



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS

**CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAR DO
ESTUÁRIO FURO DO MURIÁ, CURUÇÁ-PA**

ROSA MARIA DA LUZ MENDES

BELÉM
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS

ROSA MARIA DA LUZ MENDES

**CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAR DO
ESTUÁRIO FURO DO MURIÁ, CURUÇÁ-PA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria de Lourdes Souza Santos.

BELÉM
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS

**CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA E SEDIMENTAR DO
ESTUÁRIO FURO DO MURIÁ, CURUÇÁ-PA**

ROSA MARIA DA LUZ MENDES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Aprovado em: 10/03/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a Maria de Lourdes Souza Santos- Orientadora
Universidade Federal Rural de Amazônia – ISARH/UFRA

Prof. Dr. Maamar El Robrini- Membro Externo
Universidade Federal do Pará – UFPA

Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta- Membro Interno
Universidade Federal Rural de Amazônia – ISARH/UFRA

Prof. Dr. Raimundo Aderson Lobão- Membro Interno
Universidade Federal Rural de Amazônia – ISARH/UFRA

Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo- Suplente
Universidade Federal Rural de Amazônia – ISARH/UFRA

Dedicatória

*Para minha amada Mãe,
Maria Raimunda Mendes
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço em especial a DEUS, por ter me auxiliado nos momentos de dúvida e me dado força e determinação para alcançar meus objetivos.

Em Especial a minha amada Mãe, Maria Raimunda Mendes pelo carinho, paciência e os conselhos dados ao longo da minha vida e por acreditar no meu sucesso.

Ao meu namorado Ewerton Monteiro por acreditar em mim e sempre me apoiar em todos os momentos;

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais por tido oportunidade e capacitação e a CAPES pelo apoio financeiro durante todo o período de desenvolvimento da pesquisa.

A SUDAM pela oportunidade de realizar a pesquisa assim como o projeto Camurim e a base Cetemar-UFRA em Curuçá pelo apoio logístico. Ao seu Cláudio e a Dona Ruth por nos acolher e acompanhar nos períodos de coleta.

A minha orientadora, Prof^a. Dra. Maria de Lourdes Souza Santos pela oportunidade, orientação, paciência, dedicação e todo apoio logístico no Laboratório de Química Ambiental (LQA-UFRA).

Ao Professor Dr. Maamar El Robrini por suas contribuições a esta pesquisa assim como ao Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC-UFPA) pela parceria e apoio nas análises.

Ao Professor Msc. Marcelo Moreno e ao Laboratório de Geologia de Ambientes Aquáticos (LGAA-UFRA) pela troca de informações e a confecção dos mapas deste trabalho.

Aos meus colegas do Laboratório de Química ambiental da UFRA pela ajuda e apoio durante todo o trabalho, meus agradecimentos: Pedro Henrique, Andrew, Raquel, Francianne e em especial a Ana Carolina pela amizade conquistada neste período, carinho, respeito e consideração.

A toda minha família e aos amigos por me apoiarem e acreditarem nos meus objetivos profissionais;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que fosse possível a realização deste trabalho.

“Pedras no caminho? Eu guardo todas. Um dia vou construir um castelo”.

Resumo

A região amazônica apresentam elementos hidrográficos próprios em que um “furo” se caracteriza como um canal que conecta rios. O furo do Muriá é dominado por um regime de macromaré considerado extremamente dinâmico. Nisso, o estudo de parâmetros abióticos e dos sedimentos são compartimentos de grande importância para o sistema aquático, haja vista que estes refletem os processos que ocorrem na coluna d’água, atuando como uma ferramenta importante para avaliar a integridade dos ecossistemas aquáticos. Nesse contexto, o presente estudo tem como propósito contribuir para o conhecimento científico local, através da caracterização do furo do Muriá por meio da determinação de parâmetros oceanográficos abióticos e análise sedimentológica dos sedimentos superficiais além de uma avaliação estatística na distribuição das variáveis na área de estudada. As amostras de sedimento foram coletadas na zona intertidal de maré no furo do Muriá, trimestralmente (março, junho, setembro e dezembro) no ano de 2015 em 14 pontos, totalizando 56 amostras. Os resultados demonstraram que a morfologia do furo do Muriá se caracteriza por médias profundidades, sedimentos grossos e afloramentos rochosos e que a granulometria das amostras de sedimentos superficiais é composta predominantemente pelas frações silte e argila, porém com grande representatividade da fração areia. A hidrodinâmica da área é classificada como alta a muito alta, com atributos granulométricos do tipo silte arenoso. Para granulometria não houve variação sazonal, e os sedimentos são compostos pelas frações silte (19,98% a 76,86%) e argila (4,19% a 25,42%), porém com representatividade da fração areia (25,04% a 73,15%). Os teores de matéria orgânica (2,60% a 16,43%) são característicos de manguezal o que favorece a presença de organismos aquáticos e influenciam no carbonato (2,51% a 15%). O furo do Muriá é um ambiente dinâmico, controlado por hidrodinâmica estuarina e sua morfologia influencia na composição dos sedimentos.

Palavras-chave: sedimento, morfologia, estuário.

Abstract

The Amazon region presents hydrographic elements in which a "furo" is characterized as a channel that connects rivers. The furo of Muriá is dominated by an extremely dynamic macromaréado regime. In this, the study of abiotic parameters and sediments are comparatives of great importance for the aquatic system, since they reflect the processes that occur in a water column, acting as an important tool to evaluate the integrity of the aquatic ecosystems. In this context, the present study aims to contribute to the local scientific knowledge through the characterization in the furo of Muriá by determining the objective abiotic oceanographic and sedimentological analysis of the surface sediments in addition to a statistical evaluation in the distribution of variables in the area of study . As samples of sediments were collected in the intertidal zone of the tide in the furo of Muriá, quarterly (March, June, September and December) in 2015 in 14 points, totaling 56 samples. The results showed that the morphology of the wall is a feature that characterizes the medium depths, the coarse sediments and the rocky outcrops and that the granulometry of the superficial sediment samples is predominantly composed of silt and clay fractions, but with a great representativeness of the sand fraction. The hydrodynamics of the area is classified as high to very high, with granulometric attributes of the sandy silt type. (19.98% to 76.86%) and clay (4.19% to 25.42%), but with a representative sand fraction (25.04% to 73.15%). The organic matter contents (2.60% to 16.43%) are characteristic of mangroves and favor the presence of aquatic organisms and influence carbonate (2.51% to 15%). The furo of Muriá is a dynamic environment, controlled by hydrodynamics and its morphology influence sediment composition.

Keywords: Sediment, morphology, estuary.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1: Mapa de Localização dos pontos de coleta de sedimento.....	20
Figura 2: Levantamento Batimétrico no Furo do Muriá.....	25
Figura 3: Amostrador Pontual e material sedimentar coletado.	30

Capítulo 2

Figura 1 : Mapa de localização dos pontos de coleta no Furo do Muriá.	38
Figura 2: Precipitação pluviométrica no município de Curuçá média histórica de 1982 a 2015. Fonte: Agencia Nacional de Água – ANA, 2015.	39
Figura 3: Mapa de localização dos dados batimétricos, marés, correntes e vazão.....	40
Figura 4: Imagem, Mapa Batimétrico e Modelo Digital de Terreno do furo do Muriá.....	42
Figura 5: a) Diagrama de Pejrup para o período chuvoso e seco; b) Diagrama de Shepard (1954), quanto à classificação sedimentar das amostras analisadas.	45
Figura 6: Escores das componentes principais dos dados sedimentares no período chuvoso e seco no furo do Muriá.....	50

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1: Descrição dos pontos e coordenadas geográficas	28
--	----

Capítulo 2

Tabela 1: Vazão média no furo do Muriá.....	43
Tabela 2: Frações granulométricas nos períodos chuvoso e seco.	44
Tabela 3: Estatística descritiva das amostras de sedimento.	48
Tabela 4: Pesos e variância explicada pelas componentes principais dos dados de sedimento. Os valores mais significativos estão em negrito.....	49
Tabela 5: Matriz de correlação dos parâmetros sedimentares no período chuvoso.	50
Tabela 6: Matriz de correlação dos parâmetros sedimentares no período seco.....	51

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO GERAL	14
2.1. Objetivos Específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1. Estuários.....	15
3.1.1. Estuários dominados por maré	15
3.2. Manguezal.....	16
3.3. Sedimentos Estuarinos	17
3.4. Matéria orgânica	18
3.5. Carbonatos	18
4. Área de estudo.....	19
4.1. Condições Gerais	20
4.1.1. Clima	20
4.1.2. Ventos.....	21
4.1.3. Vegetação	21
4.1.4. Geologia	22
4.2. Condições Oceanográficas.....	22
4.2.1. Marés	22
4.2.2. Correntes de marés	23
5. METODOLOGIA	24
5.1. Parâmetros Abióticos	24
5.1.1. Levantamento Batimétrico	24
5.1.2. Marés	25
5.2. Sedimentos.....	27
4.3.1. Etapas de laboratório.....	30
4.3.2.2. Granulometria.....	30

4.3.2.3. Matéria Orgânica.....	31
4.3.2.4. Carbonato Biodetrítico	32
4.3.2.5. Análise estatística.....	32
CAPÍTULO 2	36
ANÁLISE HIDRODINÂMICA E MORFO-SEDIMENTAR DO FURO DO MURIÁ (AMAZÔNIA-BRASIL)	36
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
Área de estudo	37
Levantamento batimétrico	39
Marés, correntes e vazão	40
Coleta e análises de sedimentos	41
Análise estatística	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
Morfologia do canal do furo do Muriá	42
Marés, correntes e vazão	43
Sedimentos	44
CONCLUSÃO.....	52
AGRADECIMENTOS	53
REFERÊNCIAS	53

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Estuários são ambientes de transição entre os ambientes fluviais e marinhos, onde um ou mais rios encontram o mar, e as forças de ambos ambientes atuam controlando a dinâmica e a distribuição das propriedades químicas, biológicas e sedimentares. São áreas de deposição sedimentar, e sua morfologia, no geral, reflete às características das principais forças que nele atuam. Esses ambientes têm papel fundamental no ciclo sedimentar, atuando como uma das unidades espaciais mais importantes onde ocorrem as trocas primárias de material entre o continente e o oceano. São ainda, ambientes retentores de matéria orgânica (MO) quando associados às zonas de manguezais (JUNIOR et al. 2009).

Os ambientes costeiros amazônicos apresentam complexos processos hidrodinâmicos resultantes das correntes costeiras, dos ventos, da elevada precipitação e de uma enorme descarga de água, soluto e material particulado proveniente, principalmente, do rio Amazonas. Os estuários são de macromaré, considerados extremamente dinâmicos devido as marés, com uma imensa variabilidade morfológica e sedimentar (MIRANDA et al., 2002). Estudar a distribuição sedimentar dessas áreas, juntamente com a origem do material orgânico, possibilita a compreensão do processo de sedimentação atual e dos diferentes fatores que interferem no processo, tanto no tempo quanto no espaço (BARCELLOS, 2005).

A região amazônica possui elementos hidrográficos com denominações locais em que um “furo” se caracteriza como um canal que conecta lagos, um rio a um lago ou um rio a ele mesmo, sendo, nesse último caso, fora da planície aluvial (PIMENTEL et al., 2012). Neste contexto está inserido o Furo do Muriá, que localiza-se no município de Curuçá (PA) e que é um sistema fortemente influenciado por macromarés, em que ocorrem planícies costeiras e estuarinas.

O furo do Muriá localiza-se no estuário do Rio Curuçá, no município de Curuçá- Pa (Nordeste Paraense). Limita-se ao Norte com o oceano Atlântico, ao Sul com o município de Terra Alta, a Leste com o município de Marapanim e a Oeste com o município de São Caetano de Odivelas. Ao longo do furo do Muriá observa-se a presença de comunidades, que devido à falta de saneamento despejam diariamente resíduos domésticos sem tratamento prévio ao longo desse estuário. Além disso, as atividades econômicas predominantes estão relacionadas a pesca artesanal e comercial que com o fluxo diário de embarcações artesanais que podem causar degradação no ambiente pela presença dos combustíveis.

Os sedimentos são considerados de grande importância para o sistema aquático, haja vista que estes refletem os processos que ocorrem na coluna d'água (BARCELLOS et al., 2005). Além disso, os sedimentos possuem uma participação ativa nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes e de elementos traços, atuando na remobilização, retenção e na biodisponibilidade dos mesmos, nos processos de oxidação da matéria orgânica e nos processos de adsorção (BERBEL, 2008).

Dessa forma, o presente estudo objetiva caracterizar esse ambiente através da determinação de parâmetros oceanográficos abióticos (batimetria, maré, corrente e vazão) e análise do processo de sedimentação atual na zona intertidal por meio da granulometria, matéria orgânica e carbonatos para a modelagem e caracterização de um trecho do furo do Muriá.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a distribuição sazonal dos sedimentos superficiais e determinar os aspectos físicos e a morfometria do estuário do furo do Muriá (Curuçá-PA) com base em dados oceanográficos abióticos.

2.1. Objetivos Específicos

- Determinar a morfologia de fundo do furo do Muriá;
- Determinar a variação da maré;
- Descrever o comportamento das correntes superficiais e vazão;
- Distribuição textural dos sedimentos superficiais do Furo do Muriá através da granulometria;
- Determinar o teor de matéria orgânica e carbonato nos sedimentos do Furo do Muriá;
- Avaliar estatisticamente se houve similaridade ou correlações na distribuição das variáveis na área de estudada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Estuários

Segundo ROSSETTI (2008), os estuários representam um sistema flúvio-marinho em sua morfologia costeira, de forma alongada, até o contato com o continente na área de influência das marés, onde ocorrem planícies costeiras nos vales fluviais alimentados predominantemente por processos de carreamentos de sedimentos na sua deposição, através de fatores sedimentares, geomorfológicos e tectônicos.

Assim os estuários são ambientes onde há a influência do rio, do mar e uma área de mistura entre ambos. Além disso, esses ambientes podem se estender até o limite da pluma estuarina, marcada pela frente de baixa salinidade adjacente à costa. As plumas estuarinas são feições importantes no transporte de propriedades dos estuários para as áreas costeiras adjacentes, plataforma interna e externa. O estudo dos processos físicos envolvidos nas plumas é relevante para estudos de dispersão de óleos e poluentes estuário afora (ROMAN; BOICOURT, 1999; MARQUES et al., 2010).

Outro fator importante tanto na definição como no estudo de sistemas estuarinos é o tempo de residência, que representa a quantidade de tempo que uma determinada substância ou propriedade permanece dentro dos limites do estuário. O tempo de residência tem relação direta com a hidrodinâmica e morfologia dos estuários (SHEN; HAAS, 2004; YUAN et al, 2007).

Portanto, um estuário é definido como um ambiente que obrigatoriamente possui uma ligação com o oceano e existe em seu interior a influência da descarga fluvial e da maré na interação entre águas do rio e águas marinhas. A relação entre descarga fluvial e maré atua diretamente na distribuição de diferentes elementos existentes em um sistema estuarino.

3.1.1. Estuários dominados por maré

Os estuários dominados por marés exibem na maioria um formato de funil sendo formados em áreas de macromarés ou de mesomarés com fraca energia das ondas. A energia das correntes de maré predomina na entrada do estuário, edificando barreiras largas paralelas à direção das correntes, que bloqueiam a energia das ondas. A estratificação fluvial é pouco perceptível, mas onde se localizam as barras formadas por areias de granulometria de média a grossa, ocorrem estratificações oblíquas.

No local de intensa energia das correntes de maré formam-se corpos arenosos finos com laminações horizontais e, se o local é amplo, aparecem canais anastomosados. A parte central

do estuário mostra três Zonas distintas: um trecho sub-retilíneo inferior dominado por correntes de maré; uma Zona mediana (muito típica) com meandros submetidos à influência de marés e rio, com baixa energia, caracterizando-se pelo depósito de point-bars com granulação fina; e um trecho sub-retilíneo superior dominado pelo rio, onde o aporte sedimentar segue estuário abaixo.

3.2. Manguezal

Os manguezais da costa amazônica, distribuídos pelos estados do Amapá, Pará e Maranhão, ocupam uma área de 9.000 km². A Costa Atlântica do Salgado Paraense possui imensa região de florestas de manguezais, ecossistema esse de grande produção de biomassa e berçário natural para a reprodução de várias espécies. São extensas áreas lamosas que ocorrem de forma diferenciada na região, e apresentam-se como áreas densamente recobertas por vegetação características de manguezais, que chegam a ultrapassar 20 km de largura. Ocorrem na planície costeira, desde o nível médio de maré alta de sizígia, até as porções mais inferiores, que ficam sob a água, podem ser individualizados em: manguezais de supramaré, manguezais de intermaré e manguezais de inframaré (SOUZA FILHO, 1995).

Os manguezais desenvolvem-se junto à desembocadura dos rios, estuários e lagunas costeiras, até onde houver a influência de marés. Ocorre em regiões costeiras abrigadas e apresentam condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, além de ser considerado um importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989).

O manguezal é caracterizado pela associação de árvores e arbustos principalmente as espécies *Rizophora mangle*, *Avicennia sp.*, além de algumas gramíneas (*Spartina sp.*), todas plantas halófitas que se desenvolvem em planícies de marés protegidas margeando lagunas e estuários de regiões quentes úmidas (SUGUIO, 1998). A vegetação em geral é adaptada à flutuação de salinidade e caracterizada por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos e com baixos teores de oxigênio.

De acordo com Cintrón e Schaeffer (1983), os solos dos manguezais, por estarem em ambientes de baixa energia, apresentam predominância das frações mais finas (argila e silte), elevadas quantidades de matéria orgânica e sais solúveis em função do contato com o mar. Devido à decomposição da serapilheira e à saturação pela água são solos reduzidos, de cores

acinzentadas a preta com presença de sulfeto. Podem ter vários metros de profundidade sendo fracamente consolidados e semifluidos.

A inundações a que são frequentemente submetidos é responsável por importantes alterações físico-químicas nestes solos. Alterações estas que causam: a queda do potencial redox, o aumento dos valores de pH, mudanças drásticas no equilíbrio de minerais e na dinâmica de elementos como o ferro e o enxofre (MIOLA, 2013).

3.3. Sedimentos Estuarinos

A origem dos sedimentos que chegam ao estuário é variada, englobando desde a lixiviação da bacia de drenagem à plataforma continental, à atmosfera, erosão dentro do corpo estuarino e sedimentos oriundos de atividade biológica. Assim, a natureza das fácies sedimentares é controlada pela quantidade e qualidade dos sedimentos disponíveis, pela interação dos processos hidrodinâmicos e pela geomorfologia do fundo (MIRANDA et al., 2002).

O comportamento dos sedimentos estuarinos consiste num ciclo de processos básicos: erosão, transporte, deposição no estuário e posterior consolidação dos sedimentos. Estes processos dependem diretamente das características de circulação estuarina e das propriedades morfoquímicas das partículas (forma, tamanho, densidade e composição), havendo diferenças notáveis entre as respostas dos sedimentos coesivos (lamas) e não-coesivos (areias), conforme descrito em (BONETTI, 1995).

Estudos que visam identificar a morfologia e a distribuição sedimentar dos estuários são importantes para identificação de possíveis zonas de acúmulo de poluentes e sedimentos, além de contribuir para o conhecimento dos sistemas estuarinos e do seu comportamento quanto à distribuição das características sedimentares e físicas. Para tanto, a caracterização morfológica e sedimentar de fundo é uma ferramenta imprescindível que já vem sendo aplicadas com sucesso no estudo dos ambientes marinhos e costeiros (PAOLO; MAHIQUES, 2008).

Os sedimentos estuarinos são frequentemente classificados e distinguidos a partir dos parâmetros estatísticos, os quais são derivados das análises de tamanho de grãos (CORRÊA; ÁVILA, 2001).

3.4. Matéria orgânica

A MO presente em sedimentos é resultado da degradação química e biológica de resíduos animais e vegetais e da atividade de síntese de microorganismos. Pode ser chamada de húmus, substâncias húmicas e substâncias não-húmicas. As substâncias não-húmicas são de natureza definida, tais como aminoácidos, carboidratos, proteínas e ácidos inorgânicos; já as substâncias húmicas são quimicamente complexas, formando compostos heterogêneos (ROCHA et al., 2004).

As substâncias húmicas controlam, em grande parte, as propriedades físico-químicas de solos e sedimentos e, dependendo das condições do meio, possuem características oxirredutoras, influenciando na redução de espécies metálicas. Como agentes complexantes, influem no transporte, acúmulo, toxicidade, biodisponibilidade de espécies metálicas e nutrientes para plantas e microorganismos da micro e macrofauna. Interagem com compostos orgânicos antrópicos, como pesticidas e herbicidas, por adsorção, solubilização, hidrólise, processos microbiológicos e fotossensibilizantes (ROCHA et al., 2004).

A MO existente nos solos, sedimentos e águas naturais apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua, sob a ação de fatores biológicos, químicos e físicos (MANZATTO et al., 1990).

A determinação das concentrações de MO em sedimentos é muito usada para explicar o ciclo do carbono em costas e sistemas oceânicos (CANUEL; MARTENS, 1993). Em vista disso, existe um grande interesse em estudar esses sedimentos de modo a buscar e entender as fontes e a evolução da MO nestes ambientes. A estrutura dos sedimentos, os compostos orgânicos e os inorgânicos, assim como os restos de organismos preservados permitem interpretações sobre as condições do ambiente em estudo. Além disso, alguns compostos químicos presentes podem indicar a época da sedimentação e da formação da MO (WAKEHAN E CANUEL, 1990).

3.5. Carbonatos

O substrato estuarino é considerado um sumidouro de matéria orgânica e de nutrientes inorgânicos, governando a maioria dos processos físicos, químicos, geológicos e biológicos. Levin et al. (2001) sugerem que tal fato propicia a existência de uma diversidade de

organismos bentônicos que, ao viverem em associação íntima com o substrato, tornam-se fortemente dependentes das características físico-químicas do sedimento, tais como o tamanho médio dos grãos, a composição percentual de silte, areia e argila e a concentração de matéria orgânica, carbonatos e oxigênio dissolvido

Os teores de CaCO_3 encontrados em sedimentos são resultados da sua fixação por organismos vivos, animais e vegetais, sendo a maioria dos calcários de origem orgânica o efeitos do produto indireto da atividade de microorganismos. Nas águas rasas a produção de carbonato está associada aos seguintes representantes: carapaças, fragmentos esqueléticos, ossículos de vários organismos como os de foraminíferos, briozoários, algas, entre outros. Os principais elementos químicos dos carbonatos são a argonita e a calcita, utilizados nas carapaças e estruturas calcíticas (foraminíferos) ou aragoníticas (pterópodos). Com sua deposição, os detritos mais grossos sofrem abrasão, desarticulação e fragmentação por diversos processos sendo redistribuídos como cascalhos e areis biodetríticos nas margens continentais (BAPTISTA NETO et al., 2004).

Segundo Saliot (1994), a sedimentação de carbonatos é produzida por organismos marinhos e a precipitação deste sal é governada por fatores como: condições climáticas, temperatura, salinidade, intensidade fótica, comportamento do nível de mar relativo, da turbidez das águas, da natureza do substrato, do fluxo de nutrientes e do regime hidrodinâmico.

A composição dos sedimentos, em particular o seu conteúdo de carbonato, depende fortemente das condições climáticas nas quais foram depositados (Suess, 1956). Os fatores que afetam a taxa de acumulação de cada um desses componentes têm sido interpretados de diversas formas sendo estas taxas de acumulação uma das principais formas de estabelecer uma cronologia para o Pleistoceno tardio. São três os fatores que governam o conteúdo de carbonato em sedimentos marinhos: 1) diluição por material não-carbonático; 2) variações na produtividade planctônica de organismos calcários; e 3) dissolução das testas calcárias durante ou após a deposição (Damuth, 1975; Volat et al., 1980; Huang et al., 1999).

4. Área de estudo

O furo do Muriá localiza-se na planície costeira, nas proximidades da comunidade Beira Mar, município de Curuçá (nordeste paraense) e limita-se ao norte com o oceano Atlântico, ao sul com o município de Terra Alta, a leste com o município de Marapanim e a oeste com o município de São Caetano de Odivelas (PARÁ, 2014). O acesso terrestre é feito partindo-se

de Belém através da rodovia PA-136 até a sede do município de Curuçá para deslocamento até a comunidade Beira Mar. O acesso pode ser feito por veículo, por uma estrada vicinal não pavimentada. A comunidade localiza-se a 8 km de distância da cidade Curuçá, localizada às margens do furo do Muriá (Figura 1).

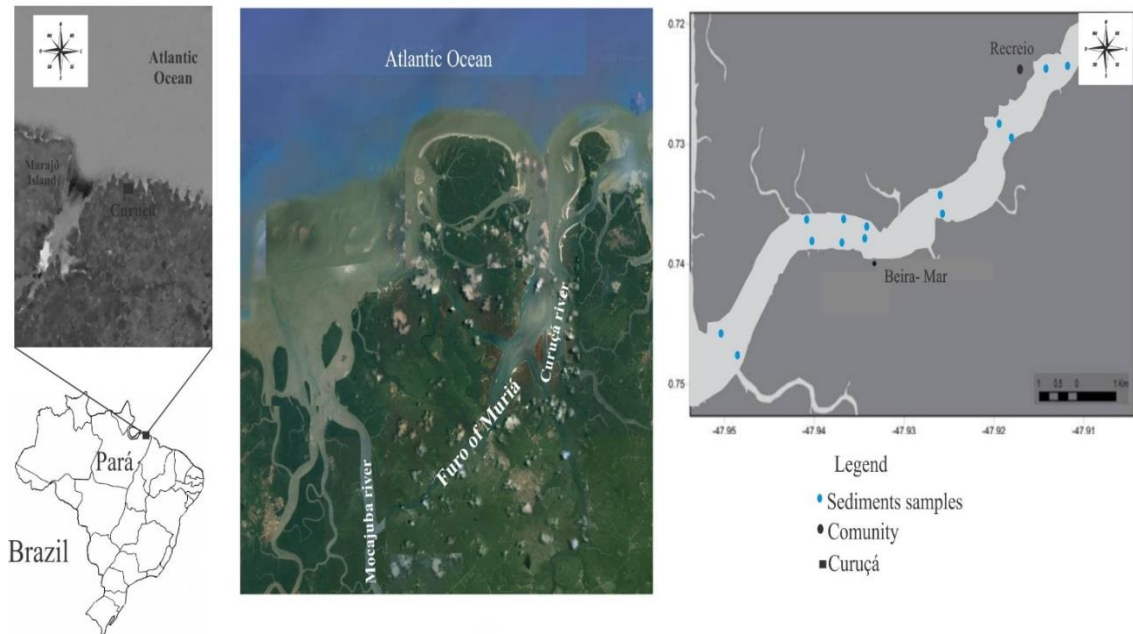


Figura 1: Mapa de Localização dos pontos de coleta de sedimento.

Ao longo do furo do Muriá observam-se a presença de comunidades cuja as atividades econômicas predominantes estão relacionadas a pesca artesanal e comercial, ao turismo e ao comércio (bares, restaurantes, pousadas, porto, igreja, etc), predominando construções de alvenaria. Entre as atividades extrativas, destaca-se a extração animal do tipo pesca, além do beneficiamento deste pescado e da seca do grude. Os principais focos de poluição encontrados nessa área são efluentes domésticos, resíduos sólidos e a emissão gasosa ou particulada na atmosfera através dos motores dos barcos. Os tipos de degradação mais frequentes do solo e subsolo ocorre através do aterro de mangues, e o hídrico, através do despejo de óleo nos rios, sendo que as principais causas dessa degradação se dão pela ocupação residencial, ocupação comercial, ocupação portuária, balneários e através da instalação de rede viária e de esgoto.

4.1. Condições Gerais

4.1.1. Clima

A precipitação pluviométrica anual compreende valores em torno de 2.604 mm. Apresenta um regime de precipitação caracterizado pela divisão nítida do ano, sendo um período

chuvoso com chuvas abundantes de janeiro até junho, abrangendo em torno de 1.916 mm e outro mais seco entre os meses de julho a dezembro. A temperatura média anual está em torno de 26,9°C e, ao longo do ano, varia de 25,4 a 26,7 °C. A temperatura média das máximas varia de 30,4 a 33,2 °C e a temperatura média máxima anual é de 31,7 °C. A temperatura média das mínimas anual varia em torno de 22,1 °C a 25,2 °C e variando, no ano, de 21,6 a 22,5 °C. A maior amplitude térmica média ocorre no mês de novembro, atingindo 12,4°C e a menor amplitude térmica média foi de 8,2°C, ocorrendo nos meses de fevereiro e março (RODRIGUES et al., 2003).

4.1.2. Ventos

Os principais ventos que atingem a Costa Atlântica do Salgado Paraense são os ventos alísios, que possuem direção preferencial NE, com variações para N e E. Estes ventos sopram ao nível do solo, sendo originados por dois anticiclones subtropicais: o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e o Anticiclone Tropical Atlântico Norte (ATAN). O encontro, na linha do Equador, dos ventos alísios gerados por estes anticiclones, resulta na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que corresponde a uma área de extensão variável, com fracas pressões e poucos contrastes, ventos fracos e de direções variáveis (SANTOS, 1996).

Os ventos exercem um papel importante na dinâmica de ambientes costeiros, como, por exemplo, na formação de ondas, que, ao atingirem a costa, retrabalham, erodem e/ou misturam os sedimentos depositados nas zonas de intermaré. São responsáveis, também, pelo processo de transporte litorâneo dos sedimentos nas diversas zonas das praias (SILVA, 1996).

4.1.3. Vegetação

A vegetação de mangue ocupa toda a planície costeira, penetrando em direção ao continente ao longo dos canais estuarinos. Esta vegetação instala-se nas águas sob influência de águas salinas e salobras, sendo constituídas, somente por comunidades típicas. Os gêneros dominantes são *Rhizophora* L., *Avicenia* L. e *Lagunculária* L. A *Rhizophora* L., é conhecida popularmente, como mangue vermelho ou mangal. É dominante na área de estudo e facilmente reconhecida pela ramificação peculiar das raízes de sustentação, arqueadas e subaéreas, o que permite às árvores, fixarem-se em ambientes constituídos por sedimentos lamosos ou encharcados (GIARRIZZO; KRUMME, 2007).

4.1.4. Geologia

No nordeste do Estado do Pará, ocorrem unidades do Pré-Cambriano, Eo-Paleozóico e Cenozóico (ARAI et al., 1988; ROSSETTI,1990; COSTA et al., 1991). O Pré-Cambriano agrupa rochas do Complexo Maracaçumé, Formações Santa Luzia, Tromaí, Gurupi, Viseu e Igarapé de Areia e Granito Cantão, seguindo-se a Formação Piriá posicionada no Eo-Paleozóico. O Cenozóico é representado pela Formação Pirabas (Oligo-Mioceno), Grupo Barreiras (Mio-Plioceno) e Sedimentos Pós-Barreiras (Plio-Holoceno).

A geologia da região mostra a presença de sedimentos terciários da Formação Barreiras, sedimentos quaternários atuais e subatuais, rochas graníticas de idades Pré-Cambrianas, largamente utilizadas como matéria-prima para a construção civil, rochas carbonáticas da Formação Pirabas de idade Cretácea/Terciária, utilizadas largamente na fabricação de cimento, assim como rochas da Formação Gurupi, constituídas por rochas metassedimentares e metavulcânicas, cortadas por veios de quartzo, alguns deles auríferos. A morfologia geral corresponde à unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixado da Amazônia na Zona Bragantina, constituído pelas áreas tabulares (Formação Barreiras), áreas levemente colinosas (cristalino) e área de planícies flúvio-marinhas, onde se destacam as ilhas de praias, planícies arenosas e manguezais.

4.2. Condições Oceanográficas

4.2.1. Marés

São os movimentos periódicos de elevação e abaixamento da superfície dos oceanos, mares, rios e lagos. Este fenômeno é provocado pela atração gravitacional simultânea entre Sol, Lua e massas d'água na terra. Pelo fato de ser mais próxima da Terra a Lua lhe causa maior influência. Nos períodos em que o Sol e a Lua estão em conjunção, nas fases de Lua Nova e de Lua Cheia ocorre uma somatória de forças desses astros, fazendo, assim, que ocorram as grandes marés, chamadas de marés de sizígia ou marés de águas vivas, fazendo com que as águas possuam maiores amplitudes e velocidades de correntes (MARTINS, 2005).

As classificações de maré são caracterizadas pelo período lunar, solar e lunar elíptica. No Atlântico Equatorial, as marés semidiurnas são predominantes. Caracterizadas por preamares (PM) e baixamares (BM), o padrão normal de marés é a ocorrência de duas PM e duas BM no período de um dia lunar (24h50m). A maré semidiurna, então, apresenta duas PM e duas BM no período de um dia lunar, sendo o intervalo de tempo entre uma PM e uma BM consecutiva de aproximadamente 6 horas. As maiores amplitudes coincidem em regra geral, com as datas

das posições de Lua Cheia e de Lua Nova (maré de Sizígia), entretanto, as menores amplitudes coincidem com aquelas de Quarto Minguante e Crescente (maré de Quadratura) (MARTINS, 2005).

Na Zona Costeira a amplitude de maré causa profundas modificações no processo de sedimentação do litoral, seja na acumulação ou erosão da mesma (BORBA, 1999).

As marés são divididas em 4 classes distintas de acordo com a amplitude das marés de sizígia (NOERNBERG, 2001):

- **Micromaré:** de 0 a 2 m;
- **Mesomaré:** de 2 a 4 m;
- **Macromaré:** de 4 a 6 m;
- **Megamaré:** acima de 6 m.

A região norte é caracterizada por um regime de marés bastante dinâmico, onde suas amplitudes a configuram como um regime de meso-macromarés. Suas características de dois ciclos diários as classificam como marés semidiurnas. O regime de macromaré semidiurnas é o principal elemento hidrodinâmico da região norte (DHN, 2011).

Segundo MARTINS (2005), a dinâmica atual da região costeira Norte Brasileira é representada pelas ações incisivas da descarga fluvial e das correntes de maré, que geram uma morfologia tipicamente estuarina, com planícies de maré e manguezais associados.

4.2.2. Correntes de marés

As principais correntes que atuam no litoral paraense são as correntes de maré e, secundariamente, as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa, que são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental para o litoral.

As correntes de maré dependem do tipo e da amplitude de maré, tendendo a serem mais fortes em maré semidiurnas e de grande amplitude (DAVIES, 1977 apud SOUZA FILHO, 1995). Em ambientes de macromaré, as marés induzem correntes que podem ter um efeito morfológico, marcados por fundos irregulares na plataforma aberta, onde correntes retilíneas de grande escala podem gerar grandes bancos arenosos (*tidal current ridges*).

Segundo El-Robrini et al. (1992), essas correntes exercem uma forte influência no transporte dos sedimentos nas faixas litorâneas, formando os bancos arenosos perpendiculares à linha de costa de Estado do Pará. Nesta região, atingem velocidades máximas de 2,1 nós (6

horas antes da preamar nas marés de sizígia), e mínimas de 1,9 nós (4 horas depois da preamar nas marés de quadratura) em Salinópolis, com direções E-NW e NE (DHN, 1962).

Quase sempre acompanhada por correntes horizontais, resultado da influencia das forças astronômicas, a maré oceânica ao aproximar-se da costa brasileira, sofre influência da pouca profundidade do fundo marinho e, ao penetrar nas baías e estuários, aumenta sua amplitude (FRANCO, 1978 apud PINHEIRO, 1987).

As correntes de maré atuam durante todo o ano, e, predominam na circulação da plataforma continental, até próximo o litoral, onde, existem as correntes de maré reversas, as quais agem perpendicularmente à costa, com velocidades máximas, superiores a 1,5 nós. Para NW, predominam as correntes residuais ou permanentes, as quais são formadas principalmente pelas correntes de deriva litorânea. A densa drenagem contribui para concentração de energia perpendicular à costa, embora não afete significativamente a circulação oceânica (ZEMBRUSCKI et al., 1971; PALMA, 1984).

As correntes atuantes no nordeste do Pará são aquelas induzidas pela maré, as quais são produzidas pelo movimento vertical, gerados pelo aumento e a diminuição da altura de maré. Os maiores valores de velocidade de corrente de maré são registrados durante as marés de sizígia, quando atingem 2,8 nós (1,43 m/s) e nas marés de quadratura a velocidade máxima é de 1,48 nós e a mínima de 1,16 nós (DHN, 1994).

Essas correntes condicionam o transporte de sedimentos no litoral e são responsáveis pela formação de bancos arenosos perpendiculares a linha de costa que são comuns na área (EL-ROBRINI et al., 1992).

5. METODOLOGIA

5.1. Parâmetros Abióticos

5.1.1. Levantamento Batimétrico

Os dados de batimetria consistem de duas variáveis: posição e profundidade. Nesse sentido são utilizadas embarcações equipadas com receptores GPS, que medem a posição geográfica (latitude/longitude ou UTM), e os ecobatímetros, que medem a profundidade. Em sondagens com ecobatímetros adotam-se linhas de sondagem paralelas, sendo perpendiculares às isóbatas e ao talvegue, garantindo desta forma o correto delineamento das feições de fundo.

Em virtude da escassez de dados batimétricos, neste trabalho foram realizados levantamentos batimétricos de semi-detelhe, durante a maré cheia, através de linhas transversais e longitudinais, em três seções selecionadas que apresentassem melhores

condições de largura e profundidade. Essas seções foram utilizadas para definir as características do canal e para a geração de perfis e mapas batimétricos, sendo que a seção 1 está mais próxima ao rio Curuçá, a seção 2 na parte central do furo e a seção 3 mais próxima ao rio Mocajuba (Figura 2).

Os levantamentos batimétricos foram realizados empregando-se uma Ecossonda Humminbird Piranha Max 180 Plotter/Sonar, com 800 watts de potência e frequência de transmissão de som de 200kHz, capaz de atingir profundidades de até 200m.

As informações de pontos de coletas e dados de profundidade foram armazenadas através de conexão com um notebook. O sensor do ecobatímetro foi instalado a 0,5m abaixo do calado do barco e um GPS preso na parte superior. Além disso, os dados batimétricos foram corrigidos pelos dados de maré do dia de coleta. Para a medição de dados batimétricos no estuário do furo do Muriá, foram obtidas 50 linhas transversais perfazendo um total de 999 pontos de profundidade, adquiridos ao longo de um trecho linear. O espaço dado entre as linhas foi de 300 metros nos trechos mais largos, 200 metros nos trechos com largura média e 100 metros nos trechos mais estreitos.

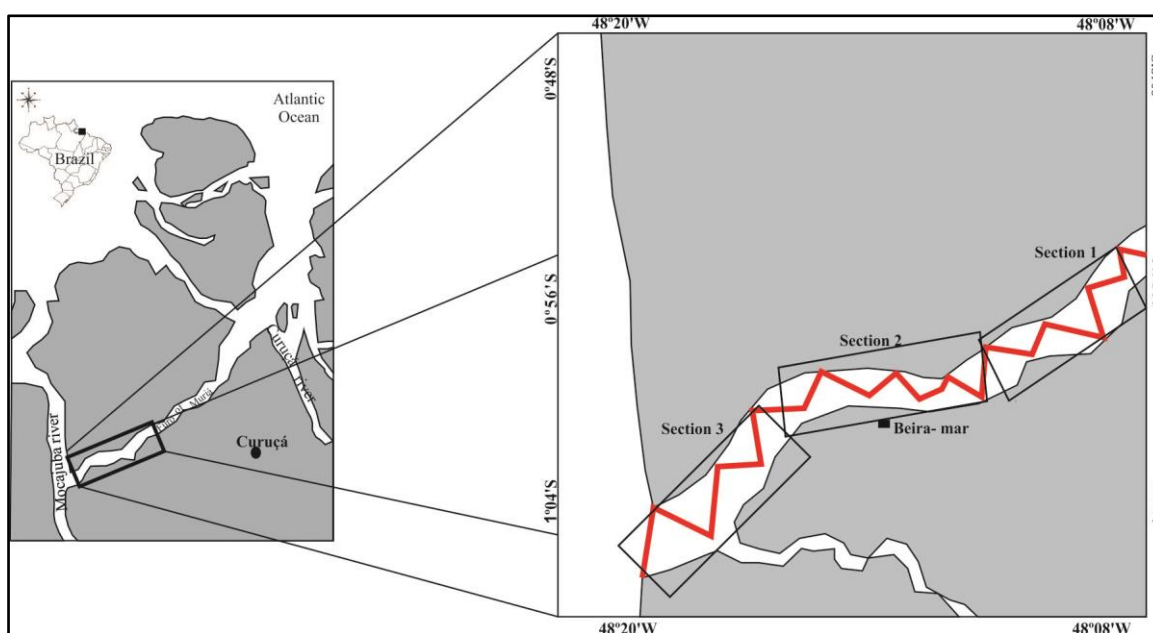


Figura 2: Levantamento Batimétrico no Furo do Muriá.

5.1.2. Marés

A coleta dos dados de maré se realizou em um ponto fixo estratégico no trapiche localizado na Vila Beira Mar em abril de 2014. Para conhecimento dos horários, tipos e

amplitudes de marés foram utilizados a base de dados da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DNH) da Marinha do Brasil para a Ilha dos Guarás.

O monitoramento semi-detalhado da amplitude de maré foi realizado com o auxílio de uma régua graduada de metal de 5m de comprimento, instalada com o auxílio de cordas devido a forte influência das correntes de marés. Nesse local ocorreram as medições de altura de maré em intervalos de 15 minutos, durante um ciclo de maré de 24 horas. Após o período de campo, os dados foram digitalizados e transformados em planilhas para a construção das curvas de maré e posteriormente utilizados para a correção dos dados batimétricos.

5.1.3. Correntes de maré e Vazão

Os dados para verificação do comportamento das correntes de maré foram obtidos através de medições das correntes em 3 pontos localizados as proximidades do trapiche em que se realizou o monitoramento da maré, em um intervalo de 30 minutos durante um ciclo de maré de doze horas com o auxílio de um Molinete Fluviométrico que colocado em uma determinada profundidade registra a velocidade do ponto de coleta a cada cinco segundos com um total de cinco medições.

O molinete fluviométrico é constituído por uma hélice presa a uma haste e um "contagiros", que mede a velocidade da água que passa pela hélice. Sua função ao ser posicionado em determinada profundidade, é determina a velocidade do ponto com coleta de dados a cada 5 segundos em um intervalo de 1 minuto. Posteriormente estes dados foram digitados e transformados em planilha, para se calcular matematicamente a velocidade média das correntes através da equação:

$$V = -k_1 + k_2 * N$$

Onde: **V** = Velocidade da corrente; **K1** = 0,01203489; **K2** = 0,29051199; **N** = Número de rotações por segundo.

A vazão é o volume de água que passa por uma determinada seção de um rio dividido por um intervalo de tempo. Desse modo, se o volume é fornecido em litros, e o tempo é medido em segundos, a vazão pode ser calculada em unidades de litros por segundo ($l.s^{-1}$) (ALVES, 2007). Porém, para a vazão de rios geralmente se usa a unidade da vazão em metros cúbicos por segundo ($m^3.s^{-1}$), sendo que $1m^3.s^{-1}$ corresponde a $1000 l.s^{-1}$ (COLLISCHONN; TASSI, 2011). O calculo da vazão será feito pelo produto da velocidade média com a área de escoamento, ou seja:







$$Q = A \cdot V$$









Onde: **Q** = Vazão; **A** = Área da seção transversal do rio (largura x profundidade); **V** = Velocidade da corrente.

5.2.Sedimentos

As coletas de sedimento foram realizadas em quatorze pontos distintos no Furo do Muriá, durante os períodos de março, junho, setembro e dezembro de 2015, em maré baixa, totalizando um total de cinquenta e seis amostras ao final do trabalho. Para obtenção das coordenadas geográficas (Tabela 1) os pontos amostrados foram demarcados por meio de GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global).

Tabela 1: Descrição dos pontos de coleta de sedimentos e coordenadas geográficas no furo do Muriá.

<p>Ponto 1</p> 	<p>Coordenadas: 0°43'24,4"S ; 47°54'40,8"W</p> <p>"Margem não degradado, próximo a um "curral" para peixes e do Rio Curuçá".</p>	<p>Ponto 2</p> 	<p>Coordenadas: 0°43'25,3"S; 47°54'50,9"</p> <p>"Margem não degradado próximo a um curral para peixes e do Rio Curuçá".</p>
<p>Ponto 3</p> 	<p>Coordenadas: 0°43'41,5"S; 47°55'10,3"W</p> <p>"Margem próxima a casas e com presença de embarcações"</p>	<p>Ponto 4</p> 	<p>Coordenadas: 0°43'45,6"S; 47°55'05,0"W</p> <p>"Margem não degradada"</p>
<p>Ponto 5</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'08,8"S; 47°55'32,3"W</p> <p>"Margem não degradada"</p>	<p>Ponto 6</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'02,9"S; 47°55'33,2"W</p> <p>"Margem não degradado" e próxima a um "curral" para peixes.</p>

<p>Ponto 7</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'16,5"S; 47°56'02,1"W</p> <p>"Margem não degradada"</p>	<p>Ponto 8</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'22,2"S; 47°56'04,3"W</p> <p>Margem com erosão, sem vegetação nativa e em frente a um trapiche.</p>
<p>Ponto 9</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'20,9"S, 47°56'12"W</p> <p>"Margem não degradada e com descarga de pequeno córrego"</p>	<p>Ponto 10</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'14"S; 47°56'11,7"W</p> <p>"Margem não degradada"</p>
<p>Ponto 11</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'14,1"S; 47°56'27"W</p> <p>"Margem não degradada e com descarga de pequeno braço de rio"</p>	<p>Ponto 12</p> 	<p>Coordenadas: 47°56'27"S; 0°44'21,2"W</p> <p>"Margem não degradada"</p>
<p>Ponto 13</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'51,2"S; 47°56'54,3"W</p> <p>"Margem não degradada e mais próximo ao Rio Mocajuba"</p>	<p>Ponto 14</p> 	<p>Coordenadas: 0°44'43,5"S; 47°56'59,8"W</p> <p>"Margem não degradada, próximo a um "curral" e do Rio Mocajuba"</p>

A metodologia para a coleta de sedimentos ocorreu de forma sistemática nos 14 pontos pré-definidos ao longo do furo do Muriá. Para isso, utilizou-se um amostrador pontual do tipo Ekman-Birge, que é um equipamento de manuseio simples, que possui diversos tamanhos, utilizado quando há o interesse em amostrar quantidades médias de material sedimentar. Seu sistema consiste de uma trava que mantém as conchas abertas, e que são liberadas quando se arremessa o emissário pelo cabo condutor, que destrava o equipamento no fundo, realizando a amostragem superficial do sedimento. Após a sua emergência a draga foi aberta em uma bandeja de plástico limpa, com o cuidado de não desestruturar o sedimento. Com o auxílio de uma pá plástica recolheu-se a camada superficial do sedimento que equivale à fração sedimentar oxidada que possui uma coloração mais clara em relação aos sedimentos mais profundos.

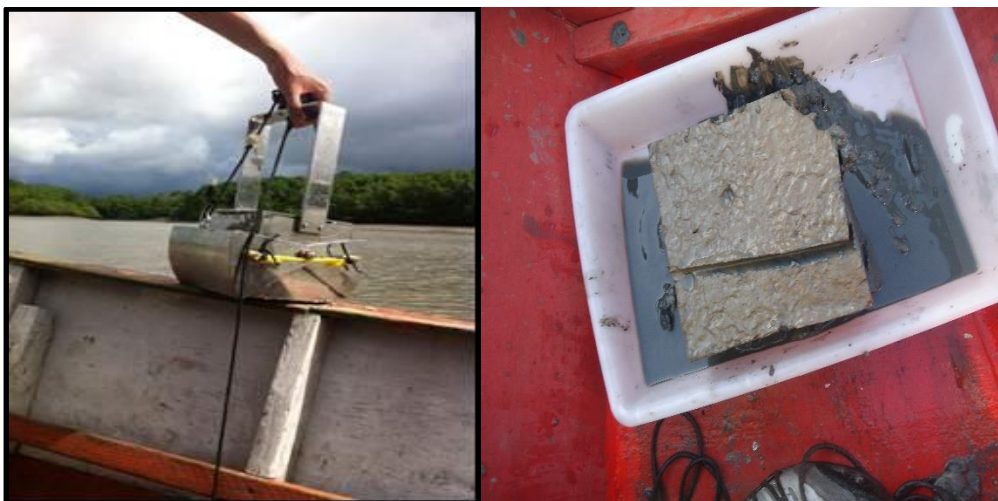


Figura 3: Amostrador Pontual e mostra de sedimento.

As amostras são acondicionadas em sacos plásticos e identificadas em campo de acordo com o ponto correspondente.

4.3.1. Etapas de laboratório

4.3.2.2. Granulometria

As análises granulométricas das amostras de sedimentos foram realizadas na Universidade Federal do Pará, no Laboratório do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC/UFPA), baseado no método descrito por Suguio (1973), em que os

sedimentos deverão estar livres de sais e umidade, para evitar qualquer tipo de agregação que possa modificar os resultados.

-Lavagem dos sedimentos

As amostras foram colocadas em beakers de vidro, devidamente identificadas, com a adição de água destilada para retirar o excesso de sal presente nos sedimentos. Mistura-se a amostra para dissolver todos os sais e espera a decantação. Após isso, retira-se a água com os sais através de sifonação. A sifonação deve ser feita com cuidado para evitar a perda do sedimento mais fino. Esse procedimento é realizado até que todo o sal da amostra tenha sido removido.

-Secagem e quarteamento

Após a remoção dos sais, as amostras foram secas em estufa a uma temperatura de 40°C para que se evitem modificações na estrutura dos argilominerais e o endurecimento excessivo do sedimento.

Em seguida, colocou-se o sedimento em um almofariz de porcelana e com o auxílio de um pistilo para desagregação da amostra e posterior quarteamento.

-Separação das frações areia, silte e argila

Depois de secas, foram retiradas 50g de cada amostra para peneiramento a úmido com auxílio de uma peneira de 63 µm, para separação da fração areia das frações mais finas (silte e argila). O material retido na peneira corresponde a fração areia que é levado a estufa para secagem, enquanto que a fração mais fina foi separada por centrifugação a 1000 rpm por 2 minutos. Nessa separação, a fração siltosa precipita, enquanto que a fração argilosa permanece em suspensão. O silte é separado e levado para secagem em estufa enquanto que a fração argilosa passa por uma nova centrifugação a 2000 rpm por 10 minutos para em seguida ser posta para secagem em estufa. Após esses procedimentos, as frações são pesadas para que se determine o percentual de cada fração na amostra.

4.3.2.3. Matéria Orgânica

A análise da matéria orgânica foi realizada no Laboratório do Grupo de Estudos Costeiros e Marinhos (GEMC/UFGA) As concentrações de Matéria orgânica foram obtidas por calcinação de acordo com a metodologia proposta por Kralik (1999). Para

isso, foram pesadas 1g de amostras de sedimento em cadinhos de porcelana e então levado a estufa a 100°C, por 24 horas, pesadas e depois levadas à mufla em cadinhos, calcinadas a 360°C por 2 horas. A diferença entre o peso final e o peso inicial constituiu a quantidade de matéria orgânica.

4.3.2.4. Carbonato Biodetrítico

A análise do carbonato biodetrítico foi realizado no Laboratório do Grupo de Estudos Costeiros e Marinhos (GEMC/UFPA) através do método proposto por Ingran (1971). Cerca de 10g de amostra de sedimento seco foram acidificados com ácido clorídrico diluído a 10% e então secos em estufa a 60°C. O conteúdo de CaCO_3 foi determinado pela diferença de massa antes e após a acidificação.

4.3.2.5. Análise estatística

Para analisar as variáveis utilizou-se uma descrição estatística (mínimo, máximo, média e desvio padrão) além de uma matriz de correlação para a obtenção dos coeficientes de correlação de Pearson (r). O valor de r varia de 1 a -1, com $r=0$ correspondendo a não associação. Quanto maior o valor de r (positivo ou negativo) mais forte é a associação entre as variáveis. Nesse estudo, valores de $r \geq 0,5$ ou $r \leq -0,5$ são considerados de correlações moderadas e acima desse valor correlações fortes. Também foi utilizada a análise de componentes principais (ACP), a fim de compreender melhor a estrutura dos dados, buscando-se através do conjunto de variáveis identificar as que mais contribuem para a variação dos dados.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, R. L. et al. Distribuição e características do fósforo sedimentar no sistema estuarino lagunar de Cananéia – Iguape, Estado de São Paulo, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*. Brasil, 19(1) 022-036, 2005.

BATISTA NETO *et al.*, 2004. *Introdução à geologia marinha* - Rio de Janeiro.

BERBEL, G. B. E. Estudo do fósforo sedimentar e de suas especiações químicas em dois sistemas costeiros e Plataforma Continental Sudeste (Brasil) e Baía do Almirantado (região antártica) considerando suas relações biogeoquímicas, 2008.

BORBA, A.L.S. Estudos Sedimentológicos, morfodinamicos e da vulnerabilidade de praias da Piedade, Candeia e Barra das Jangadas. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Geociências. 1999.

CANUEL, E. A.; MARTENS, C. S. Reactivity of recently deposited Organic Matter: Degradation of lipid compounds near the sediment-water interface. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 60 (10), 1793-1806, 1996.

CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Introduccion a la ecologia del manglar. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe, 109p. 1983. Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

CORRÊA, I.C.S. & ÁVILA, M.D. Sedimentação da desembocadura do canal sul do rio Amazonas. *Pesquisas em Geociências*, 28(2):13-24, 2001.

DAVIES, J.L. *Geographical Variation in Coastal Development*. 204 p. New York, Longman., 1972.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). 2011. Tábuas de Marés: Ilha dos Guarás-Setembro/2011. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/20533Set2011.html>.

EL-ROBRINI, M.; FARIA, L.E.C.; TORRES, M.S.; SOUZA, F.P.W.M.; SILVA, C.A., 1992. Deposição e assoreamento das rias do NE do Pará (Brasil). In: XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo. Brasil., 1992. p: 79-80.

GIARRIZZO, T.; U. KRUMME, 2007. Spatial differences and seasonal cyclicality in the intertidal fish fauna from four mangrove creeks in a salinity zone of the Curuçá Estuary, North Brazil. *Bulletin of Marine Science* 3(80): 739-754.

JÚNIOR, P.V.; BASTOS, A., C.; QUARESMA, V.S. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. *Revista Brasileira de Geofísica*, vol.27 n°.4 São Paulo Oct./Dec. 2009.

LEVIN, L. A., BOESCH, D. F., COVICH, A., DAHM, C., ERSÉUS, C., KATHERINE, C. E., KNEIB, R. T., MOLDENKE, A., PALMER, M. A., SNELGROVE, P., STRAYER, D. & WEALAWSKI, J. M., 2001- The functional of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems*, 4: 430-451.

MANZATTO, H. R. H. Dinâmica da matéria orgânica em solo glei pouco húmico cultivado com arroz inundado no vale do rio São João (RJ). Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) Universidade Federal Rural do RJ, 45-76, 1990.

MARQUES, W. C., FERNANDES, E. H. L., MORAES, B. C., MÖLLER, O. O. & MALCHEREK, A. The dynamics of the Patos lagoon coastal plume and its contribution to the deposition pattern of the southern Brazilian inner shelf. *J. Geophys. Res.*, 115 (2010), P. C10045, 2010.

MARQUES, W.C., FERNANDES, E. H. L. & MÖLLER, O.O. Straining and advection contributions to the mixing process of the Patos Lagoon coastal plume, Brazil. *Journal of Geophysical Research*, 115(C6), 1–23, 2010.

MARTINS, A.C.S. Marés e Ondas Oceânicas. 2005, 81f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

MIOLA, B. Caracterização geoquímica e mineralógica dos sedimentos do manguezal do estuário do rio Coreau, Ceará, Brasil. Dissertação de mestrado. PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS, 87p, Fortaleza, 2013.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M & KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. 1ªed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

NOERNBERG, M. A. 2001. Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil: um estudo a partir de dados in situ e Landsat-TM. Tese de doutorado em Geologia – Área de Concentração em Geologia Ambiental – Setor de Ciências da Terra/UFPR.

PALMA, J.J.C. Fisiografia do fundo oceânico. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Derze, B.R.; Asmus, H.E. (eds.). *Geologia do Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, p. 429-441., 1984.

PAOLO FS & MAHIQUES MM. Utilização de métodos acústicos em estudos de dinâmica costeira: exemplo na desembocadura lagunar de Cananéia. *Revista Brasileira de Geofísica*, 26(2): 211-225., 2008.

PARÁ, (2014). *Estatística Municipal Curuçá*. Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Informações gerais. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará (IDESP). Município de Curuçá. Informações gerais. Disponível em <http://www.idesp.pa.gov.br/pdf/estatisticaMunicipal/pdf/Curuca.pdf>.

PIMENTEL, M. A. S.; OLIVEIRA, I. S.; RODRIGUES, J. C. M. Dinâmica da paisagem e risco ambiental na ilha de Caratateua, Distrito de Belém-PA. *Revista Geonorte*, v.1, N.4, p.624 – 633, 2012.

ROCHA, J C; ROSA, A H; CARDOSO, A.A. Introdução à Química Ambiental; Bookman: Porto Alegre, 2004. 256 p.

RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de; VALENTE, M. A.; CARDOSO JÚNIOR, E.Q. 2003. Zoneamento Agroecológico do Município de Curuçá, Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental.

ROMAN, M. R. & BOICOURT, W. C. Dispersion and recruitment of crab larvae in the Chesapeake Bay plume: physical and biological controls. *Estuaries*, 22(3), 563., 1999.

ROSSETI, D. F. Ambientes Costeiros. FLORENZANO, T. G (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SALIOT, A., 1994, Biogéochimie organique marine. Cours d'Océanographie Européens, 1: 20p.

SANTOS, V. F., 1996. Estratigrafia Holocênica e morfodinâmica atual da planície costeira da ilha de Algodal e Marudá. Centro de Geociências- UFPA. Dissertação de mestrado, 139p.

SCHAEFFER-NOVELLI Y. 1989. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. Pub. Esp. do Instituto Oceanográfico, 7: 1- 16.

SHEN, J. & HAAS, L. Calculating age and residence time in the tidal York river using threedimensional model experiments. Estuarine, Coastal And Shelf Science, 61(3), 449-461, 2004.

SILVA, C.A. Análise morfoestratigráfica do estuário Rio Marapanim- NE do Pará. Centro de Geociências- UFPA. Dissertação de mestrado, 133p.

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. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém. 122 p.

SUGUIO, K. Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1222p.

SUGUIO, K. Introdução a sedimentologia. Edgar Bluncken, Edusp, São Paulo, 1973.

WAKEHAN, S. G. & CANUEL, E.A . Fatty Acids and Steroids of Particulate Matter in a Brackish and Seasonally Anoxic Coastal Salt Pond. Organic Geochemistry, v.16 (4-6), 703-713, 1990.

ZEMBRUSCKI, S.G. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: Chaves, H.A.F. (ed.). Geomorfologia da margem continental brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro, PETROBRAS, Projeto REMAC, 7, 129-177, 1979.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE HIDRODINÂMICA E MORFO-SEDIMENTAR DO FURO DO MURIÁ (AMAZÔNIA-BRASIL)

Resumo

Foram realizados estudos de campo sobre a dinâmica de sedimentos no furo do Muriá. Na Amazônia, o "furo" é um canal que liga dois estuários ou outras massas de água. Este "furo" tem águas turvas, com uma profundidade média (5m a 20 m), cerca de 5 km de comprimento e a entrada é em forma de funil. A salinidade varia entre 15 e 30. A altura da maré de 4,14m a 3,19m. Foi adquirido um conjunto de amostras de sedimento de fundo (56 amostras) de superfície no furo, durante o período chuvoso (março e junho) e seco (setembro e dezembro) de 2015. Para granulometria não houve variação sazonal, e os sedimentos são compostos pelas frações silte (19,98% a 76,86%) e argila (4,19% a 25,42%), porém com representatividade da fração areia (25,04% a 73,15%). A hidrodinâmica é classificada como alta a muito alta. Os teores de matéria orgânica (2,60% a 16,43%) são característicos de manguezal o que favorece a presença de organismos aquáticos e influenciam no carbonato (2,51% a 15%). O furo do Muriá é um ambiente dinâmico, controlado por hidrodinâmica estuarina e sua morfologia influencia na composição dos sedimentos.

Palavras- chave: Furo do Muriá, morfologia, sedimento.

INTRODUÇÃO

Os estuários estão localizados nas junções dos rios e do mar (DAI et al., 2013). São sistemas complexos nos quais ocorrem trocas de sedimentos fluviais e marinhos (WRIGHT; COLEMAN, 1974). Os estuários possuem valiosos recursos naturais e humanos, como a biodiversidade e as hidrovias (DE JONGE, 1983; TALKE et al., 2009). Os estuários encontram-se na faixa de transição entre os ambientes fluviais e marinhos, onde um ou mais rios encontram o mar, e a influência de ambos atuam controlando a dinâmica e a distribuição das propriedades químicas, biológicas e sedimentares. São feições efêmeras do ponto de vista geológico, pois são áreas de deposição sedimentar, e sua morfologia reflete às características das principais forças atuantes nesse ambiente (ODUM, 2007; JUNIOR et al, 2009).

Os estuários amazônicos apresentam complexos processos hidrodinâmicos resultantes da ação dos ventos, da elevada precipitação e de uma enorme descarga de água e material particulado, além de macromaré, e uma imensa variabilidade morfológica e sedimentar. Estudar a distribuição sedimentar dessas áreas, juntamente com a origem do material orgânico, possibilita a compreensão do processo de

sedimentação atual e dos diferentes fatores que interferem no processo, tanto no tempo quanto no espaço (OLIVEIRA, 2014).

A região amazônica possui elementos hidrográficos com denominações locais próprias, tais como “furo” que se caracteriza por ser um canal que conecta rios, lagos ou um rio a um lago, nesse último caso, fora da planície aluvial (PIMENTEL et al, 2012). A rede hidrográfica do Município de Curuçá apresenta dois rios de grande importância, sendo o rio Mocajuba, formado pelo igarapé Pimenta e outros tributários e o rio Curuçá que é o segundo mais expressivo do Município. O furo do Muriá conecta estes dois rios e é fortemente influenciado por macromarés, em que ocorrem domínios geomorfológicos como planície costeira e estuarina.

Estudos que visam identificar a morfologia e a distribuição sedimentar dos estuários são importantes para identificação de possíveis zonas de acúmulo de poluentes e sedimentos, além de contribuir para o conhecimento dos sistemas estuarinos e do seu comportamento quanto à distribuição das características sedimentares e físicas. Para tanto, a caracterização morfológica e sedimentar são ferramentas imprescindíveis que já vem sendo aplicadas com sucesso no estudo dos ambientes marinhos, costeiros e estuarinos (MARTINS; MENDES, 2011; OLIVEIRA, 2015; LIMA et al, 2015).

O Furo do Muriá se caracteriza por ser ainda pouco estudada, mas com enorme importância ambiental e socioeconômica para região Nordeste Paraense, pois é utilizado pelas comunidades locais para subsistência (alimentação, lazer, locomoção). Dessa forma, o presente estudo objetiva caracterizar esse ambiente por meio da determinação de parâmetros oceanográficos abióticos (batimetria, maré, correntes e vazão) e análise sedimentológica dos sedimentos superficiais (granulometria, matéria orgânica, carbonatos, argilominerais), além de contribuir para o conhecimento do Furo do Muriá.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O furo do Muriá ou furo Maripanema (Figura 1) localiza-se no estuário do rio Curuçá, nas proximidades da comunidade Beira Mar, a 8 km de distância da sede do município. Pertence à Mesorregião do Nordeste paraense e à Microrregião do Salgado, limitando-se ao Norte com o oceano Atlântico, ao Sul com o município de Terra Alta, a Leste com o município de Marapanim e a Oeste com o município de São Caetano de

Odivelas. O acesso a Curuçá é feito através da rodovia PA-136, a partir do município de Castanhal (PARÁ, 2014).

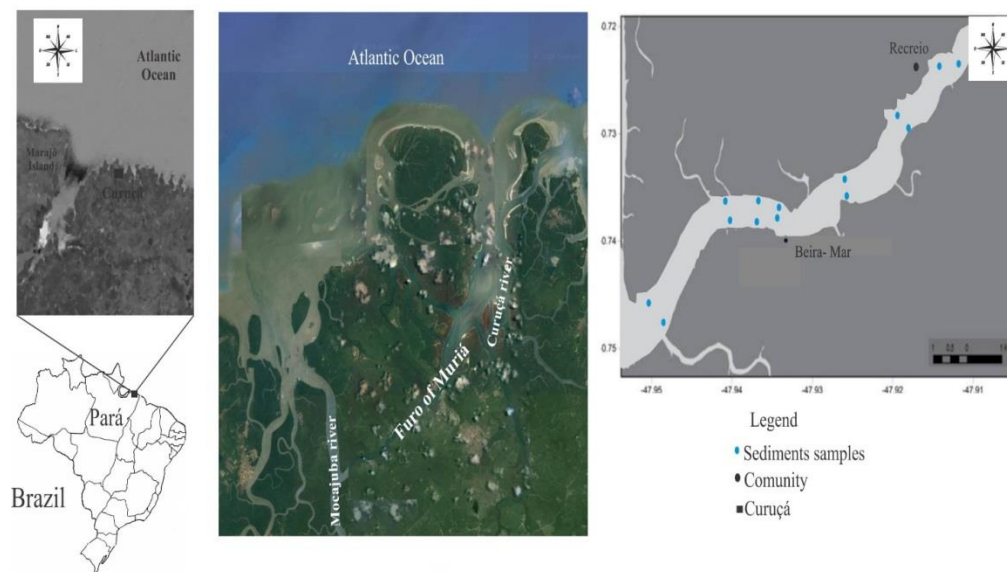


Figura 1: Mapa de localização dos pontos de coleta no Furo do Muriá.

O furo do Muriá representa um canal de maré que conecta os estuários amazônicos de macromaré de Mocajuba e Curuçá. Através dele ocorre troca de água e sedimentos em suspensão induzida pela ação da maré. Esse furo possui aproximadamente 14km de extensão e a área de estudo representa um trecho de 5km, e ao longo dele é possível observar a presença de comunidades cuja atividade econômica predominante relaciona-se a pesca artesanal. Os principais focos de poluição encontrados nessa área são efluentes domésticos, resíduos sólidos e a emissão gasosa ou particulada na atmosfera através dos motores dos barcos.

A região é caracterizada por um clima tropical quente e úmido, que apresenta uma sazonalidade acentuada com a estação seca, de julho a dezembro, e um período úmido de janeiro a junho (ANA, 2015). A temperatura média do ar é de 27 ° C, com valores de precipitação anual superiores a 2.000 mm (CCS, 2006).

A região apresenta dois períodos sazonais distintos (Figura 2): o período chuvoso que se estende de janeiro a junho, com maiores índices pluviométricos nos meses de março a maio; e o período seco, que ocorre de julho a dezembro, com menores índices de setembro a novembro (LIMA et al., 2005). No presente trabalho não foi considerado o período de transição, visto que, a literatura destaca apenas os períodos chuvoso e seco, sem destaque para os períodos de transição.

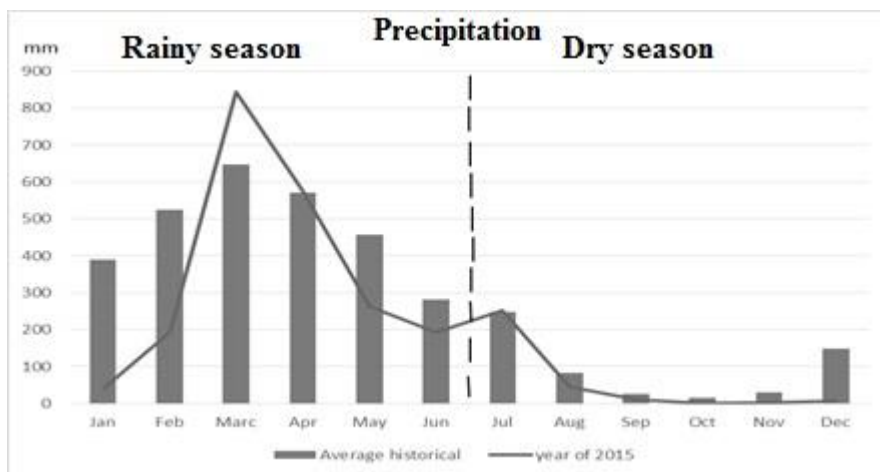


Figura 2: Precipitação pluviométrica no município de Curuçá com média histórica de 1982 a 2015. Fonte: Agência Nacional de Água – ANA, 2015.

De acordo com Magalhães et al (2009), a vegetação costeira predominante ao longo das margens do estuário do Curuçá é representada por três gêneros de manguezais: *Avicennia*, *Rhizophora* e *Laguncularia*.

A característica hidrodinâmica principal é um ciclo de maré semi-diurno de altura máxima de 5,5 m, embora, esta faixa possa atingir 6 m durante as marés de equinócio (DHN, 2015). A salinidade em Curuçá varia de 15 a 30, com valores menores detectados no período chuvoso, durante a maré enchente, sendo os maiores valores no período seco da região (LIMA, 2015).

Levantamento batimétrico

Foi realizado um levantamento batimétrico de semidetalhe em abril de 2014, durante a maré cheia, através de linhas transversais e longitudinais, em trechos selecionados dos estuários com melhores condições de largura e profundidade.

No estuário do Furo do Muriá, foram obtidas 50 linhas transversais perfazendo um total de 999 pontos de profundidade, adquiridos ao longo de um trecho linear (Figura 3) para a configuração do canal. Esses perfis foram utilizados para definir as características do canal e para a geração de perfis e mapas batimétricos.

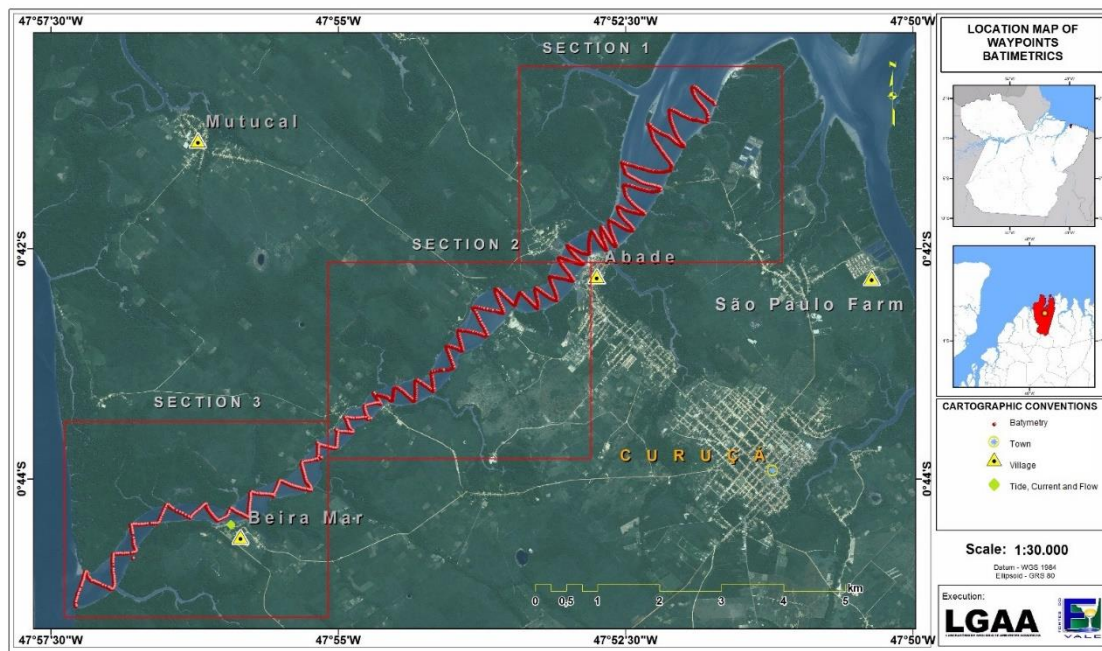


Figura 3: Mapa de localização dos dados batimétricos, marés, correntes e vazão.

Marés, correntes e vazão

A coleta de dados de maré foi realizada no período seco (setembro de 2013) na maré de quadratura e no período chuvoso (abril de 2014) na maré de sigízia, e as medidas foram lidas em uma régua graduada de 5m instalada em um ponto fixo no Furo do Muriá. Neste local foi feita a medição das alturas de maré em intervalos de 15 minutos durante um ciclo de maré.

A velocidade das correntes de maré foi obtida em um trecho ao longo do estuário durante 5 minutos a cada hora, em um ciclo de maré de 24 horas. Para isso, foi utilizado um Molinete Fluviométrico. Posteriormente estes dados foram digitados e transformados em planilha, para se calcular matematicamente a velocidade média das correntes através da equação (1):

$$V = -k_1 + k_2 * N \quad (1)$$

Onde: V = Velocidade da corrente; $K_1 = 0,01203489$; $K_2 = 0,29051199$; N = Número de rotações por segundo.

A vazão foi calculada pelo produto da velocidade média vezes a área de escoamento, ou seja(2):

$$Q = A.V \quad (2)$$

onde: Q = vazão; A = área da seção transversal do rio (largura x profundidade); V = velocidade da corrente.

Coleta e análises de sedimentos

As coletas foram realizadas em 14 pontos no Furo do Muriá (Figura 1), durante meses de março, junho, setembro e dezembro de 2015, em maré baixa, totalizando 56 amostras. Para isso, utilizou-se um amostrador pontual de Ekman-Birge. Após a sua emersão, a draga foi aberta em uma bandeja de plástico limpa e com o auxílio de uma pá plástica recolheu-se a camada superficial do sedimento que equivale a fração sedimentar oxidada. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos limpos, sendo devidamente vedados e etiquetados e transportadas ao Laboratório do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC), da Universidade Federal do Pará.

As análises granulométricas das amostras de sedimentos basearam-se no método descrito por Suguio (1973). Os dados sofreram tratamento segundo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) e do diagrama triangular de Shepard (1954) por meio do programa Sysgran (3.1) (CAMARGO, 2006), que permitiu a obtenção do diâmetro médio, grau de seleção, além dos teores de grânulos, areia, silte e argila. As concentrações de matéria orgânica foram feitas em triplicata e obtidas por calcinação de acordo com a metodologia proposta por Kralik (1999). A análise do carbonato biodetrítico foi feita pelo método de Ingram (1971).

Análise estatística

Para analisar as variáveis utilizou-se uma descrição estatística (mínimo, máximo, média e desvio padrão) além de uma matriz de correlação para a obtenção dos coeficientes de correlação de Pearson (r). O valor de r varia de 1 a -1, com $r=0$ correspondendo a não associação. Quanto maior o valor de r (positivo ou negativo) mais forte é a associação entre as variáveis. Nesse estudo, valores de $r \geq 0,5$ ou $r \leq -0,5$ são considerados de correlações moderadas e acima desse valor correlações fortes. Também foi utilizada a análise de componentes principais (ACP), a fim de compreender melhor a estrutura dos dados, buscando-se através do conjunto de variáveis identificar as que mais contribuem para a variação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfologia do canal do furo do Muriá

Os levantamentos batimétricos foram realizados ao longo de em 3 seções (Figura 3): (1) seção 1, mais próximo ao estuário do rio Curuçá, neste trecho, o canal com 237m de largura média, apresenta um único talvegue. A profundidade máxima e média é respectivamente de 11,5m e 6,61m. A faixa de profundidade inferior a 3m representa 23,53% deste trecho, que reduz em direção às margens. Nestas margens, ocorrem bancos de areia lamosa e afloramentos rochas, ficando parcialmente emersos na baixamar; (2) seção 2, na parte central do furo do Muriá, 358m de largura média, apresenta um canal com um único talvegue. A profundidade máxima e média é respectivamente de 12,5m, e 7,28m. A faixa de profundidade inferior a 3m representa 18,75% desta área; (3) seção 3, próximo ao estuário do rio Mocajuba, 400m de largura média, apresenta um canal com dois talvegues, com 6,5m e 8,5m de profundidade. A profundidade máxima e média é respectivamente de 8,5m e 4,7m. A faixa de profundidade inferior a 3m representa 25% desta área.

Entretanto, a faixa de profundidade entre 0-5m, 5-10m, 10-15, 15-20m, >20m é respectivamente de 37,39%, 43,64%, 16,27%, 2,48%, e 0,22% (Figura 4). Isso demonstra que na região, a faixa de 5-10m de profundidade é predominante.

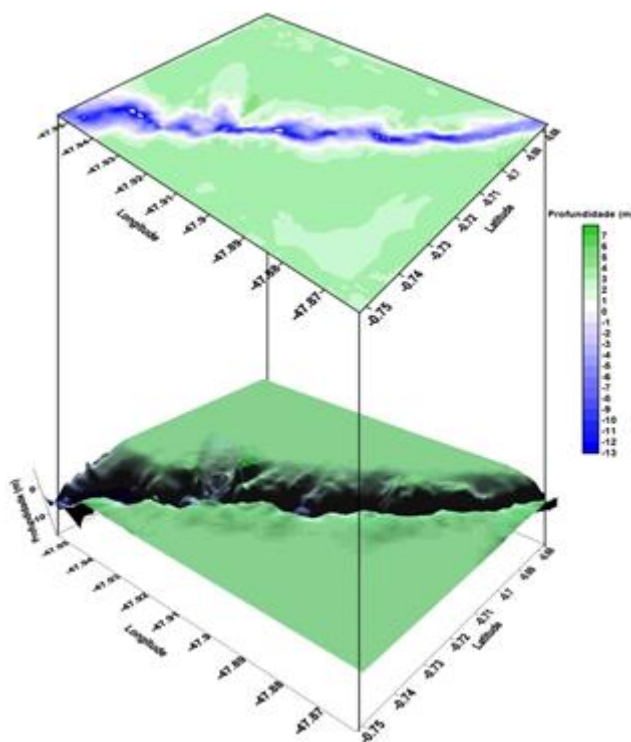


Figura 4: Mapa Batimétrico e Modelo Digital de Terreno do furo do Muriá.

Marés, correntes e vazão

Baseado na classificação de Davies (1964), o furo do Muriá é influenciado por maré semidiurna, de regime de meso a macromarés, com amplitude de maré máxima medida no período seco de 3,19m e 4,14m para o período chuvoso. O nível médio de maré variou entre 3,22m e 0,3m no período seco e 4,05 e -0,09 no período chuvoso.

A vazão média foi calculada para as três seções (Figura 3, tabela 1) com nível maregráfico de maré média, sendo que na seção central (2) - $3.647,73 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a vazão é maior a das seções (1)- $2.143,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, próximo ao estuário Curuçá e seção (3)- $2.344,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, próximo ao estuário do rio Mocajuba.

Tabela 1: Vazão média no furo do Muriá.

	Vazão média	Talvegue	Área
Seção 1	$2.143,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	11,55m	$1.339,45 \text{ m}^2$
Seção 2	$3.647,73 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	12,55m	$2.279,83 \text{ m}^2$
Seção 3	$2.344,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	8,5m	$1.465,20 \text{ m}^2$

Em relação à velocidade das correntes superficiais no período chuvoso, as velocidades das correntes no Furo do Muriá apresentaram velocidade máxima efetiva de 2,30m/s que ocorreu durante a maré vazante, cerca de duas horas após a maré alta, e a menor velocidade observada que foi de 0,11m/s ocorreu no estofo de maré alta, tendo como velocidade média 1,52m/s. O sentido de propagação da corrente de maré se dá no sentido do estuário do Curuçá para o estuário do Mocajuba, percorrendo o canal de maré do Furo do Muriá.

Lima et al (2014) também relatou a dominância das correntes de vazante em condições de maré de sizígia no Rio Curuçá. Os estuários dominados pela maré vazante atuam principalmente como exportadores de sedimento para o ambiente costeiro.

Segundo Alves; Asp Neto (2011) no Furo do Muriá as velocidades de maré enchente atingem valores de corrente cerca de 16% superiores às de vazante, e a vazão máxima na enchente alcança um valor 25% superior que na vazante. A velocidade máxima de corrente medida durante a fase de enchente foi 1,64 m/s na superfície e para a vazante a velocidade máxima foi de 1,61 m/s, semelhante aos valores médios encontrados no furo do Muriá em 2015.

Sedimentos

De acordo com Santos et al. (2012) os sedimentos que chegam aos cursos d'água possuem diferentes granulometrias e sofrem um processo de transporte variado conforme as condições locais e de escoamento. A carga de fundo compreende partículas de granulometria maior, como cascalhos, areia ou fragmentos de rocha, que em decorrência de sua dimensão são transportados por saltação ou rolamento.

A determinação granulométrica dos sedimentos estudados mostrou dois tipos de textura predominantes conforme os parâmetros descritos por Folk e Ward (1957) que foram silte médio e silte grosso. A fração mais fina (silte+argila) foi predominante nos dois períodos estudados, conforme a tabela 2.

Tabela 2: Frações granulométricas nos períodos chuvoso e seco.

	Período Chuvoso		Período Seco	
	Classificação		Classificação	
	Março	Junho	Setembro	Dezembro
P1	Silte médio	Silte grosso	Silte médio	Areia muito fina
P2	Silte grosso	Silte fino	Silte grosso	Silte grosso
P3	Silte grosso	Silte grosso	Silte médio	Silte grosso
P4	Silte médio	Silte grosso	Silte grosso	Silte médio
P5	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso
P6	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso
P7	Silte médio	Silte grosso	Silte médio	Silte médio
P8	Silte grosso	Silte médio	Silte grosso	Silte grosso
P9	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso
P10	Silte grosso	Silte grosso	Silte médio	Silte grosso
P11	Silte grosso	Silte grosso	Silte médio	Silte médio
P12	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso	Silte grosso
P13	Silte grosso	Silte fino	Silte grosso	Silte médio
P14	Silte grosso	Silte grosso	Silte médio	Silte grosso

As margens do furo do Muriá são recobertos por películas de sedimentos mais finos, trazidos pela inundação semidurna da maré de enchente, contribuindo na acumulação de sedimentos. Nestas áreas, ocorrem trocas de soluções e de sedimentos, entre o canal de maré e o manguezal. A presença de manguezais nas áreas contribui para a distribuição e retenção de sedimentos mais finos no furo do Muriá. A distribuição os sedimentos superficiais no furo apresentam a existência de um controle hidrodinâmico estuarino nessa região.

O diagrama de Pejrup (1988) apontou o grau de energia no meio com base na distribuição granulométrica (Figura 5a). Todos os pontos de coleta analisados podem ser classificados como ambientes de hidrodinâmica alta a muito alta devido ao alto teor de silte arenoso presentes nos sedimentos analisados.

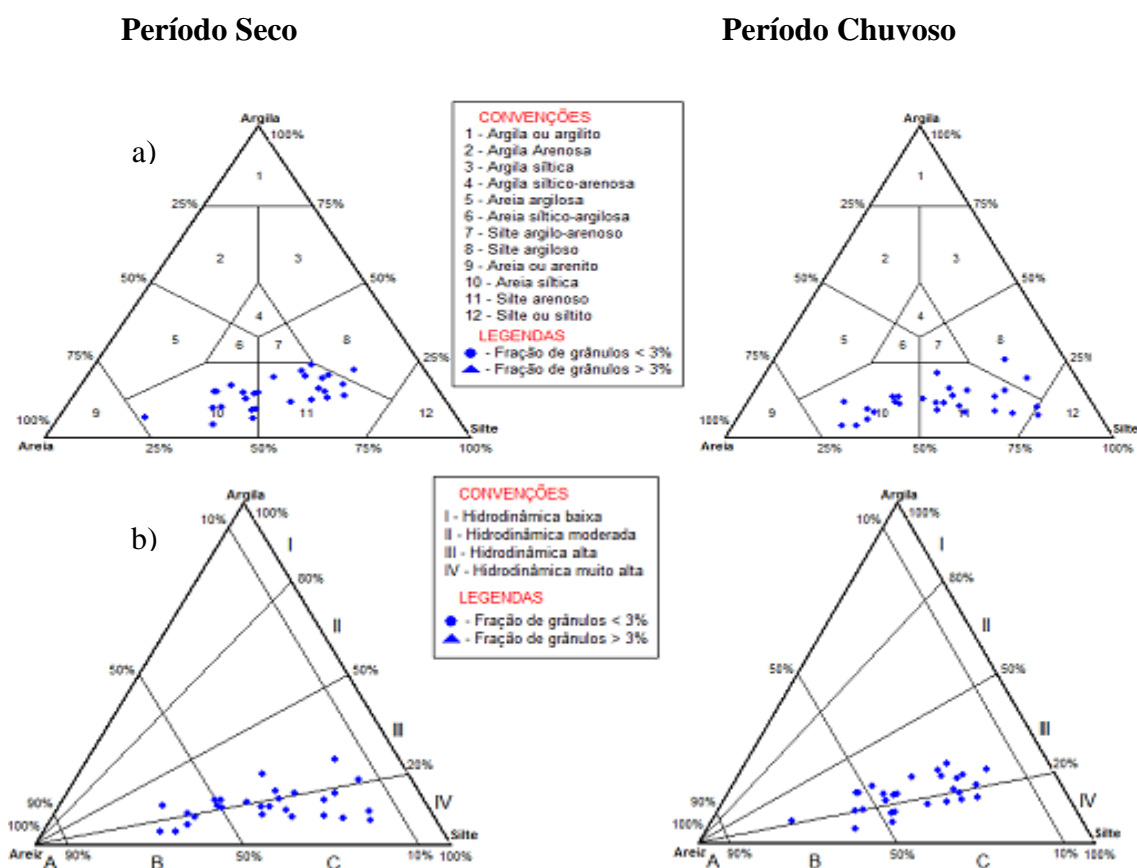


Figura 5: a) Diagrama de Pejrup para o período chuvoso e seco; b) Diagrama de Shepard (1954), quanto à classificação sedimentar das amostras analisadas.

Na classificação das amostras segundo a distribuição no diagrama triangular de Shepard (1954), os sedimentos foram classificados em sua maioria como areia siltica e silte arenoso nos dois períodos de estudo (Figura 5b).

Em estudos realizados em sedimentos superficiais no Furo da Laura (Vigia-PA) o estuário caracterizou-se como altamente energético devido à predominância de silte arenoso. Essa prevalência pode ser reflexa de processos hidrodinâmicos (velocidade e a intensidade das correntes de maré) que ocorrem tanto na Baía do Marajó como no Furo da Laura, visto que, a área estudada também sofre influência dos efeitos da maré (LIMA et al, 2015). Martins (2008) revela que nos ambientes aquáticos, fatores físicos como intensidade e velocidade das correntes juntamente com a profundidade da coluna d'água são determinantes para a composição granulométrica do sedimento.

A granulometria do sedimento é a característica que mais tem influência sobre os demais parâmetros sedimentares. Nas amostras com presença de grãos mais finos, isto é, maior conteúdo de silte e argila, as porcentagens de matéria orgânica são maiores, uma vez que tendem a acumular maior quantidade de substâncias por possuírem maior área superficial. A distribuição da matéria orgânica encontra-se, em geral, positivamente correlacionada com a fração de silte e argila devido à semelhança na velocidade de sedimentação das respectivas partículas (SOUSA et al, 2005).

A matéria orgânica atingiu valores elevados, já que a área de estudo possui características de manguezal e de um ambiente confinado. O menor valor encontrado foi no P1 (2,46%) em dezembro e a maior no P13 em junho (16,43%). Os menores valores de média foram observados na montante do furo do Muriá, margem aparentemente preservada. Quanto as maiores médias, estas ficaram distribuídas nos pontos que estão mais próximos da influência das águas do rio Mocajuba. Isso é explicado devido os processos naturais que predominam no manguezal onde as acumulações de material proveniente do mangue (folhas e caules) permanecem acumulados em níveis mais superficiais e submetidos a condições anaeróbicas de decomposição em um ambiente frequentemente inundado pelas variações de maré (Tabela 3).

Em substratos de manguezais, a matéria orgânica (MO) é derivada principalmente das folhas, raízes e troncos de árvores de manguezal. Os troncos e as folhas após a queda e decomposição, são degradados em condições geralmente redutoras e incorporados à superfície do substrato, enquanto as raízes decompostas podem propiciar a adição de matéria orgânica ao sedimento a várias profundidades (MOURA, 2010).

A repartição da matéria orgânica pode se apresentar desordenada em virtude das diferentes texturas granulométricas encontradas nos perfis sedimentares. Geralmente, observa-se em sedimentos de manguezais que o teor de MO tende a diminuir do topo para a base. Essa maior acumulação nos extratos superficiais se deve na maioria das vezes, ao acúmulo de folhas e raízes de uma zona frequentemente inundada (BURONE, 2003).

Os teores de carbonato encontrados foram considerados elevados para o ambiente, tendo suas maiores concentrações no período de maior precipitação em todos os pontos. A porcentagem mínima verificada foi no ponto P12 (2,51%) e máxima no ponto P10 (15%) ambos próximos da influencia do rio Mocajuba no período seco e chuvoso, nessa ordem (Tabela 3). Ressalta-se que nas amostras analisadas foram encontradas acúmulo de fragmentos de conchas de moluscos e bivalves. As medidas de estatística descritiva para os parâmetros mencionados podem ser observadas na Tabela 3.

Isso é explicado devido à diversidade de organismos bentônicos existentes na área de estudo. Leite (2009) em estudo no furo do Muriá, explica que os efeitos sazonais interferem diretamente na composição taxonômica dos organismos locais e descreve que os principais filos encontrados nessa região foram Arthropoda, Mollusca e Sarcomastigophora que representam a classe dos copepodas, pteropodas e foraminíferos, respectivamente. Os carbonatos podem ser assimilados por esses organismos e através do processo de decomposição são incorporados pelo sedimento.

Os carbonatos podem ser levados aos oceanos através dos processos de erosão de rochas continentais e carreados pelos rios que deságuam no mar. No ambiente marinho, os carbonatos podem ser assimilados por organismos planctônicos, especialmente os foraminíferos, tornando-se parte constituinte destes que, ao morrerem, são depositados no fundo oceânico (AGUIAR NETO, 2008).

Segundo Freire (1989), a fixação de CaCO_3 pelos organismos vivos, vegetais e animais, é um fenômeno natural e que a maioria dos calcários de origem orgânica é na realidade o produto indireto da atividade de microrganismos. Principalmente as plantas, pelo jogo de assimilação clorofiliana, absorvem o gás carbônico dissolvido na água que conseqüentemente produz precipitação de calcário.

Aguiar Neto (2008) encontrou valores de CaCO_3 em testemunhos do manguezal de Icapuí (CE) variando de 4,4% a 38,5%, segundo o mesmo autor, os sedimentos dos manguezais estudados em Icapuí obedeceram a uma relação direta com uma fonte disponível, caracterizada pela abundância em algas na região estudada.

As concentrações verificadas tanto no período chuvoso quanto no período seco para os parâmetros analisados no presente estudo apresentaram poucas variações nas frações granulométricas e maiores distribuições entre os teores de matéria orgânica e carbonato durante os períodos estudados. Constatou-se ainda que as maiores concentrações médias foram verificadas na estação menos chuvosa. A tabela 3 apresenta as porcentagens dos parâmetros nos pontos de amostragens do Furo do Muriá no período investigado.

Tabela 3: Estatística descritiva das amostras de sedimento.

			Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Matéria Orgânica(%)	Carbonato(%)
Mínimo	Março	Período Chuvoso	14,7	24,86	4,19	3,55	4,8
Máximo			64,08	75,35	20,96	12,8	15
Média±DP			40,3±16,5	47,9±15,3	11,8±4,2	8,29± 2,8	9,9±3,1
Mínimo	Junho	Período Chuvoso	12,52	31,97	7,41	2,60	3,05
Máximo			58,50	76,86	25,42	16,43	14,94
Média±DP			35,7±14,96	51,9±13,2	12,4±4,98	9,5±3,15	7,18±3,67
Mínimo	Setembro	Período Seco	16,45	33,03	4,55	3,43	2,95
Máximo			58,32	63,47	23,58	15,32	12,47
Média±DP			33,6±13,2	50,6±10,8	15,7±4,8	8,70±3,40	7,09±2,90
Mínimo	Dezembro	Período Seco	25,04	19,98	6,45	2,46	2,51
Máximo			73,15	56,55	21,49	10,68	12,06
Média±DP			44,1±12,8	42,7±9,79	13,1±4,8	5,83±2,56	7,20±2,65

A variação sazonal é um fator atuante na região amazônica e sua influência nos processos sedimentares pode representar um comportamento a ser considerado na área

de estudo principalmente em escala de tempo de curto e médio prazo para a compreensão dos processos que ocorrem no estuário (MARTINS; MENDES, 2011).

A análise de componentes principais (PCA) para os parâmetros analisados explicou que a duas componentes (PC1 e PC2) representaram 37% da variância original, com 25% para a primeira componente e 12% para a segunda (Tabela 4).

Tabela 4: Pesos e variância explicada pelas componentes principais dos dados de sedimento. Os valores mais significativos estão em negrito.

	PC1	PC2
Areia (%)	-0,96	0,18
Silte (%)	0,89	-0,15
Argila (%)	0,59	-0,15
Matéria Orgânica (%)	0,65	0,54
Carbonato (%)	0,06	0,92
Variância explicada (%)	25	12

A primeira componente apresenta um contraste entre silte (0,89), argila (0,59) e matéria orgânica (0,65) com a fração areia (-0,96). Existe uma relação positiva de dependência entre a concentração de matéria orgânica e o percentual de finos nos sedimentos estudados sugerindo que a presença de grãos de menor diâmetro exerce um papel importante na fixação da matéria orgânica (CÉSAR et al, 2011). Essa relação positiva também foi encontrada na matriz de correlação no período seco em que ocorre uma diminuição da mobilidade dos grãos devido a baixa pluviosidade (Tabela 6).

A segunda componente mostrou uma relação entre a matéria orgânica e o carbonato. Isso é explicado devido as maiores concentrações desses parâmetros serem encontrados no período chuvoso (Tabela 5). Vale ressaltar que essa correlação pode ocorrer devido uma possível associação de metais que pode ser carregado nesse período e associado ao material particulado que será depositado junto a matéria orgânica e que age como um sequestrador de metais pesados da coluna d'água (MARCHAND et al, 2011). Essa correlação também é favorecida pela quantidade de organismos bentônicos existentes na região de estudo e que apresentam maior densidade e variabilidade no período chuvoso, conforme descrito por Leite (2009).

Essa diferença entre as componentes principais demonstra que no local de estudo existe uma influência sazonal com alto grau de influência no teor de carbonato (Figura 6) e que também foi comprovado a partir da matriz de correlação (Tabela 5).

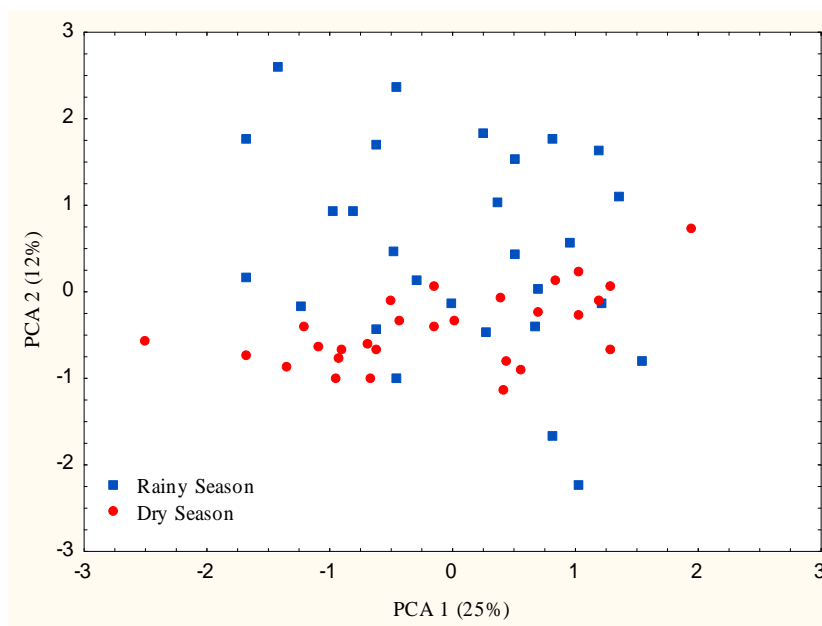


Figura 6: Escores das componentes principais dos dados sedimentares nos períodos chuvoso e seco no furo do Muriá.

No período chuvoso as frações granulométricas apresentaram correlações negativas fortes entre a fração areia com a fração silte (-0,95), podendo ser explicado pela proporção das frações granulométricas com o ambiente de alta energia, como fora caracterizado (Tabela 5).

O carbonato e a matéria orgânica apresentaram uma correlação considerada moderada e positiva (Tabela 5). Deste modo, é de se esperar que em determinados pontos possa haver um acúmulo de metais já que o carbonato e a matéria orgânica favorecem a adsorção de tais elementos.

Tabela 5: Matriz de correlação dos parâmetros sedimentares no período chuvoso.

	Matéria Orgânica(%)	Carbonato(%)	Areia(%)	Silte (%)	Argila(%)
Matéria Orgânica(%)	1				
Carbonato (%)	0,619565	1			
Areia (%)	-0,13334	-0,14579	1		
Silte (%)	0,16894	0,175366	-0,95821	1	
Argila (%)	-0,07004	-0,04748	-0,43995	0,164683	1

No período seco houve uma maior correlação entre os parâmetros analisados (Tabela 6). A matéria orgânica apresentou correlações forte e positiva com a fração silte (0,73) e moderadamente positiva com a fração argila (0,63) e na fração areia correlação negativa e forte, sugerindo que a presença de grãos mais finos atua como fixador de matéria orgânica.

As correlações foram moderadas e negativas entre o carbonato e a areia e moderadamente positiva com a argila, característica essa comprovada pelo aspecto físico dos sedimentos como silte arenoso e que no período seco, devido à baixa pluviosidade, tem pouca remobilização.

A fração areia apresentou uma forte correlação negativa com o silte (-0,94) e com a argila (-0,72). As correlações negativas são comprovadas pelos resultados obtidos para essas frações no presente estudo, podendo ser explicado pela proporção das frações granulométricas.

Tabela 6: Matriz de correlação dos parâmetros sedimentares no período seco.

	Matéria Orgânica(%)	Carbonato(%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
Matéria Orgânica(%)	1				
Carbonato (%)	0,481397	1			
Areia (%)	-0,80296	-0,53614	1		
Silte (%)	0,738664	0,440152	-0,94947	1	
Argila (%)	0,630592	0,538365	-0,72	0,465807	1

A morfologia do Furo do Muriá se caracteriza por médias profundidades, sedimentos grossos e afloramentos rochosos ao longo do canal que em conjunto com a

granulometria dos sedimentos superficiais demonstra que esse estuário caracteriza-se por uma alta hidrodinâmica. As margens do canal apresentam em sua maioria a presença de sedimentos mais finos que são depositados constantemente devido à acumulação de sedimentos nos extratos superficiais, mas que por ser um ambiente confinado e com poucas modificações, também apresenta poucas variações da fração arenosa demonstrando um grande controle estuarino na região. A presença de uma zona frequentemente inundada em que ocorre troca de água e sedimentos induzidos pela maré, com a presença dos manguezais, favorece os altos teores de matéria orgânica além de um ambiente propício aos organismos aquáticos, que favorecem altos níveis de carbonato em estuários.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que o Furo do Muriá apresenta hidrodinâmica influenciada pelos estuários do Mocajuba e Curuçá com morfologia, caracterizada por médias profundidades para um estuário regido por marés, sedimentos grossos, afloramentos rochosos no meio do canal e curso retilíneo.

O sentido de propagação da corrente de maré se dá no sentido do estuário do Curuçá para o estuário do Mocajuba, percorrendo o canal de maré do Muriá, com forte velocidade de correntes.

A distribuição sedimentológica das margens apresenta relação com a morfologia e, sobretudo evidencia características de um ambiente com hidrodinâmica alta a muito alta com predominância de frações silte arenosas.

A concentração de matéria orgânica tem estreita relação com o aporte orgânico proveniente da área de manguezal presente na região e os níveis de energia da hidrodinâmica local. Os altos teores de carbonato encontrados na região estão ligados ao aspecto físico dos sedimentos e pela presença restos de conchas e carcaças de moluscos no sedimento.

Desta forma, o entendimento dos mecanismos sedimentológicos constitui uma importante ferramenta para a compreensão da geodinâmica do furo do Muriá, com o presente estudo sendo o ponto de partida para novas investigações no local.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais – AqRAT, pelo conhecimento adquirido para o desenvolvimento da pesquisa e ao apoio logístico e financeiro do Projeto "Desenvolvimento de Pesquisa para Estudo de Desempenho Zootécnico de Camurim, *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) em Tanques-Rede no Município de Curuçá - Pará, financiado pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - SUDAM e com a execução da Fundação de Apoio à Pesquisa, Extensão e Ensino de Ciências Agrárias - FUNPEA e Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). 2015. Climatological data (1982-2015). Agência Nacional de Águas, Brasília, DF, Brasil.

AGUIAR NETO, A.B.; GOMES, D.F.; FREIRE, G.S.S. Níveis e origem de cálcio em sedimentos dos manguezais de Icapuí-CE, Nordeste do Brasil. *Revista de Geologia*, Vol. 21, nº 2, p. 135-146, 2008.

ALVES, M.A.M.S.; ASP NETO, N.E., 2011. OCEANOGRAFIA: Muriá e Curuçá – Curuçá. In: FURTADO JÚNIOR, I. (Org.). Programa Nacional de Desenvolvimento da Maricultura (PLDM/PA) Nordeste Paraense (Região do Salgado) – Relatório Final. Convênio MPA/UFRA/FUNPEA – Nº 033/2008. Belém/PA, nov. 2011, p: 166-176.

BURONE, L.MUNIZ, P., PIRES-VANIN, A.M., RODRIGUES, M. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2003) 75(1): 77-90.

CAMARGO, M.G. SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 2006; 36(2): 371-378. SHEPARD F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios: *Journal of Sediment Petrology*, 1954; 24(3):151-158.

CESAR, R. G., EGLER, S. G., POLIVANOV, H., CASTILHOS, Z. C., RODRIGUES, A. P. C. Mercury, copper and zinc contamination in soils and fluvial sediments from an abandoned gold mining area in southern Minas Gerais State, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, v. 64, p. 211-222, 2011.

COORDENADORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DO GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ (CCS). 2006. Município de Curuçá. Produced by Start Comunicação e Informática. Available at <http://www.governodopara.pa.gov.br/conhecaopara/curucal.asp>.

DAI, Z.J., LIU, J.T., FU, G., XIE, H. A thirteen-year record of bathymetric changes in the North Passage, Changjiang (Yangtze) estuary. *Geomorphology* 187 (2013) 101–107.

DE JONGE, V.N., 1983. Relation between annual dredging activities, suspended matter concentrations, and the development of the tidal regime in the Ems estuary. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40, 289–300.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). 2017. Tábua das marés para 2017. Fundeadouro de Salinópolis (Estado do Pará). Available at <http://www.mar.mil.br/~dhn/tabuas>.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.27, n.1, p.3-26, 1957.

FREIRE, G.S. Etude hydrologique et sedimentologique de L'estuaire du Rio Pacoti (Fortaleza-Ceará-Brésil). 1989, 223p. Tese (Doutorado) - Université de Nantes, Nantes/ France, 1989.

INGRAM, R. L. 1971. Sieve Analysis. In: CARVER, R.E. (ed.) *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience. P. 9-69.

JÚNIOR, P.V.; BASTOS A.C.; QUARESMA V. S. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. *Rev. Bras. Geof.* vol.27 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2009.

KRALIK, M. (1999). A rapid procedure for environmental sampling and evaluation of polluted sediments. *Appl. Geochem.*, 14:807-816.

LEITE, N.R.; PEREIRA, L.C.C.; COSTA, R.M. Distribuição temporal do mesozooplâncton no furo Muriá, Pará, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, Belém, v. 4, n. 2, p. 149-164, maio-ago. 2009.

LIMA, A. M., OLIVEIRA, L. L., FONTINHAS, R. L., LIMA, R. J. S. Ilha do Marajó: revisão histórica, climatológica, bacias hidrográficas e propostas de gestão. *HOLOS Environment*, v.5, n.1, p 65-80, 2005.

LIMA, M. W.; SANTOS, M. L. S.; MONTELO, D. J.; NUNES, D. M.; ALVES, I. C. C. Análise temporal da composição granulométrica de um estuário amazônico, Pará, Brasil. *Scientia Plena* 11, 011701 (2015).

LIMA, M.W.; ALVES, M.A.M.S.; SANTOS, M.L.S.; RIBEIRO, A.M. Influência do Ciclo de Maré na Variação dos Parâmetros Físico- Químicos no Estuário do Rio Curuçá, Nordeste Paraense. *Boletim Técnico Científico do CEPNOR*, v. 14, n. 1, p: 09 - 15, 2014.

MAGALHÃES, A., LEITE, N.R. SILVA, J.G.S., PEREIRA, L.C.C., COSTA, R.M. Seasonal variation in the copepod community structure from a tropical Amazon estuary, Northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2009) 81(2): 187-197.

MARCHAND, C.; ALLENBACH, M.; LALLIER-VERGES, E. As relações entre a distribuição de metais pesados e matéria orgânica nos sedimentos de manguezais (Conception Bay, Nova Caledônia). *Geoderma*, v 160, n. 3-4, p. 444-456, 2011.

MARTINS, R.F. Avaliação da presença de metais e de biomarcadores fecais em Sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba-PR. Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2008. 84p.

MARTINS, S. E. M. and MENDES, A. C. Caracterização de depósitos sedimentares recentes da porção superior da Baía de Marajó (margem leste do estuário do Rio Pará, Amazônia). *Pesquisas em Geociências*, 38 (2): 168-180, maio/ago. 2011

MOURA, I.B.M., GOMES, D.F., FREIRE, G.S.S., NETO, I.O.L. Geoquímica de sedimentos do ecossistema manguezal na região de São Francisco do Conde-Bahia. *Revista de Geologia*, Vol. 23, nº1, 7-17, 2010.

ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. *Fundamentos de ecologia*. Thonson Learning, 5ª Ed. 2007. 632p.

OLIVEIRA, A.O. Caracterização sedimentar e aplicação do diagrama de Pejrup para interpretação da dinâmica em uma enseada estuarina na lagoa dos Patos/Brasil. *Geographia Meridionalis* v. 01, n. 02 Jul-Dez/2015 p. 00-00 Página 363.

OLIVEIRA, T. S.; BARCELLOS, R.L.; SCHETTINI, C.A.F.; CAMARGO, P.B. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 14(3):399-411 (2014).

PARÁ (2014). *Estatística Municipal Curuçá*. Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças. Informações gerais. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará (Idesp). Município de Curuçá. Informações gerais. Disponível em <http://www.idesp.pa.gov.br/pdf/estatisticaMunicipal/pdf/Curuca.pdf>. Acessado em 22/02/2015.

PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments a new approach. In: Boer PL, van Gelder A, Nio SD. (ed.). *Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies*. D. Reidel: Dordrencht. 1988, 289-300p.

PIMENTEL, M. A. S.; OLIVEIRA, I. S.; RODRIGUES, J. C. M. Dinâmica da paisagem e risco ambiental na ilha de Caratateua, Distrito de Belém-PA. *Revista Geonorte*, v.1, N.4, p.624 – 633, 2012.

SANTOS, A.A., MANOEL, J.L., ROCHA, P.C. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA DISTRIBUIÇÃO DE SEDIMENTOS NOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE, OESTE PAULISTA. *Periódico eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 8, n.2, 2012, p. 103-117.

SOUSA, R., GUILHERMINO, L. E ANTUNES, C. (2005). Molluscan fauna in the freshwater tidal area of the River Minho estuary, NW of Iberian Peninsula. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 41 (2):141-147.

SUGUIO K. *Introdução a Sedimentologia*. Edgar Bluncken, São Paulo: EDUSP, 1973, 371p.

TALKE, S.A., DE SWART, H.E., SCHUTTELAARS, H.M., 2009. Feedback between residual circulations and sediment distribution in highly turbid estuaries: an analytical model. *Continental Shelf Research* 29, 119-135.

WRIGHT, L.D., COLEMAN, J.M., 1974. Mississippi river mouth processes: effluent dynamics and morphologic development. *Journal of Geology* 82 (6), 751-778.