PA). Tese de Doutorado apresentada a Pós Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará/UFPA.

FRANÇA, C. F. & SOUZA FILHO, P. W. M. - Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem LANDSAT. *Revista Brasileira de Geociências*. 2003.

França, C. F. & Souza Filho, P. W. M. 2006 - *Compartimentação morfológica da margem leste da ilha do Marajó: Zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra – Estado do Pará*. *Revista Brasileira de Geomorfologia* - Ano 7, nº 1.

GÓES, A.M., ROSSETTI D.F., NOGUEIRA A.C.R., TOLEDO P.M. 1990 - Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Estado do Pará. *Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi, Serie Ciênc. Terra*, 2:3-15

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: todo ano de 2011 e 2012.

JORGE, J. A. Eficácia de métodos de oxidação de matéria orgânica do solo para análise granulométrica. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas/SP, p 118 – 121. 1980

KRETZ, R. *Symbols of rock-forming minerals*. *American Mineralogist*, 68, 277–279. 1983

KRUMBEIN, W. C. Size frequency distribution of sediments and the normal “phi” curve. *J. Sed. Petrol.* 8: 84-90. 1938

LARA, R. J.; DITTMAR, T., Nutrients dynamics in a mangrove creek (North Brazil) during the dry season. *Mangroves and Salt Marshes*, v. 3 p. 185-195.] 1999

MAZDA. Y.; KANAZAWA, N.; WOLANSKI, E., Tidal asymmetry in mangrove creeks. *Hydrology* 295 pp. 1995

MIRANDA. M. C. C. 2010. Sedimentologia, isótopos estáveis e palinologia de depósitos quaternários do leste da ilha do Marajó, *Estado do Pará*. Tese de

doutorado do programa de pós-graduação em geoquímica e geotectônica, Universidade de São Paulo/USP.

MOTA, F. C. 2013 - *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

NASCIMENTO, I. B. A. 2010. *Batimetria e aspectos morfodinâmicos de canais de maré da costa leste da ilha do Marajó (Pará)*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia da Universidade Federal do Pará/UFPA Centro de Geociências.

NASCIMENTO, I. B. A. 2013 - *aplicação de modelo hidrodinâmico 2dh em canais de maré da costa leste da Ilha do Marajó – Pará*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental (Ecologia de Ecossistemas Costeiros e Estuarinos), da Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança.

PEJRUP, M.. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. *Inst. Of Geog, Oster Voldgade 10, 1350 Copenhagen K Denmark* 1988

PERILLO, G. M. E., *Tidal Courses: Classification, Origin and Functionality. Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach*. Elsevier,. ISBN: 978-0-444-53103-22009

PETRI S. Foraminíferos miocênicos da Formação Pirabas. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letras USP, Geol.*, 216:1-79. 1957

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

REINECK, H-E. & SINGH, I.B. Depositional Sedimentary Environments. 2. ed. New York, *Springer-Verlag*. 1980

RIETVELD, H. M. Line profiles of neutron powder-diffraction peaks for structure refinement. *Acta Crystallographica*, v. 22, p. 151-152. 1967

ROSSETTI D.F. Influence of low amplitude/high frequency relative sea-level changes in a wave-dominated estuary (Miocene), São Luís Basin, northern Brazil. *Sed.Geol.*, 133:295-324, 2000

ROSSETTI, D. F., The role of tectonics on the preservation of estuarine valleys in areas with low accommodation rates: examples from Upper Cretaceous and Miocene Successions in Northern Brazil. In: R. W. Dalrymple, D. A. Leckie, R.W. Tillman (editores), *Incised Valley in Time and Space, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication n. 85*, p.199-218, 2006

ROSSETTI D.F. & GÓES A.M.. GEOLOGIA. IN D.F. ROSSETTI & A.M. GÓES (eds.) *O Neógeno da Amazônia Oriental*. Belém, *Museu Paraense Emílio Goeldi*, p. 13-52, 2004

SHEPARD, F. P. - Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1954

SILVA, M. S. 1996 - *Morfoestratigrafia e evolução holocênica da Planície Costeira de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará*. Dissertação de Mestrado do programa de pós-graduação de geologia e geoquímica. Universidade Federal do Pará/UFPA Centro de Geociências.

SILVA, C.A.R., SAMPAIO, L.S.,. Speciation of phosphorus in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. *Mangroves and Salt Marshes* 02 (01), 59–62, 1998

SOUZA FILHO, P. W. M. 1995 - *A planície costeira bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno*. Dissertação de Mestrado do programa de pós-graduação de geologia e geoquímica. Universidade Federal do Pará/UFPA Centro de Geociências.

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

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: *Edgard Blücher Ltda*, 310pp, 1973

SUGUIO, K. Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol. *T. A. Queiroz*, São Paulo/SP, 1992

SUGUIO, K. Dicionário de geologia sedimentar e áreas fins. *Bertrand Brasil*, Rio de Janeiro/RJ. 1998

THORNTON, C.W. - Na approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55-94,. 1948

UDDEN, J. A. The mechanical composition of clast sediments. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1914

VIEIRA, S. R. DE S., MENDES, A. C., ALVES, M. A. M DA S., BRAGA, F. DE P., 2004 - Potenciais Impactos Ambientais do Transporte de Petróleo e Derivados na Zona Costeira Amazônica (PIATAM mar): *Fase II - PROTOCOLO METODOLÓGICO – Sedimentologia*

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

WENTWORTH, C. K.. A scale grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30:377-392. 1922

WHITNEY, D. L. AND. EVANS B.W. - Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, Volume 95, pages 185–187, 2010