

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Lucimary Albuquerque da Silva  
ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO,  
MORFOLÓGICO E HIDRODINÂMICO  
DO CANAL DE SANTA CRUZ - PE

Tese de Doutorado

2008

Orientador: Lúcia Maria Mafra Valença (UFPE)  
Coorientador: Carlos Augusto França Schettini (UNIVALI)

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LUCIMARY ALBUQUERQUE DA SILVA  
Geógrafa, Universidade Federal de Pernambuco, 1998.  
Mestre, Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO, MORFOLÓGICO E HIDRODINÂMICO  
DO CANAL DE SANTA CRUZ - PE

Tese que apresentou ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lúcia Maria Mafra Valença e coorientada pelo Prof. Dr. Carlos Augusto de França Schettini, em preenchimento parcial para obter o grau de Doutor(a) em Geociências, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental, defendida e aprovada em 19 de dezembro de 2008.

Recife, PE

2008

LUCIMARY ALBUQUERQUE DA SILVA

Aprovada



Prof.ª. Dr.ª. Lúcia Maria Mafra Valença

19/12/2008

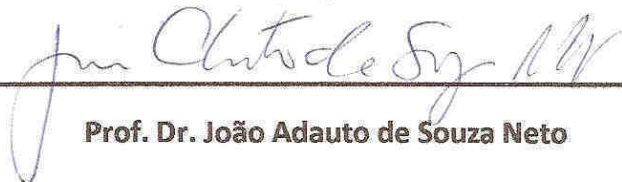


Prof. Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann

19/12/2008

Prof. Dr. Moacyr Cunha de Araújo Filho

19/12/2008



Prof. Dr. João Adauto de Souza Neto

19/12/2008



Prof.ª. Dr.ª. Rochana Campos de Andrade Lima Santos

19/12/2008

A Wallace

“Com grandes poderes vem grandes responsabilidades.”

(Tio Bem, em Homem-Aranha #1)

# AGRADECIMENTOS

É extremamente difícil relacionar todos que contribuíram para finalização deste trabalho, porém alguns nomes devem ser citados. Por isso agradeço especialmente a:

A Prof. Lúcia Maria Mafra Valença pela orientação, paciência e amizade. E ao Prof. Carlos Augusto França Schettini pela coorientação, mesmo à distância.

Ao Prof. Paulo da Nóbrega Coutinho, pelas conversas-aulas, muita paciência e recursos financeiros, através do Projeto Forte Orange.

Ao Prof. Valdir do Amaral Vaz Manso, pela amizade e pelo empréstimo de alguns equipamentos, utilização do laboratório e o espaço cedido para minha acomodação

A Wallace Duarte Fragoso, meu marido, que me aguentou pacientemente, todo o processo de “estar em Tese”. E por ter consertado o PC, todas as vezes que ele pifou. E por ter me presenteado com um *laptop* quando o PC quebrou definitivamente.

Ao Prof. Eldemar de Albuquerque Menor pela ajuda na análise dos raios-X.

Ao Instituto de Tecnologia de Pernambuco-ITEP, que gentilmente concedeu-me os dados pluviométricos.

A Miguel Arraes, Carlos Fernando, Leonardo e seu Laércio, pela amizade e pelo auxílio nos trabalhos de campo.

A Rodolfo, do departamento de oceanografia que me “iluminou” no programa de análise de correntes.

Ao meu colega José Antonio Barbosa por gentilmente ter cedido o mapa geológico.

A Severino Monte que me auxiliou nas fotografias das amostras.

Aos meus amigos Marinete Xavier, Luciano Cintrão e Josué Pereira, pelas “dicas” em vários momentos no desenvolvimeto do trabalho e sobre vários assuntos. E, ao clube da Lulu-zinha pelos momentos de descontração.

Ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, pela infra-estrutura e apoio técnico.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - pela concessão da bolsa de estudo, sob processo nº

E, a todos aqueles de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigada.

# APRESENTAÇÃO

Esta pesquisa foi financiada através de bolsa de estudos concedida pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e pelo Projeto Forte Orange de CONTENÇÃO DO MAR, coordenado pelo Prof. Paulo da Nóbrega Coutinho.

A Pesquisa trata dos parâmetros sedimentológicos, morfológicos e hidrodinâmicos da área do Canal de Santa Cruz, comparando os dados recentes com os obtidos durante o Mestrado. O trabalho está dividido em cinco capítulos, assim distribuídos:

O primeiro capítulo se refere ao embasamento teórico, os objetivos e a hipótese de trabalho aqui desenvolvida.

O segundo, trata da localização da área de estudo, dos aspectos geológicos e morfológicos e suas principais características, físicas, químicas, biológicas e antropogênicas.

No terceiro capítulo são descritos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

O quarto capítulo, trata dos resultados e discussões dos estudos sedimentológicos das amostras, abordando a classificação granulométrica, assim como uma análise dos parâmetros estatísticos (desvio padrão, assimetria e curtose). Inclui os aspectos composicionais, tais como: texturais (arredondamento, esfericidade, etc.), concentração de matéria orgânica, concentração de carbonato total, e análise de raios-X. Aqui também são apresentados vários mapas que foram elaborados para uma melhor compreensão da distribuição espacial das propriedades das amostras coletadas. Assim com da batimetria, onde foi elaborado mapa batimétrico de todo o canal e, a partir deste elaborados mapas detalhados. Os dados obtidos foram comparados com da Marinha do Brasil, publicado na Carta nº 910. Como também trata da análise dos dados de correntes coletados nas desembocaduras dos rios Carrapicho, Botafogo e Igarassu, e nas duas desembocaduras do Canal de Santa Cruz, ao norte na Barra de Catuama e ao Sul na Barra Orange. Trata também do estudo comparativo entre o aporte de água que entra e que sai do canal através de suas desembocaduras sul e norte do canal, e a contribuição dos rios que aí desembocam.

No quinto capítulo, apresenta as conclusões dos estudos realizados, assim como, algumas recomendações para a manutenção e conservação do Canal como um todo.



## RESUMO

O Canal de Santa Cruz é um sistema estuarino com 22 Km de extensão, abrangendo uma área de 36,3 Km<sup>2</sup>, com duas conexões com o mar. Localiza-se no litoral norte pernambucano e separa a Ilha de Itamaracá do continente. Nele desembocam um conjunto de rios e riachos, sendo os principais os rios Itapessoca, Carrapicho, Botafogo e Igarassu. O ecossistema apresenta uma biota característica de manguezal que foi muito destruída pela ação antrópica, sobretudo através de desmatamento e pesca indiscriminada. Este trabalho objetivou o estudo sedimentológico, morfológico e hidrológico do Canal de Santa Cruz, afim de obter informações que possibilitem ações de gerenciamento para a proteção e seu aproveitamento adequado. Os métodos utilizados envolveram coleta e análise de amostras de sedimentos, batimetria e correntometria, para a caracterização da dinâmica estuarina da área. O estudo sedimentológico mostrou que os sedimentos do fundo do Canal são constituídos por areias moderadamente a bem selecionadas, arredondados a subarredondados, brilhantes e compostas, em sua maior proporção, por quartzo, além de bioclastos e fragmentos de rochas. Demonstram ainda dois padrões de deposição relacionados com a circulação hidrodinâmica e com a profundidade da área de estudo. O primeiro localizado nas duas conexões com o mar, com hidrodinâmica mais ativa e deposição de areia média a fina, profundidade média de 5 metros com máximo de 17 m, e o segundo nas proximidades da ponte de Presidente Vargas que liga a Itamaracá ao continente, com hidrodinâmica menos intensa e deposição de areia muito fina a lama e profundidade de até 4 metros. A correntometria indica padrões de circulação semelhantes no que se refere ao sentido da corrente, entre as duas aberturas do Canal - ao norte, Barra de Catuama, e ao sul, Barra Orange. A Barra de Catuama apresenta vazão duas vezes maior que a Barra Orange. Conclui-se que a profundidade do canal estudado interfere na circulação hidráulica de modo a determinar os dois padrões de sedimentação do local. Do mesmo modo, a ação antropogênica, principalmente através da exploração imobiliária, desmatamento, modificam o sistema como um todo. Com base neste estudo recomenda-se ação conjunta do governo e população para uma exploração sustentável do Canal.

Palavras-chave: sedimentologia, composição, hidrologia, batimetria, correntometria, Canal de Santa Cruz.

## ABSTRACT

The Chanal of Santa Cruz is estuarine system with 22 Km of extension, two connections of the sea and 36.6 Km<sup>2</sup> of area. It's situated on Pernambuco North cost and separating Itamaracá Island from to the continent. They discharge a set of rivers and streams, being main the Itapessoca, Carrapicho, Botafogo and Igarassu. The mongrove ecosystem it was much destroyed by the human action, like deforestation and fishes indiscriminate. This work studied the sedimentologic, morphologic and hydrologic aspects of the Chanal of Santa Cruz, to obtain pices of information that they make possible action of management for protection and its adequate exploitation. The used methods had involved collection and sediments analysis, bathymetry and correntometry, for the characterization of the estuarine dynamics. The sedimentologic study showed that sediments in the botton of the Canal are constituted basically by quartzs sands rounded, shining and with presence of bioclasts and pices of beach rocks, generally from moderated selected to well selected. They still demonstrate two standards of deposition related with the circulation hydrodynamics and the depth of the study area. The first one located in the two connections with the sea, with more active hydrodynamics, with deposition of sand avarege to thin one, average depth of 5 meters with maximum of 17 m, and the other in the neighborhoods of Itamaracá bridge, with less intense hydrodynamics and deposition of material very thin or mud, and depth of up to 4 meters. The correntometric indicates similar standards of circulation as for the direction of the corrent, between the openings of the Chanal - to the North, Barra de Catuama, and to the South, Barra Orange. The Barra de Catuama presents bigger outflow two times that the Barra Orange. One concludes that the depth of the Chanal intervenes with the hydraulical circulation in order to determine the two standards of sedimentation of the place. In a similar way, the human action, through the real estate exploration and deforestation, modifies the system as a whole. One sends regards to joint action of the government and population for an acceptable exploration of the Chanal.

Keywords: sedimentoloy, composition, hidrology, bathymetry, Canal de Santa Cruz.

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
1.1	JUSTIFICATIVA . . . . .	18
1.2	OBJETIVOS . . . . .	20
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>21</b>
2.1	LOCALIZAÇÃO . . . . .	21
2.2	ASPECTOS GEOLÓGICOS . . . . .	21
2.2.1	Embasamento Cristalino . . . . .	21
2.2.2	Sequência Cretácea . . . . .	23
2.2.3	Sequência Terciária . . . . .	27
2.2.4	Sedimentos Quaternários . . . . .	28
2.2.5	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS . . . . .	31
2.2.6	Relevo Colinoso . . . . .	31
2.2.7	Superfície de Tabuleiros . . . . .	31
2.2.8	Planície Costeira . . . . .	31
2.3	CLIMA . . . . .	32
2.4	HIDROGRAFIA . . . . .	32
2.4.1	A Bacia do Rio Botafogo . . . . .	34
2.4.2	A Bacia do Rio Igarassu . . . . .	34
2.5	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS . . . . .	35
2.5.1	Salinidade . . . . .	35
2.5.2	Temperatura . . . . .	35
2.5.3	Transparência . . . . .	35
2.5.4	Oxigênio Dissolvido . . . . .	36
2.5.5	pH . . . . .	36
2.5.6	Sais Nutrientes . . . . .	37

2.6	BIOTA . . . . .	38
2.6.1	Flora . . . . .	38
2.6.2	Fauna . . . . .	39
2.7	AÇÕES ANTROPOGÊNICAS . . . . .	40
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>42</b>
3.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO . . . . .	42
3.2	TRABALHOS DE CAMPO . . . . .	42
3.2.1	Amostragem . . . . .	42
3.2.2	Aquisição de Dados Batimétricos . . . . .	44
3.2.3	Correntometria . . . . .	46
3.3	TABALHOS LABORATORIAIS E DE GABINETE . . . . .	46
3.3.1	Determinação Granulométrica . . . . .	46
3.3.2	Análises Morfoscópica e Composicional . . . . .	48
3.3.3	Difratometria de Raios-X . . . . .	48
3.3.4	Determinação das Concentrações de Matéria Orgânica e Carbonato Total	48
3.3.5	Batimetria . . . . .	50
3.3.6	Processamento dos Dados . . . . .	50
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>52</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA . . . . .	52
4.1.1	O Diâmetro Médio dos Grãos . . . . .	52
4.1.2	Desvio Padrão . . . . .	55
4.1.3	Assimetria . . . . .	57
4.1.4	Curtose . . . . .	59
4.1.5	Distribuição de Fácies . . . . .	59
4.2	ESTUDOS MORFOSCÓPICOS E COMPOSICIONAL . . . . .	63
4.2.1	Composição . . . . .	63

4.2.2	Concentração de Matéria Orgânica . . . . .	74
4.2.3	Concentração de Carbonato Total . . . . .	77
4.2.4	Relação entre a Concentração de Matéria Orgânica e o Carbonato Total	77
4.3	BATIMETRIA . . . . .	78
4.4	CORRENTOMETRIA . . . . .	82
4.4.1	Setor Norte . . . . .	84
4.4.2	Setor Sul . . . . .	88
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>99</b>

## Lista de Figuras

1	Esquema do desenvolvimento estuarino segundo Boyd et al. (1992). . . . .	17
2	Mapa de localização do Canal de Santa Cruz (Modificado de Nova, 2005). . . .	22
3	Carta Estratigráfica proposta para faixa costeira da Bacia da Paraíba, (Modificado de Barbosa, 2004 apud Barbosa, 2007). . . . .	23
4	Mapa geológico da área de estudo. (Modificado de Ferreira, 2008). . . . .	24
5	Formação Gramame na porção Norte da área de estudo, Ilha de Itapessoca. . . .	26
6	Formação Barreiras na porção sul da Ilha de Itamaracá, próximo ao Forte Orange (Silva, 2004). . . . .	28
7	Depósito flúvio-marinho no Canal de Santa Cruz na margem da Ilha de Itamaracá.	30
8	Depósitos atuais de praia, da Coroa do Avião, PE . . . . .	30
9	Mapa das bacias hidrográficas do Litoral Norte, mostrando estações e pontos de monitoramento poluição. Realizado pela CPRH, 2003. . . . .	33
10	Localização dos pontos amostrados. . . . .	43
11	Embarcação utilizada para coleta de amostras, batimetria e correntometria. . . .	44
12	Perfilamento realizado transversalmente e longitudinalmente à calha do Canal de Santa Cruz. . . . .	45
13	Fluxograma dos métodos empregados para as análises de granulometria, determinação das concentrações de M.O e carbonato total. . . . .	47
14	Mapa de localização das amostras utilizadas para determinação de M.O. e carbonato total. . . . .	49
15	Divisão do Canal de Santa Cruz em setores 1, 2 e 3. . . . .	51
16	Mapa de distribuição do diâmetro médio dos grãos para as amostras coletadas em 2004/2005/2008. . . . .	54
17	Mapa de distribuição do diâmetro médio dos grão para as amostras de 2002 (Silva, 2004). . . . .	54
18	Mapa de Grau de Seleção das amostras coletadas em 2004/2005/2008. . . . .	56
19	Mapa de Grau de Seleção das amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004. . .	56
20	Mapa de distribuição de assimetria para as amostras coletadas em 2004/2005/2008.	58

21	Mapa de Assimetria para as amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004. . . . .	58
22	Mapa de Curtose para as amostras coletadas em 2004/2005/2008. . . . .	60
23	Mapa de Curtose para as amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004. . . . .	60
24	Mapa de distribuição de fácies para amostras coletadas em 2004/2005/2008. . . . .	62
25	Mapa de distribuição de fácies para amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004. . . . .	62
26	Composição das amostras dos setores 1, 2 e 3. . . . .	63
27	A - grãos de quartzo agregados à caulinita, B - grãos de mica; C - limonita; D - grão de quartzo e turmalina. . . . .	64
28	Bioclastos: <b>a</b> espícula de esponja, <b>b, d</b> carapaças de braquiópodes, <b>c, f, g</b> carapaças de gastrópodes, <b>e</b> , espinho. . . . .	64
29	Bioclastos: <b>a, b</b> espinhos de equinóides, <b>c, d, e, g, h</b> carapaças de gastrópodes, <b>e, f, i</b> braquiópodes. . . . .	65
30	Difratograma de Raios-X, para a amostra 3, localizada no setor 1. . . . .	66
31	Difratograma de Raios-X, para a amostra 5, localizada no setor 1. . . . .	66
32	Difratograma de Raios-X, para a amostra 17, localizada no setor 1. . . . .	67
33	Difratograma de Raios-X, para a amostra 30, localizada no setor 2. . . . .	67
34	Difratograma de Raios-X, para a amostra 42, localizada no setor 2. . . . .	68
35	Difratograma de Raios-X, para a amostra 78, localizada no setor 2. . . . .	68
36	Difratograma de Raios-X, para a amostra 92, localizada no setor 2. . . . .	69
37	Difratograma de Raios-X, para a amostra 93, localizada no setor 3. . . . .	69
38	Difratograma de Raios-X, para a amostra 119, localizada no setor 3. . . . .	70
39	Difratograma de Raios-X, para a amostra 130, localizada no setor 3. . . . .	70
40	Difratograma de Raios-X, para a amostra 167, localizada no setor 3, nas proxi- midades da Barra de Catuama. . . . .	71
41	Difratograma de Raios-X, para a amostra 176, localizada no setor 3. . . . .	71
42	Difratograma de Raios-X, para a amostra 184, localizada no setor 3, na desem- bocadura do rio Carrapicho. . . . .	72
43	Relação arredondamento X esfericidade dos grão de quartzo das amostras do Canal de Santa Cruz. . . . .	73

44	Mapa de localização aproximada dos viveiros de cunicultura e os valores de concentração percentuais de M.O e carbonato total. . . . .	76
45	Gráfico da correlação entre as concentrações de matéria orgânica e de carbonato total. . . . .	77
46	Ilustração do mapa batimétrico produzido pela Marinha do Brasil para o Canal de Santa Cruz em 1963. . . . .	79
47	Mapa batimétrico do Canal de Santa Cruz em 2007 . . . . .	80
48	Detalhes ampliados do mapa batimétrico do Canal de Santa Cruz para 2007. . .	81
49	Localização dos perfis de levantamento de dados de correntes dos setores Norte e Sul do Canal de Santa Cruz.(As setas vermelhas indicam os posicionamento dos perfis e o sentido de deslocamento do barco.) . . . . .	83
50	Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente das quatro seções do Perfil 1 do Setor Norte. . . . .	85
51	Sentido, intensidade e variação da velocidade das correntes nas seções do Perfil 2 - rio Carrapicho no Setor Norte. . . . .	86
52	Sentido, intensidade e variação da velocidade das correntes nas quatro seções do Perfil 3 do Setor Norte - Rio Botafogo. . . . .	87
53	Sentido e intensidade das corrente das quatro seções do Perfil 4 do Setor Norte	89
54	Sentido, intensidade e velocidade das correntes nas cinco seções do Perfil 1 do setor Sul - Oceano Atlântico. . . . .	90
55	Sentido,intensidade e variação da velocidade das corrente nas seções do Perfil 2 do Setor Sul - Barra Orange. . . . .	91
56	Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente nas seções do Perfil 3 do Setor Sul - Forte Orange. . . . .	93
57	Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente nas seções do Perfil 4 do Setor Sul - Rio Igarassu. . . . .	94
58	Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente nas seções do Perfil 5 do Setor Sul - Canal de Santa Cruz. . . . .	95



## Lista de Tabelas

1	Características dos terraços marinhos . . . . .	28
2	Percentagem de arredondamento e esfericidade nos setores do Canal de Santa Cruz (A anguloso, SA subanguloso, SAR, subarredondado, AR arredondado) .	73
3	Concentração de Matéria Orgânica e Carbonato Total. . . . .	75
4	Resultados da vazão computada para os perfis do setor norte . . . . .	97
5	Resultados da vazão computada para os perfis do setor sul. . . . .	98
6	Distribuição das classes granulométricas dos sedimentos do Canal de Santa Cruz. Classificação de Shepard (1954) . . . . .	105
7	Parâmetros estatísticos dos sedimentos do canal de Santa Cruz . . . . .	108

# 1 INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros tem sido durante muito tempo as áreas preferidas para a ocupação humana, devido as belezas naturais, os climas agradáveis, e os recursos variados (alimento, turismo, extrativismo vegetal etc.). Dentre os ambientes costeiros mais importantes destacam-se os estuários, que são de grande importância para a preservação, conservação e manutenção de várias espécies marinhas, fluviais e terrestres. Porém, nos últimos anos sofrendo grandes transformações, devido ao desenvolvimento econômico, causando degradação ambiental e queda na qualidade de vida para as populações que habitam seu entorno.

A palavra estuário deriva do latim *aestuarium*, que significa área baixa com influência das marés. Existem várias definições para estuários, que depende do segmento de estudo.

A definição mais clássica é a proposta por Pritchard (1955) e Cameron & Pritchard (1963), que abrange apenas o limite de influência da água do mar: “Estuário é um corpo de água costeiro semifechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

Entretanto Dalrymple et al. (1992), utilizou-se também da importância da sedimentação e, definiu estuário como: “parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, os quais recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, onda e processos fluviais. Considera-se que o estuário se estende desde o limite interno das fácies de maré, até o limite oceânico das fácies costeiras”.

Ecologicamente, Perillo (1995) (*in* Miranda et al., 2002), acrescenta ainda que o estuário pode “sustentar espécies biológicas eurihalinas durante uma parte ou por todo o seu ciclo de vida”.

Miranda et al. (2002) dizem que a definição mais satisfatória é a adaptada de Prichard (1955), onde define-se estuário como: “um corpo de água costeiro semifechado com ligação livre com o oceano aberto, estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré, sendo que em seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

Segundo Russell (1967), os estuários podem ocorrer ou desaparecer durante as transgressões e regressões marinhas, respectivamente. Possivelmente já ocorreram em vários períodos geológicos, sendo mais frequentes e evidentes no Quaternário. Quando ocorre uma transgressão marinha, a ação oceânica é mais proeminente e suas águas invadem as desembocaduras dos rios, dando origem aos estuários. Quando há uma regressão marinha há o predomínio da ação fluvial favorecendo o desenvolvimento dos deltas (Boyd, 1992) (Figura 1).

Vários sistemas de classificação foram concebidos para a delimitação das áreas de in-

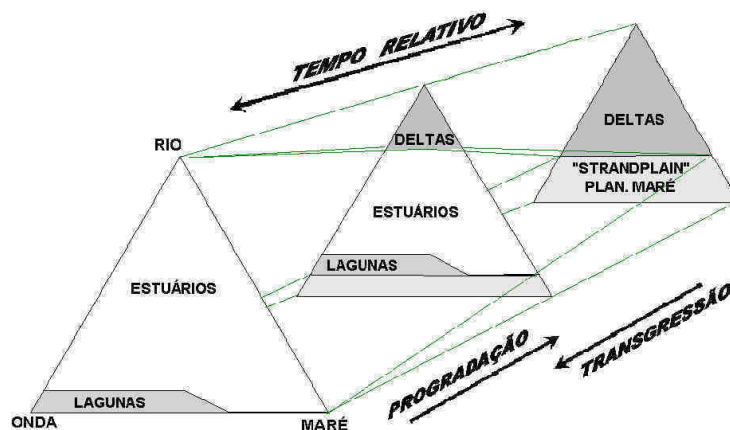


Figura 1: Esquema do desenvolvimento estuarino segundo Boyd et al. (1992).

fluência do ambiente estuarino. Assim, eles podem ser classificados por sua geomorfologia (vales de rios afogados, fjord, em forma de barra, e produzidos por processos tectônicos); pelos parâmetros de circulação das águas (dominados por ondas, e dominados por marés); pela estrutura salina ou parâmetros estratigráficos (típicos ou normais - estuários em cunha salina, altamente estratificados, parcialmente estratificados, parcialmente estratificados e verticalmente homogêneos; hipersalinos; e fechados).

Os estuários são encontrados ao redor de todo o globo, em qualquer tipo de clima. As melhores condições para seu desenvolvimento são encontrados nas planícies costeiras das médias latitudes. Nas regiões tropicais, o clima, favorece o desenvolvimento de um tipo especial de ecossistema, os chamados manguezais (Russell, 1967).

Os manguezais são ecossistemas de transição entre os ambientes terrestre, marinho e fluvial, que comportam um grande número de espécies animais flúvio-marinhos e, possuem uma vegetação típica de “mangue”. De acordo com Magalhães (1979), “manguezal é um terreno lamacento à beira dos rios e lagos, nos quais chega a água do mar. E, mangue é o nome comum de numerosas plantas arbustivas e arbóreas do Brasil”. O seu desenvolvimento só ocorre em uma série de condições específicas associadas, tais como: clima quente úmido, solo areno-lamoso, salinidade variando entre 5 a 30, e precipitação pluviométrica acima de 1500 mm/ano

O manguezal é uma zona ecológica e economicamente importante, por apresentar condições favoráveis para o abrigo e desenvolvimento da biota flúvio-marinha, que se adapta às suas condições, e que passa nele pelo menos um ciclo de sua vida. O manguezal serve como maternidade, berçário e área de alimentação, proporcionando condições favoráveis para a procriação de várias espécies aquáticas, além de contribuir para a sobrevivência de aves, répteis e mamíferos, muitos deles integrados a lista de espécies ameaçadas de extinção.

A água doce do rio transporta grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica para os estuários e, juntamente com tempo de residência (ou retenção) da água, propicia condições para o desenvolvimento dos produtos primários e de uma cadeia alimentar ativa. Por isso, esses ambientes constituem um dos principais fornecedores de alimentos para organismos bentônicos, epi-bentônicos e pelágicos, sendo de grande importância na cadeia alimentar marinha. Qualquer perturbação nesse ecossistema provoca uma reação em cadeia que percorrerá em outros sistemas ligados a ele direta ou indiretamente (Silva, 2004). E, sua vegetação protege o litoral da erosão, retém os sedimentos e evita o assoreamento do estuário.

Econômica e socialmente, esse ecossistema é utilizado como fonte de produtos alimentícios (peixes, moluscos, crustáceos, etc.) para o homem, que nele tira seu sustento. Além disso, dependendo da sua profundidade, serve como canal de navegação para pequenas embarcações que transportam contingentes humanos e produtos. Assim como, serve também de área de recreação das populações que habitam seu entorno e muitas vezes são utilizadas como atração turística.

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

O Canal de Santa Cruz é uma área estuarina com manguezal, muito explorada economicamente, principalmente nos setores pesqueiro, imobiliário e turístico. Porém essa exploração não tem um controle governamental adequado. Por isso se encontra muito vulnerável aos impactos ambientais que estas atividades promovem. Tem-se como exemplo a exploração descontrolada da Coroa do Avião, que foi durante muito tempo local de descanso de aves migratórias e hoje serve de ponto de bares, o que afastou as aves do local. Por isso, vem sendo estudado por diversos especialistas, tais como: biólogos, geólogos, geógrafos, físicos e outros, todos procuram entender, dentro de suas especialidades, a dinâmica desse estuário.

O Canal de Santa Cruz é, segundo a CONDEPE & CPRH (1982), (Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco & Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental), um dos mais importantes estuários do Estado de Pernambuco, que representa um recurso natural de alto valor para as comunidades carentes ribeirinhas, pois apresenta características favoráveis para o desenvolvimento da biota. Porém, o próprio CONDEPE & CPRH (1982) reconhecem que essa área apresenta sinais de desequilíbrio ecológico, devido à grandes cargas poluidoras lançadas ao longo do percurso dos rios que nele desembocam, principalmente o rio Botafogo. Esse processo é agravado pelo adensamento urbano, pois para a fixação de população nesse tipo de região é necessário que haja desmatamento, aterramento e construção de casas, que muitas vezes não tem saneamento básico e despeja seus dejetos diretamente no Canal, sem controle algum, provocando desequilíbrio da fauna e da flora, afetando a cadeia trófica, o que reduz ou extingue algumas espécies.

A Lei Estadual nº 9931 de 11 de dezembro de 1986, definiu o Canal de Santa Cruz como Reserva Biológica e Área de Proteção Ambiental. O órgão responsável (o CPRH), denominou a área de Complexo Estuarino do Canal de Santa Cruz, abrangendo além do Canal, os rios Igarassu, Botafogo, Maniquara e Arataca. Nessa época a área foi considerada conservada.

Após 22 anos, o processo de impacto ambiental no Canal de Santa Cruz vem se agravando, devido às ações humanas desenvolvidas ao longo do curso de seus rios depositários, refletindo às agressões sofridas por eles, principalmente o avanço urbano em suas margens. A expansão imobiliária é considerada o maior fator de desequilíbrio ecológico do Canal, pois é através dela que muitas características do meio ambiente são afetadas. Entre elas pode-se citar o desmatamento, que promove uma deposição diferenciada de sedimentos, e ainda modifica a toda configuração e dinâmica do Canal. Além do desmatamento, essa expansão aumenta a descarga de dejetos orgânicos e lixo em geral.

O complexo estuarino do Canal de Santa Cruz é composto pelas bacias hidrográficas dos rios Carrapicho, Igarassu e Botafogo, onde ao longo destes instalaram-se inúmeras residências e indústrias que ao longo dos anos vem despejando, sem tratamento, seus dejetos diretamente nesses locais tornando o impacto ambiental visíveis nessas áreas. Segundo Lima (2008), os impactos mais marcantes ocorreram ao longo do rio Botafogo, a saber: lançamento resíduo diretamente no rio, pela Indústria Agroquímica do Brasil (AQB/SA), que por esse motivo foi fechada em 1991; despejos históricos de efluentes com mercúrio pela fábrica de soda-cloro, CAII, desde sua implantação em 1963; e, despejos da fábrica de pesticidas, Milênia Agro Ciência, que certamente contribuiu como vetor de poluição do rio Botafogo.

Nas atividades agrícolas desenvolvidas nas áreas adjacentes ao Canal e aos rios distributários, é comum a utilização de pesticidas organoclorados, que segundo Lira (1975) chegavam diluídos no Canal e não representavam perigo para o ecossistema local. Porém vale salientar que já se passaram mais de trinta anos, desde o trabalho de Lira (1975), e nesse período as áreas cultivadas e habitadas aumentaram consideravelmente. Dentre as atividades agrícolas, o cultivo da cana-de-açúcar, tem um maior impacto, pois ocupa grandes áreas sendo necessários um desmatamento efetivo, que muitas vezes atingem as áreas de mangues que se encontram nos terrenos mais elevados.

Além do desmatamento para plantio, as árvores do mangue também são retiradas para produção de corantes, pois são bastante ricas em tanino, assim como apresentam um grande poder de combustão, onde são levadas para serem queimadas em fornos. A sua madeira também é bastante utilizada para construções ribeirinhas.

Devido ao PRODETUR (Plano Estratégico de Desenvolvimento do Turismo em Pernambuco), o projeto de conscientização ambiental, busca o desenvolvimento do turismo integrado

à conservação ambiental e valorização cultural, abrangendo os municípios de Goiana (Barra de Catuama), Igarassu, Itamaracá, Itapissuma e Paulista (Maria Farinha), conhecido como Complexo Náutico-Cultural), a pesca predatória, que ocorreu durante muito tempo, diminuiu consideravelmente. Muitos pescadores voltaram-se para o setor turísticos. Entretanto, a quantidade de viveiros para a carcinicultura vem aumentando consideravelmente. Essas fazendas de criação de camarão necessitam de uma grande quantidade de água, que após ser utilizada é devolvida aos mananciais com substâncias poluentes, podendo gerar escassez de alimento para o consumo, de comunidades que se situem próximas. Ao sofrerem devastação para a construção dos viveiros, os manguezais são impedidos de se recuperar.

Silva (2004) ao comparar seu trabalho com o de Lira (1975), constatou que após aproximadamente 29 anos os sedimentos do fundo do Canal apresentaram-se mais finos. E esta relacionou essa mudança ao aumento populacional e a consequente retirada de material, das áreas adjacentes para a construção civil.

Por isso faz-se necessário compreender como esse processo, de modo geral, pode afetar ou afeta a dinâmica estuarina do Canal de Santa Cruz, aprimorando os conhecimentos sobre a área. E assim também entender o que ocorre em áreas semelhantes ao do Canal de Santa Cruz.

## 1.2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo efetuar um estudo das características sedimentológicas, morfológicas e hidrodinâmica ao longo do Canal, afim de obter informações básicas que possibilitem subsidiar programas de gerenciamento, de proteção, defesa e aproveitamento adequado do estuário, e como objetivos específicos:

- Levantar dados pretéritos da área, tais como sedimentologia, batimetria, assim como os parâmetros físico-químicos e biológicos;
- realizar estudos batimétrico, sedimentológico e de correntes para caracterizar a hidrodinâmica local.
- Elaborar mapas temáticos com os dados sedimentológicos e batimétricos.
- caracterizar os sedimentos de superfície de fundo com base na análise granulométrica e seus parâmetros estatísticos;
- comparar os novos dados com os dados históricos obtidos por Silva (2004).

## **2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1 LOCALIZAÇÃO**

A Ilha de Itamaracá situa-se no litoral norte de Pernambuco, a 55 km do Recife, capital do estado, entre as latitudes 7°35' S e 7°55' S e longitudes 34°48' W, 34°52' W. O sistema estuarino do Canal de Santa Cruz, também conhecido como estuário de Itamaracá, é um braço de mar em forma "C" que contorna a Ilha de Itamaracá, separando-a do continente (Figura 2). Segundo o CONDEPE & CPRH (1982), este complexo estuarino ocupa uma área de 877 Km<sup>2</sup>, com uma extensão de 22 Km e largura máxima de 1,5 Km. Sua profundidade média varia entre 4 a 5 metros, aproximadamente, com maiores profundidades na parte norte.

### **2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS**

O litoral pernambucano tem uma extensão de 187 km, com uma linha de praia mais ou menos contínua. O Lineamento Pernambuco separa o Estado em duas bacias diferenciadas por critérios geofísicos e geotectônicos; a primeira é a Bacia Pernambuco (sul), onde o domínio colinoso é marcante, e a segunda é a Bacia da Paraíba (norte) (CPRH, 2003), dividida em duas sub-bacias, a Alhandra-Miriri, e a Olinda, onde há predomínio de superfícies de tabuleiros e planície costeira, e onde está inserido o Canal de Santa Cruz (Barbosa, 2007).

A Bacia da Paraíba de idade Campaniana se desenvolveu sob condições de baixo tectonismo, quando da geração das bacias sedimentares marginais (Alheiros, 1998). Recobrimo indistintamente rochas pré-cambrianas encontram-se os sedimentos cretáceos das formações Beberibe, Itamaracá, Gramame; sedimentos paleógenos da formação Maria Farinha, sedimentos neógenos da formação Barreiras, e sedimentos quaternário da planície costeira pernambucana. Neste último encontram-se os terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos (Manso, 1997) (Figuras 3 e 4).

#### **2.2.1 Embasamento Cristalino**

Segundo Manso et al. (1997), o embasamento cristalino é constituído por dois tipos litológicos distintos: rochas graníticas e rochas metassedimentares. Essas rochas são constituídas, principalmente, por granitos, migmatitos, gnaisses e xistos.

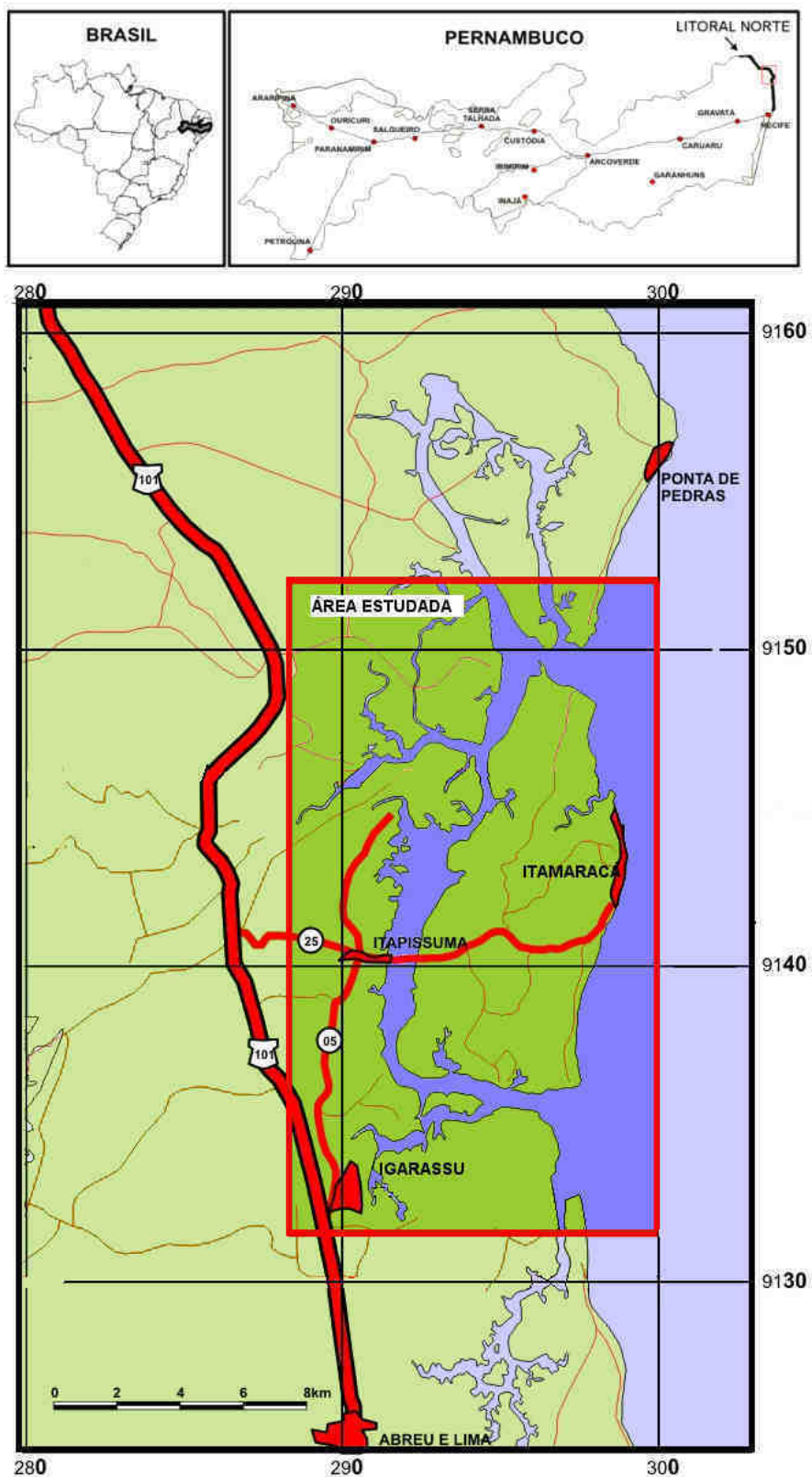


Figura 2: Mapa de localização do Canal de Santa Cruz (Modificado de Nova, 2005).



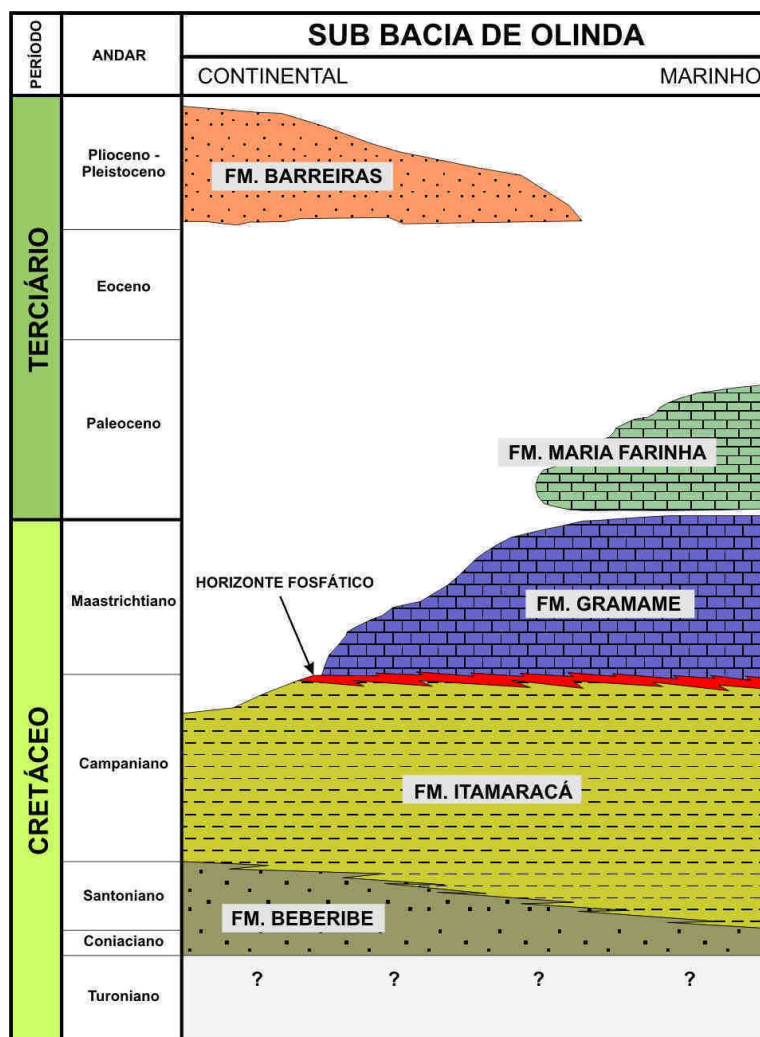


Figura 3: Carta Estratigráfica proposta para faixa costeira da Bacia da Paraíba, (Modificado de Barbosa, 2004 apud Barbosa, 2007).

## 2.2.2 Sequência Cretácea

### Formação Beberibe

Segundo Gomes (2001), quem primeiro utilizou essa denominação foi Kegel, em 1957, para designar o afloramento fossilífero das camadas microclásticas que ocorrem no vale do rio Beberibe. Hoje, ela engloba toda a seqüência clástica basal do Bacia Paraíba. Mabesoone & Alheiros (1998) a discriminaram como sendo uma seqüência essencialmente arenosa, com uma espessura média de 200 metros, em geral sem fósseis, constituída de arenitos friáveis mal selecionados com componentes argilosos, cores variando de cinzento a creme. Na sua base podem aparecer leitos conglomeráticos, intercalados com níveis de argila. No topo predominam arenitos médios a finos, intercalados por camadas siltico-argilosas, com restos fossilíferos. Em subsuperfície foi identificada uma passagem lateral, em geral caracterizada por interdigitação

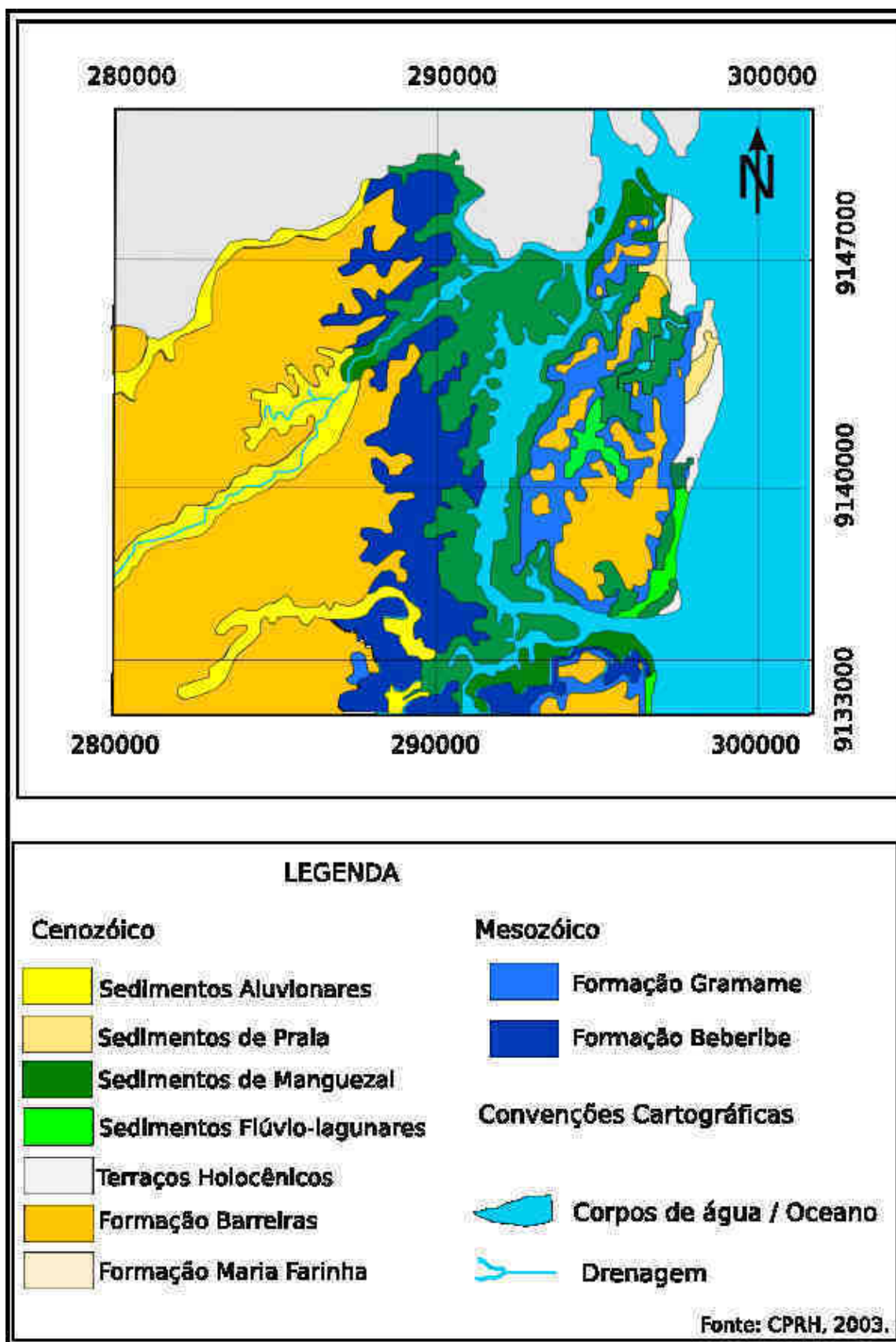


Figura 4: Mapa geológico da área de estudo. (Modificado de Ferreira, 2008).

e, com menor frequência, por gradação, para um arenito mais duro, com cimento carbonático e fragmentos de organismos não identificados. Segundo Manso et al. (1997), esta unidade foi anteriormente mapeada apenas próximo ao vale do rio Beberibe, sendo posteriormente detectada nos vales dos rios Barro Branco, Paratibe, Botafogo, Itapissuma e no Canal de Santa Cruz.

Na área de estudo a formação Beberibe foi observada no município de Itapissuma, na subida para Chã do Chadrão, em uma retirada de areia para a construção civil, que formavam duas jazidas de areia. Na primeira, localizada no topo, o arenito é friável e de cor branca. Na segunda, exposta na parte mais basal, observa-se um arenito conglomerático com níveis de laterização, formando uma camada com diagênese média e forte. Estas mesmas características são encontradas aproximadamente a 500 metros após a ALCOA (Aluminum Company of America), no riacho das Pacas e no Canal de Santa Cruz, onde se apresentam arenitos esbranquiçados calcíferos com matriz caulínica, e também em afloramentos, na estrada que leva à Ilha de Itapessoca.

Devido ao seu caráter aquífero, a formação Beberibe constitui a mais importante reserva de água subterrânea da Região Metropolitana do Recife (RMR).

### **Formação Itamaracá**

A formação Itamaracá, identificada em poços, apresenta características transgressivas que indicam a existência de depósitos marinhos com grande quantidade de material terrígeno. Sua composição varia muito ao longo da bacia Paraíba, e incluem calcários detríticos com siliciclastos, arenitos calcíferos e níveis de marga e folhelho, todos muito fossilíferos (Barbosa, 2004).

No topo, varia de níveis de fosforitos mais puros até níveis de arenitos finos e siltitos carbonáticos ricos em fosfatos, com presença de calcita, dolomita, quartzo e microlina. Apresenta grande quantidade de organismos marinho (vermes e moluscos) e foraminíferos preenchidos por fosfato, e restos de conchas (Kegel (1955) apud Barbosa, 2007). O mesmo autor constatou que estes organismos são raros na porção inferior dos depósitos. Assim, como observou níveis de dolomitas com abundância de siliciclastos não contínuos.

### **Formação Gramame**

Segundo Gomes (2001) a formação Gramame (Figura 5), mostra um caráter transgressivo sobre os arenitos Beberibe. No topo, passa sem interrupção para os calcários Marinha Farinha. Segundo Mabesoone & Alheiros (1991), apresenta-se dividida em três fácies:

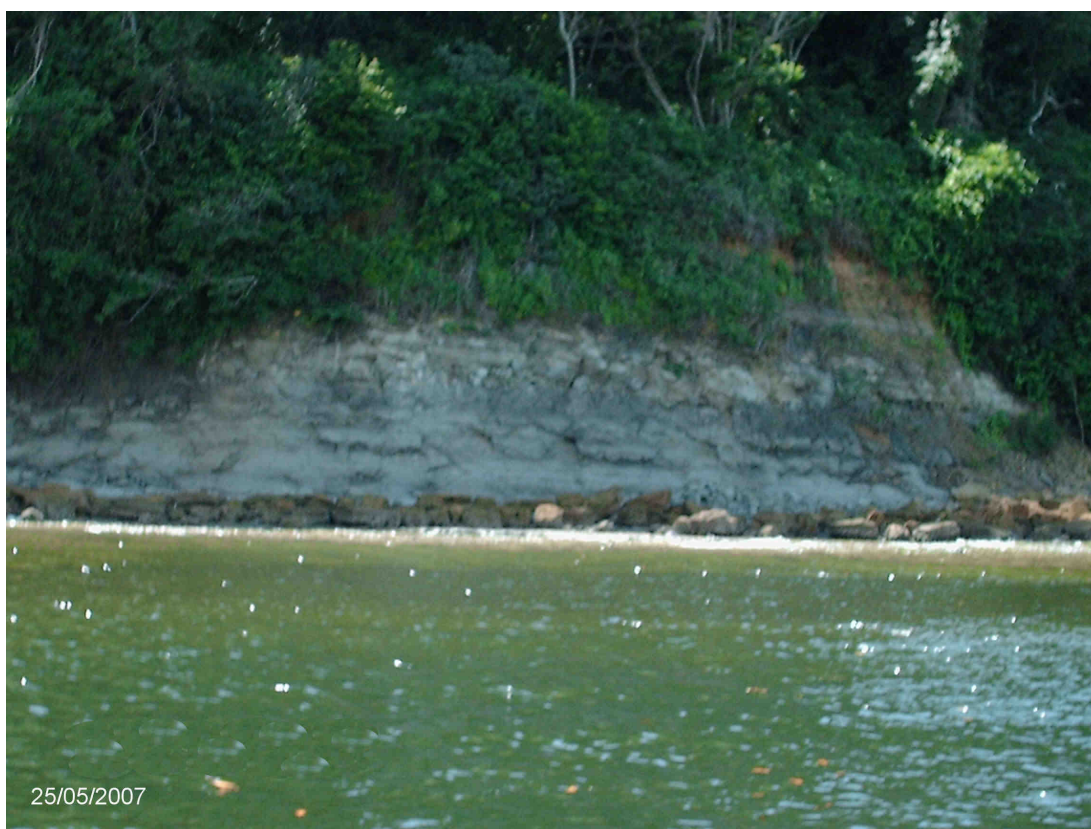
a) **Fácies basais**, calcarenitos de coloração creme, biomicríticos muito fossilíferos, com con-

chas espessas bastante quebradas. Ocorre uma sequência dolomítica que microscopicamente apresenta-se como foraminíferos-biomicríticos argilosos.

- b) **Fáceis fosfáticas** calcários arenosos, argilosos e fosfatizados, também muito fossilíferos, porém com tamanhos menores que as fácies basais.
- c) **Fácies do topo**, calcários biomicríticos argilosos.

Seu pacote sedimentar pode atingir 55 m, apresentando dois terços de calcários argilosos acinzentados da fácies marinha plena, incluindo argila em finas camadas, em geral bioturbadas, intercalados com margas e argilas mais puras.

A abundância da fauna caracteriza-se pela presença de gastrópodes, cefalópodes, crustáceos, equinodermas, dentes e escamas de peixes, típicos de ambiente marinho relativamente calmo, de águas quentes e pouco profundas. Manso et al. (1997) observaram a presença dessa formação na Ilha de Itamaracá entendendo-se por toda ala oeste e, circundando os morros da formação Barreiras.



**Figura 5: Formação Gramame na porção Norte da área de estudo, Ilha de Itapessoca.**

### **2.2.3 Sequência Terciária**

#### **Formação Marinha Farinha**

Segundo Barbosa (2007) essa formação originou-se no Cretáceo-Terciário onde ocorrem carbonatos e margas, com incremento de siliciclástico. E, para Feijó (1992) a sequência litológica indica um ambiente marinho regressivo. Segundo o mesmo autor os dados sísmicos indicam que essa formação ocorre também na plataforma continental.

Em Itamaracá, ocorrem dois afloramentos importantes: no Pontal de Jaguaribe e na praia do Fortim. No Pontal de Jaguaribe corresponde a um calcário maciço sem macrofósseis, com textura sacaroidal e pontos de minerais metálicos. Na praia do Fortim apresenta-se como um calcário cinza, formando um morro de 200 metros de extensão, alongado aproximadamente na direção N-S.

#### **Formação Barreiras**

A formação Barreiras são rochas do plioplestoceno que segundo Alheiros (1998) anteriormente era chamado de Grupo Barreiras. Hoje, após estudos mais detalhados foi reconhecido como formação. Estende-se pela faixa costeira, paralelamente ao litoral, comumente recobrimdo os sedimentos recentes - a Leste, e os terrenos Pré-Cambrianos - a Oeste

Apresenta estratificações quase horizontais, constituídas por sedimentos de várias natureza, desde areias até argilas de coloração variada, incluindo por vezes leitos de seixos rolados. Em camadas inferiores são encontradas argilas de coloração arroxeadas e cinzentas, e sob as camadas superiores, algumas vezes, verifica-se presença de concreções de ferro. Nas áreas próximas aos limites com áreas do Pré-Cambriano, nota-se a presença de um delgado recobrimento sobre o embasamento cristalino. Suas características mais marcantes na Ilha de Itamaracá são as areias quartzo-feldspáticas claras, incoerentes, de granulação fina a média intercaladas a argilas cinza esverdeada. Segundo Manso et al. (1997), da base para o topo, são encontrados: (a) arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada, cor amarela; (b) argila esverdeada, preenchendo fundo de canal; (c) arenito médio vermelho maciço.

É comum, em alguns pontos, a presença de fraturas e falhas de pequeno rejeito. É possível observar um afloramento da formação Barreiras em Itamaracá, na estrada que leva ao Forte Orange, onde seu material está sendo retirado, provavelmente para a construção civil (Figura 6).



**Figura 6: Formação Barreiras na porção sul da Ilha de Itamaracá, próximo ao Forte Orange (Silva, 2004).**

## 2.2.4 Sedimentos Quaternários

### Terraços Marinheiros

Segundo Dominguez et al. (1990), os terraços marinhos aparecem em toda a costa pernambucana, em dois níveis. Os mais altos ocupam altitudes de 7 a 11 metros acima da preamar atual. Cordões semelhantes a estes foram datados na Bahia como sendo do Pleistoceno, deduzindo-se que os de Pernambuco seriam contemporâneos. Já os terraços mais baixos apresentam-se em altitudes variando de 1 a 5 metros acima da preamar atual, são mais externos em relação aos primeiros, dispendo-se continuamente ao longo da costa. Diversas datações na costa brasileira os colocam como de Idade Holocênica. Esses dois eventos estão associados à penúltima e à última transgressão marinha, respectivamente, apresentando algumas características marcantes (Tabela 1).

**Tabela 1: Características dos terraços marinhos**

Terraços Marinheiros	
Holocênicos	Pleistocênico
Mais ou menos paralelos à linha de costa	Paralelos à linha de costa
Descontínuos, alongados ou irregulares	Mais ou menos contínuos
Largura entre 0,5 a 1 Km	Largura entre 0,5 a 1 Km
Altitude de 3-8 m	Altitude menor que 3 m
Constituídos por areias quatzosas	Constituídos por areias quatzosas
	Antigas linhas de cordões litorâneos

(Fontes: Chaves, 1999 e Morais, 2000)

### **Terraços Marinheiros Pleistocênicos**

Os terraços marinhos Pleistocênicos (120.000 anos A.P.), possuem feições arenosas constituídas de areias quartzosas e, apresentam na sua superfície alinhamentos de cordões litorâneos não contínuos. Em geral afloram sob a forma de pequenas manchas, dispostas descontinuamente ao longo da porção interna da costa. De acordo com Chaves (1999), não há presença de conchas e de moluscos, devido à dissolução por ácidos úmicos.

Na Ilha de Itapessoca podem ser reconhecidos duas linhas de terraços com formas irregulares, com 2 a 5 quilômetros de largura, separados pelo braço do rio Itapessoca. Contudo, grande parte dessa área está ocupada pela expansão imobiliária.

### **Terraços Marinheiros Holocênicos**

Os terraços marinhos Holocênicos (5.100 anos A.P.), são constituídos por areias quartzozas. Em geral, são representados por alinhamentos de cordões litorâneos contínuos, pouco espaçoso e paralelos entre si, formando faixas alongadas de larguras variadas. Para Moraes (2000), podem conter conchas de moluscos bem conservados e ocasionalmente se apresentam retrabalhados pela ação eólica.

### **Depósitos Flúvio-Marinheiros**

Segundo Lima-Filho et al. (1991), são comuns em áreas rebaixadas. Apresentam, em geral, sedimentos de areia fina, ou siltítico-argiloso, com boa quantidade de matéria orgânica. São encontrados em todo o litoral de Pernambuco, em áreas protegidas da ação frontal das ondas, sendo comum em toda a área do Canal de Santa Cruz, assim como em sua vizinhança.

De acordo com Manso et al. (1997) os depósitos típicos de manguezais são muito comuns, e geomorfologicamente limitados pelas planícies costeiras inferiores, que formam a área de transição entre o oceano e os níveis elevados que se situam mais para o interior (Figura 7).

### **Depósitos Atuais de Praias**

Apresentam-se em áreas estreitas, constituída de areia quartzosas bem selecionadas, sofrendo contínuo retrabalhamento do mar. Um bom exemplo desse tipo de depósito é observado na Coroa do Avião, na Barra Orange do Canal de Santa Cruz (Figuras 8).



**Figura 7: Depósito flúvio-marinho no Canal de Santa Cruz na margem da Ilha de Itamaracá.**



**Figura 8: Depósitos atuais de praia, da Coroa do Avião, PE**



## **2.2.5 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

Três grandes unidades geomorfológicas se destacam na faixa costeira de Pernambuco: relevo de colinas, superfície de tabuleiros e planície costeira. Segundo Mabeoone (1991), a morfogênese e a evolução destas unidades estão condicionados a litologia, tectônica e fatores climáticos, sobre tudo sob a ação de clima quente e úmido.

### **2.2.6 Relevo Colinoso**

O relevo colinoso apresenta-se mais o menos arredondado, nas áreas sub-litorâneas e nos vales fluviais ao longo da costa, com altitudes entre 10 a 40 metros, e encostas de média a baixa declividade, ou o que é mais frequente, circunda os tabuleiros (CPRH, 2003). Desenvolve-se pela atuação da erosão vertical em um antigo vale fluvial (promovendo uma acentuação da vertente). Aos poucos, a fenda se alarga devido a erosão lateral ocasionando o recuo da escarpa. Segundo Xavier (2007) o material aluvial acumula-se no fundo, cada vez mais largo e aplainado. Grande parte desse material provem da capa de intemperismo da própria vertente, acarretando, então, um processo de denudação da vertente, instabilidade e escorregamento da encosta .

### **2.2.7 Superfície de Tabuleiros**

Os tabuleiros costeiros estão litologicamente associados aos sedimentos das Formações Beberibe e Barreiras. Atingem de 40 a 50 metros próximo à planície costeira, e até 160 metros na porção oeste do litoral norte do estado de Pernambuco. Seu topo é plano entrecortado por vales estreitos e profundos. Nas encostas voltadas para as calhas dos rios Itapessoca e Jaguaribe, e na porção norte da Ilha de Itamaracá, apresentam declividades baixa ( $< 15\%$ ). Porém predominam as declividades alta ( $> 30\%$ ) e média (15 a 30%), constituindo um fator restritivo do uso agrícola, urbano e do solo (CPRH, 2003).

### **2.2.8 Planície Costeira**

Abrangem depósitos fluviais, de manguezais, praias, terraços marinhos, flechas litorâneas e recifes. A planície costeira é o seguimento litorâneo onde concentra-se a maior parte da ocupação humana e onde ocorrem as maiores taxas de crescimento demográfico da área. Morfológicamente são áreas planas e extensas que raramente ultrapassam 10 metros de altitude.

## 2.3 CLIMA

Apresenta clima tropical típico que, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As', clima quente e úmido, com estação seca no verão (setembro a fevereiro) e chuvas de inverno antecipadas para o outono (março a agosto). A precipitação média mensal é superior a 100 mm, podendo atingir 400 mm. A taxa de evaporação é inferior a de precipitação. A temperatura máxima chega a 34°C e a mínima a 20°C (Flores Montes, 1996).

## 2.4 HIDROGRAFIA

O Canal de Santa Cruz recebe contribuição da água oceânica e fluvial. A penetração de água oceânica se dá ao norte pela Barra de Catuama e ao sul pela Barra Sul, onde se encontra a Coroa do Avião. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/2005, regulamente a qualidade da água segundo os parâmetros indicadores específicos (coliformes fecais, odor, turbidez, pH, óleos e graxas, etc.) de modo a assegurar seu controle de poluição e seu uso sustentável, sobre as águas destinadas à:

- a) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- b) recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) e/ou secundário;
- c) proteção das comunidades aquáticas;
- d) aquicultura e à atividade de pesca;
- e) navegação; e
- f) harmonia paisagística.

No Canal de Santa Cruz desembocam um conjunto de rios e riachos (Figura 9). Os principais são: Itapessoca, Carrapicho, Itapirema, Arataca, Riacho Jardim, Palmeira, Botafogo, Cumbe, Catuá, Itapicuru, Tabatinga, Congo, Bonança, Catuama, Utinga e Igarassu. Dentre esses afluentes, se destacam os rios Botafogo (norte) e o Igarassu (sul), que sofrem ao longo de seus cursos muita interferência antrópica, levando para o Canal todo o aporte de poluição.

A descarga de água doce vem dos rios, riachos e da precipitação pluviométrica, segundo Medeiros & Kejerfeve (2005), é de  $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  para o período seco, e de  $56 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , no período chuvoso. Segundo estes mesmos autores, as marés são semi-diurnas com amplitude de até 2,2 m na preamar e de 1,1 m na baixa mar. A sua propagação dentro do estuário se dá pelas aberturas do norte (Barra de Catuama) e do sul (Barra Orange) do Canal e atingem velocidade de 8,9 m/s e 6,3 m/s, respectivamente.

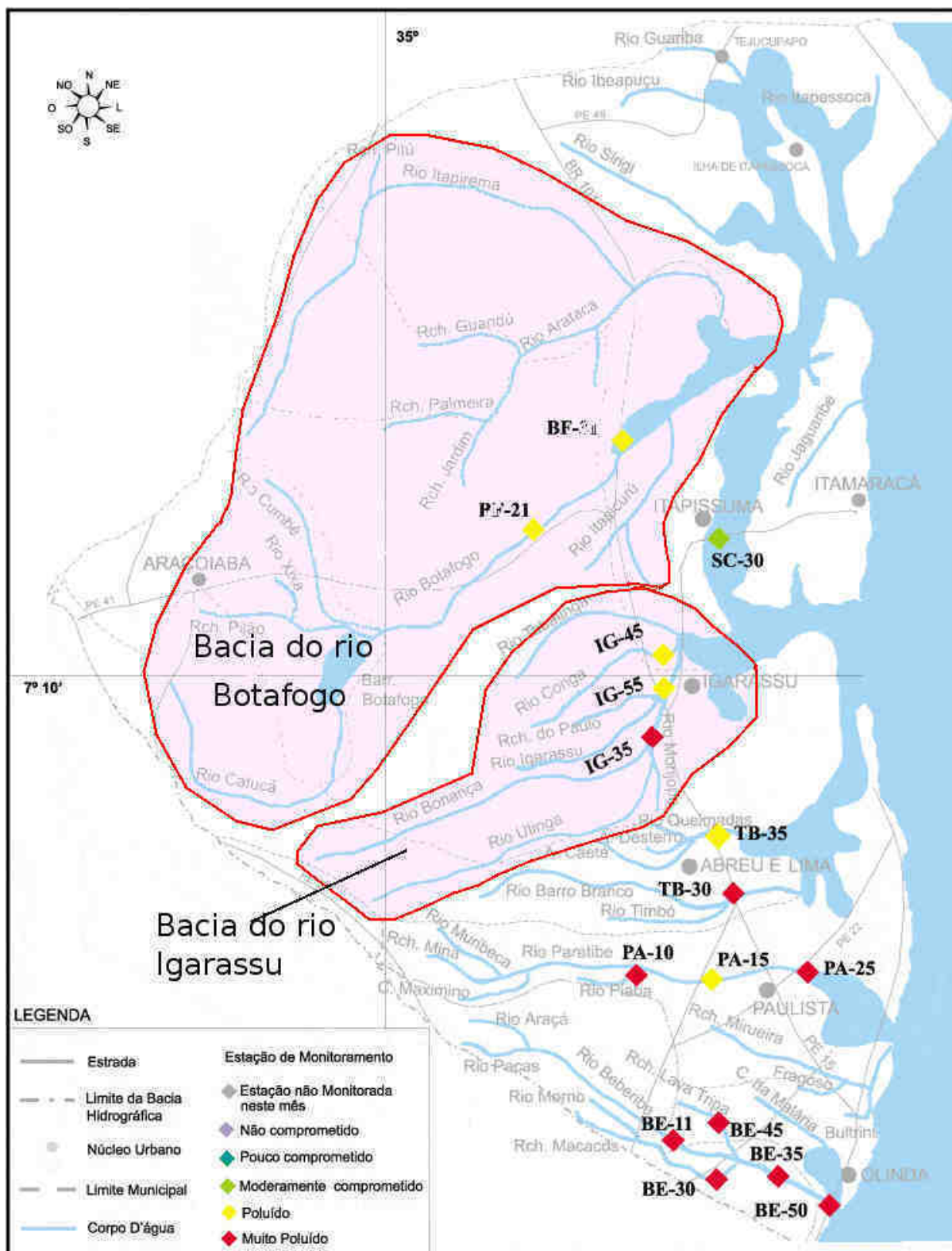


Figura 9: Mapa das bacias hidrográficas do Litoral Norte, mostrando estações e pontos de monitoramento poluição. Realizado pela CPRH, 2003.

### **2.4.1 A Bacia do Rio Botafogo**

A bacia do rio Botafogo é formada pela junção de diversos cursos de água principalmente o rio Catucá, que percorre cerca de 50 Km. De acordo com dados de Marinho et al. (2002), sua salinidade oscila entre 17,36 na maré enchente com temperatura mínima de 25,8°C durante o período chuvosos. O CONDEPE & CPRH (1982) dividiu a Bacia do Rio Botafogo em três trechos.

O primeiro trecho, no alto Botafogo, apresenta água de boa qualidade, o uso do solo é praticamente nulo, não contando com o fator poluição. É considerado como reserva de futuros mananciais de reabastecimento de água da RMR.

O segundo trecho, no médio Botafogo, onde a água apresenta-se de boa qualidade, já detecta-se níveis de poluição devido a instalação de destilaria e indústrias de beneficiamento de fibras de coco ao longo de suas margens.

No terceiro trecho, já nas proximidades da sua desembocadura, o rio apresenta-se “morto”, com altos índices de poluição resultante do acúmulo dos resíduos das indústrias citadas anteriormente, acrescida de resíduos agro-canavieiras, de produtos químicos.

Monitoramento realizado em 1996 pelos CONDEPE & CPRH (Figura 9), mostrou que ao longo do rio Botafogo, duas estações de monitoramento indicou que o rio se encontrava poluído.

### **2.4.2 A Bacia do Rio Igarassu**

O rio Igarassu tem um comprimento de aproximadamente 10 km. A foz situa-se ao sul do Canal de Santa Cruz, onde se formam depósitos de mangues nas suas margens. Segundo Marinho et al. (2002), a salinidade próximo a sua desembocadura é de 35 durante o verão na preamar e a temperatura máxima de 30,5°C. Para o período chuvoso não se encontrou dados dessa natureza. O CONDEPE & CPRH (1996) destacou nessa bacia três pontos de monitoramento, um se encontra muito poluído e dois poluído. Sua bacia foi dividida pela CPRH (2003), em dois trechos, considerando usos atuais e futuros:

O primeiro apresenta-se com alguma vegetação nativa e com ausência de indústrias. É considerado como área de mananciais d'água para abastecimento da RMR.

O segundo trecho, com todos os seus afluentes, até sua foz no Canal de Santa Cruz, ocorre uma ocupação mais acentuada do solo, com a cidade de Igarassu e seu distrito industrial e indústrias isoladas, além de pequenas concentrações urbanas que vêm crescendo e que lançam ao rio poluentes domésticos e industriais. Apesar disso apresenta águas transparentes durante quase todo o ano.

## 2.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico-químicos (salinidade, temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, pH e sais nutrientes) das águas estuarinas são de grande importância para a sobrevivência de várias espécies que se desenvolvem em ambientes desse tipo, qualquer alteração em seus valores pode levar ao desaparecimento de várias espécies. Variações desses elementos também são utilizados para determinar a balneabilidade.

### 2.5.1 Salinidade

A salinidade é a medida da quantidade de sais existentes em massas de água naturais (um oceano, um lago, um estuário ou um aquífero). Ela é medida através de sua condutividade e por esse motivo não usa-se nenhuma unidade. A salinidade média dos oceanos é de 35. As águas salobras de 0,5 a 30 e a água doce entre 0 a 0,5 (CONAMA, 2005).

De acordo com Vasconcelos-Filho et al. (1998) a salinidade do Canal de Santa Cruz apresenta grande dependência do ciclo de maré, do aporte fluvial e do índice pluviométrico. Devido à baixa profundidade e a alta taxa de evaporação, a salinidade concentra-se em torno de 30, mantendo-se dentro de padrões costeiros. A Marinho et al. (2002), registraram que a salinidade do Canal é usualmente menor na região interiorana, e que nas desembocaduras norte e sul os valores são bem próximos das zonas costeiras.

### 2.5.2 Temperatura

O Canal de Santa Cruz não apresenta uma estratificação térmica. Sua temperatura varia de acordo com os períodos chuvoso e seco, e com a maré. Segundo Flores-Montes (1996), durante o período seco (janeiro a março) a média anual é aproximadamente de 30,5°C na preamar e 28,3°C na baixa mar, no período chuvoso (junho e julho), a média é de 28,4°C na preamar e 27,5°C na baixa mar.

### 2.5.3 Transparência

Segundo Carmouze (1994) a transparência da água pode variar de alguns centímetros a alguns metros, e depende o quanto a radiação solar penetra na coluna d'água até atingir 1% da que atinge a superfície. Sua medida pode ser obtida mergulhando-se o *disco de Secchi* amarrado a uma corda, quando o olho humano não puder mais enxergar o disco aquela medida é transparência.

De acordo com Marinho et al. (2002) a transparência é relativamente baixa, com pequenas oscilações nas estações do ano. É máxima do verão e mínima no inverno. As áreas com maior influência oceânica apresentam os valores mais elevados (1,90m). Nas desembocaduras dos rios são mais baixos, oscilando entre 0,75m a 0,30m.

#### **2.5.4 Oxigênio Dissolvido**

Carmouze (1994) diz que o oxigênio dissolvido é importante para detectar impactos ambientais como a eutrofização e poluição orgânica. Em geral, o oxigênio diminui quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas (resíduos domésticos, etc) que são decompostos por microorganismos que consomem o oxigênio. Segundo o CONAMA (2005), seu valor não podem ser inferior que 5 mg/L O<sub>2</sub>, para águas salobras e 6 mg/L O<sub>2</sub>, para águas salgadas.

De acordo com Cavalcanti (1976) o oxigênio e o dióxido de carbono são considerados os gases mais importantes dissolvidos na água do mar. Os gases dissolvidos são controlados pela temperatura, salinidade, atividades biológicas, correntes e os processos de mistura, e também pelo teor de material em suspensão nos estuários.

O mesmo autor diz que, devido a pouca profundidade e as correntes de marés no Canal de Santa Cruz, os teores de oxigênio dissolvido mostram pequenas variações entre as camadas superficial e profunda, assim como entre as preamares e as baixa-marés não ocorrem diferenças acentuadas. Sazonalmente, as maiores concentrações aparecem nos meses de julho e agosto (máxima de 5,42 mg/L). Marinho et al. (2002) constataram que os valores de oxigênio dissolvido são mais elevados na camada superficial e durante as preamares, atingindo concentrações acima do percentual de saturação. Os valores estão entre 5,51 ml.L<sup>-1</sup> (114,3% de saturação) e de 2,02 ml.L<sup>-1</sup> (44,79% de saturação). Figueiredo et al. (2006) encontrou valores entre 6,95 ml.L<sup>-1</sup> a 2,38 ml.L<sup>-1</sup> na Barra Orange, e 5,91 ml.L<sup>-1</sup> a 3,05 ml.L<sup>-1</sup> na Barra de Catuama.

#### **2.5.5 pH**

Para Carmouze (1994) o pH (potencial hidrogeniônico) expressa o grau de acidez ou basicidade de uma solução. Sua escala varia de 0-14. Valores abaixo de 7 indicam acidez, e valores acima desse valor indicam aumento da basicidade.

Na água do mar os valores de pH variam de 7,5 a 8,4 e nas águas salobras de 6,5 a 8,5. (CONAMA, 2005). Altos valores são encontrados na superfície ou próximos a ela. O pH decresce consideravelmente em regiões onde há um grande consumo de oxigênio por processos biológicos e, como consequência, o teor de dióxido de carbono também é alto. Isso se aplica

em regiões estuarinas onde o volume do material em suspensão contribui para a fertilização da água, causando um decréscimo no teor de oxigênio dissolvido (Cavalcanti, 1976).

A distribuição do pH entre a superfície e o fundo do Canal de Santa Cruz é homogênea. Pequenas diferenças são encontradas entre a preamar e a baixa-mar. Sua extensão apresenta uma certa uniformidade, com valores um pouco mais elevados na Barra de Catuama, e um pouco mais baixos na desembocadura do rio Congo. Os valores máximos estão próximo de 8,1 nas áreas de maior influência marinha e de 7,3 nas desembocaduras dos rios.

### 2.5.6 Sais Nutrientes

Segundo o Marinho et al. (2002) os principais sais nutrientes na água são os nitrogenados inorgânicos dissolvidos (NID), fosfato e silicato, os quais condicionam o desenvolvimento e produção dos organismos fitoplanctônicos. No Canal de Santa Cruz os principais nutrientes provêm das descargas fluviais, das águas de drenagem terrestre, ressuspensão dos sedimentos e nutrientes de origem antropogênicas, são eles:

#### Amônia

É um nutriente limitante para o crescimento do fitoplâncton. Seus valores foram mais elevados no verão, provavelmente devido a elevação de temperatura e disponibilidade de oxigênio dissolvido. No período chuvoso seu teor diminui devido ao aumento do consumo pelos fitoplânctons. O aumento desse nutriente provoca um crescimento acelerado de algas, acarretando um desequilíbrio ambiental (eutrofização). Segundo Figueiredo et al. (2006) o Canal de Santa Cruz apresenta condições satisfatórias de amônia de  $0,37\mu\text{M}$  na Barra Orange e  $0,20\mu\text{M}$  na Barra de Catuama, apesar de Melo (1980) e Macedo et al. (1982), detectarem indícios de desequilíbrio ecológico nos rios Botafogo e Igarassu.

#### Nitrito e Nitrato

Segundo Flores-Montes (1996), os valores de nitrito e nitrato se apresentam bem irregulares, sendo mais elevados nas desembocaduras dos rios. Os valores registrados na baixa-mar foram sempre superiores que na preamar, não apresentando uma variação sazonal definida, porém no inverno mostrou elevadas concentrações, com valores de:

Nitrito - Máximo  $1,276\ \mu\text{mol.L}^{-1}$  (junho) e mínimo de  $0,001\ \mu\text{mol.L}^{-1}$  (janeiro).

Nitrato - Máximo  $6,734\ \mu\text{mol.L}^{-1}$  (junho) e mínimo de  $0,018\ \mu\text{mol.L}^{-1}$  (janeiro).

## Fosfato

Os teores de fosfato são irregulares em toda área do Canal. Macedo et al. (1982), acreditam que as concentrações de fosfatos estejam diretamente relacionadas à precipitação pluviométrica e ao aporte fluvial. Figueiredo et al. (2006) encontrou valores baixos nas duas barras, máxima de  $0,30\mu\text{M}$  e mínima de  $0,13\mu\text{M}$  devido à influência marinha.

## Silicato

Seu ciclo é semelhante ao do fosfato, sendo mais evidente no inverno, observando-se uma influência das marés, porém sua irregularidade deve-se a conjuntura dos processos físicos, químicos e biológicos. Seus maiores valores são encontrados nas desembocaduras dos rios, máxima de  $51,008\ \mu\text{mol.L}^{-1}$  e mínimo de  $12,641\ \mu\text{mol.L}^{-1}$ , no período seco, (Marinho et al., 2002).

## 2.6 BIOTA

### 2.6.1 Flora

Segundo Marinho et al. (2002), atualmente o ecossistema aquático persiste com pouca alteração, enquanto o terrestre se apresenta apenas com poucas áreas remanescentes, sendo essa identificados como:

- a) Florestas ou matas perenifólias e subperenifólias - distintas uma das outras pela caducidade das folhas, baseada na umidade atmosférica dentro da mata, na variação temporal da intensidade da cobertura do solo e da exposição aos raios solares.
- b) Campos cerrados litorâneos - com grande predomínios das ervas, com arbustos de árvores isoladas.
- c) Campinas herbáceas litorâneas - vegetação tipicamente campestre, desprovida quase por completo de árvores e/ou arbustos.

Segundo Silva (2004), a vegetação local consiste em três tipos: vestígios de Floresta Atlântica, campos de plantação (de cana-de-açúcar e coco) e a vegetação de mangue

O mangue é a vegetação mais expressiva, ocupando uma área as margens do canal de aproximadamente  $36\ \text{km}^2$ . As espécies presentes são *Risophora mangle*, *Laguncularia recemosa*, *Avicennia tomentosa*, *Avicennia nitida* e *Conocarpus erectos* (Medeiros & Kjerfeve, 1993).



A *Risophora mangle* alcança até 19 metros de altura e 30 centímetros de diâmetro, habitando as proximidades do mar aberto (CONDEPE & CPRH (1982)). Na área de estudo, esta espécie ocorre nas duas entradas do Canal (Barra Orange, ao sul, nas proximidades da Coroa do Avião, e Barra Norte - Barra de Catuama). Esta planta é a que melhor representa o mangue, sua madeira é de relativa durabilidade, sendo utilizada como lenha para construções leves. Sua estrutura reprodutiva é chamada propágulo e amadurece presa a planta-mãe, quando caem como “lanças” apontadas para baixo, fixam-se no solo durante a maré baixa. É bastante comum encontrar propágulo nas praias próximas a manguezais.

Os exemplares de *Avicennia* podem atingir até 11 metros de altura e 20 centímetros de diâmetro. Encontram-se em zonas intermediárias e mais rasas que a espécie de *Risophora*. Sua madeira é pouco resistente, sua casca possui um alto teor de tanino, suas raízes se desenvolvem horizontalmente pouco centímetros abaixo da superfície e, delas partem os pneumatófatos (ramificações verticais que atingem o ambiente aéreo, expondo-se como “palitos” para fora do solo). Estas estruturas são importantes para as trocas gasosas entre a planta e o meio ambiente.

A *Laguncularia* alcança 12 metros de altura por 30 centímetros de diâmetro, e preferem águas menos profundas com pouca salinidade. É uma espécie muito resistente e por isso largamente utilizada em construções e como lenha. Seu sistema radicular também se forma perpendicular a superfície do solo, desenvolvendo pneumatóforos.

O *Conocarpus erectus* se encontra mais para o interior, onde a salinidade é menor. Atinge 10 metros de altura por 30 centímetros de diâmetros, é a mais durável e por isso é bastante usado em construção ou como lenha de grande poder calorífico. Suas flores formam inflorescência (muitas flores juntas) e seus frutos infrutecência (muitos frutos juntos).

Quanto a microflora, predominam as diatomáceas em todos os meses do ano. Porém a ausência de diatomáceas polisapróbias aponta um ambiente não poluído ou com baixo índice de poluição, favorecendo o desenvolvimento de espécies aquáticas (Passavante, 1979).

## 2.6.2 Fauna

Como a área é um ecossistema manguezal, destaca-se pela alta produtividade, oferecendo uma ampla possibilidade para aquicultura. A ictiofauna apresenta espécies eurialinas, na sua maioria de origem marinho-poliáhino, como por exemplo: o condondo (*Dormitator maculatus*) e o baiacu *Colomesus psittacus*. As espécies exclusivamente estuarinas são representadas pelos tibio (*Oligopeites palometa*) e o carapeba (*Eugerres brasilianus*). De acordo com Passavante (1979), a espécie mais abundante é a sardinha bandeira (*Opisthonema oglium*, Le Sueur 1817), com 76,3% do total do pescado capturado, que se alimentam principalmente de plânctons.

Os crustáceos e os moluscos são de grande importância, sobretudo os decápodes, pois exercem um papel importante nos níveis tróficos da cadeia alimentar. Segundo o Marinho et al. (2002), ocorrem muitas espécies de organismos bentônicos, destacando-se várias classes: gastrópodes, crustáceos com destaque para a *Procambarus* camarão, e presença de aratús (*Aratus psonii*), outra presença marcante são as cracas (*Chthamalus* sp) aderidas às raízes dos mangues e algumas espécies de moluscos e na ponte Presidente Vargas.

Pode-se encontrar algumas espécies de aves que dependem diretamente do ecossistema regional, dentre as quais podemos citar os socós (*Butorides striatus*) e as garças branca grande e pequena (*Ardea alba*, e *Egretta thula*, respectivamente), que são comuns na região.

## 2.7 AÇÕES ANTROPOGÊNICAS

A ocupação urbana e a especulação imobiliária na RMR, são mais intensas no litoral. Na área de influência do Canal de Santa Cruz, essa expansão é observada, sobretudo, nas porções onde predominam as atividades rurais, provocando uma contínua modificação na paisagem. Há um avanço de moradias, tanto como resultado da política habitacional do governo como da iniciativa privada, na maioria dos casos sem processos de esgotamento sanitário, constituindo fonte de poluentes.

As indústrias localizadas ao longo dos canais que abastecem o Canal de Santa Cruz, segundo o CONDEPE & CPRH (1982), despejam seus resíduos diretamente nos cursos d'água, sem tratamento prévio, o que contribui para a poluição da área.

Segundo Flores-Montes (1996), a pesca e a agricultura constituem as principais atividades econômicas da região. A agricultura é basicamente composta por plantio de cana-de-açúcar, coqueiros e frutas tropicais.

A atividade pesqueira foi durante muito tempo a principal atividade econômica no local. Com o aumento da população, do lançamento de esgotos e da pesca predatória, vem sofrendo continuamente um decréscimo na sua produtividade, levando os pescadores a exercerem outras atividades, tais como atividades da construção civil e do turismo. Os mais jovens, "mais instruídos", trabalham nas indústrias locais ou no setor de serviços, ou migram para o Recife e outras capitais. Entretanto, os que ainda praticam essa atividade, não estão equipados para exploração em alto mar, limitando-se ao uso do canal, onde a maior parte da produção é destinada ao consumo próprio.

Recentemente parte da população local voltou-se para o turismo, mas vem enfrentando vários problemas com falta de logística e incentivo governamental. O maior problema enfrentado é o alto índice de assalto na área, que segundo os moradores devido à presença dos presídios

que lá se encontram, que afastam os turistas.

Lima (2008) detectou três estádios de progressão de regime sedimentar no rio Botafogo. O primeiro, ocorreu entre 1851 a 1901, com uma taxa de sedimentação média de 1,2 mm/ano, sugerindo que nesse período não houve modificações consideráveis no relevo e na cobertura vegetal por intervenção antrópicas. O segundo estágio, entre 1901 a 1909 com taxa média de deposição sedimentar anômala de 10 mm/ano, indicando modificações no meio físico da bacia hidrográfica, associado a primeira moagem da cana-de-açúcar em 1906 na Usina São José, precedido, alguns anos antes, por um amplo desmatamento da cobertura vegetal nativa. O terceiro, entre 1909 a 2004, apresentou taxa de sedimentação média linear de 3,6 mm/ano, correspondendo a um regime de reequilíbrio ambiental, adaptada à nova realidade da cobertura vegetal instalada, com o predomínio do plantio de cana-de-açúcar.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi feito em etapas que buscaram obter dados relevantes sobre a área de estudo. Realizou-se levantamentos bibliográfico e cartográfico, trabalho de campo para coleta de dados, tratamento e processamento dos dados, em laboratório, seguida de análise das informações obtidas.

### 3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica do material disponível sobre o Canal de Santa Cruz e áreas adjacentes, assim como consulta a trabalhos relacionados com o tema proposto.

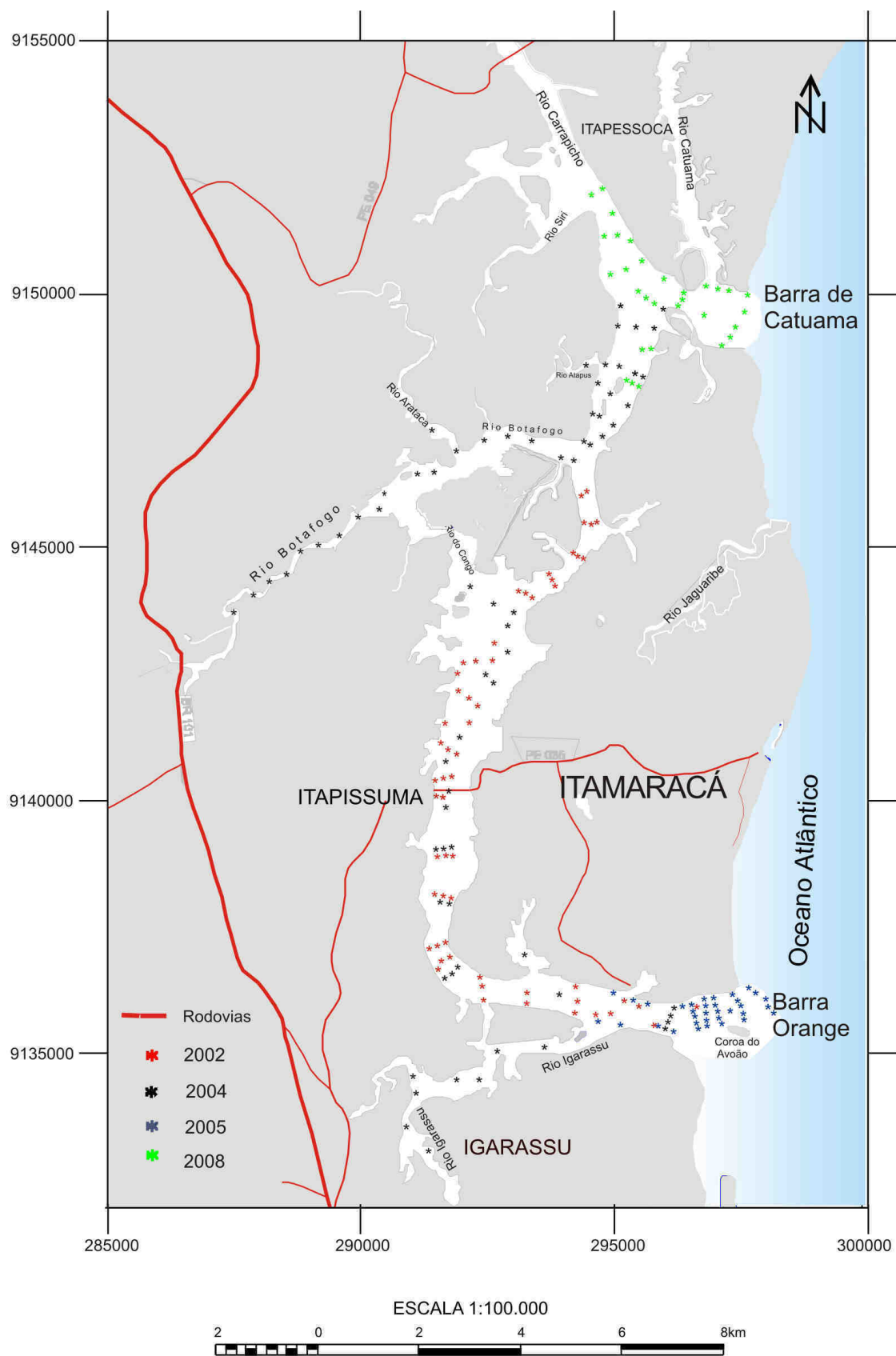
A carta base utilizada foi a da CPRH, através de mídia digitalizada em formato dxf, escala 1:100.000, além da Carta Náutica nº 910, Proximidades de Itapessoca, escala 1:55.000, e Cartas de Nucleação Norte, escala 1:20.000 digitalizada pela FIDEM (2001).

### 3.2 TRABALHOS DE CAMPO

#### 3.2.1 Amostragem

Com o intuito de conhecer a distribuição textural dos sedimentos que recobrem o canal principal e os canais secundários da área de estudo, e de fornecer subsídios para a confecção de mapas faciológicos, foram coletadas 147 amostras (Figura10), posicionadas ao longo de perfis transversais ao Canal de Santa Cruz, com equidistância de aproximadamente 500 m. representativas das margens e da calha, e ao longo dos rios Botafogo e Igarassu e pequeno trecho do rio Carrapicho. Todas as amostras foram coletadas com o auxílio de um busca fundo do tipo *Van-Veen* e posicionadas com GPS Garmin 12, abordo de embarcação motorizada de pequeno porte (Figura 11). Para amostragem dos sedimentos foram realizadas três campanhas :

1. Em dezembro de 2004, foram coletadas 88 amostras, no Canal de Santa Cruz e nos rios Igarassu e Botafogo.
2. Em abril de 2005, foram coletadas 30 amostras na Barra Orange (desembocadura sul do Canal), e nas proximidades da Coroa do Avião.
3. Em junho de 2008, foram coletadas 29 amostras na Barra de Catuama (desembocadura norte do Canal), e na confluência com o rio Carrapicho.



**Figura 10: Localização dos pontos amostrados.**

O longo intervalo entre as campanhas, deveu-se a problemas da indisponibilidade de amostrador devido a grande demanda de projetos que necessitavam de do único amostrador disponível.

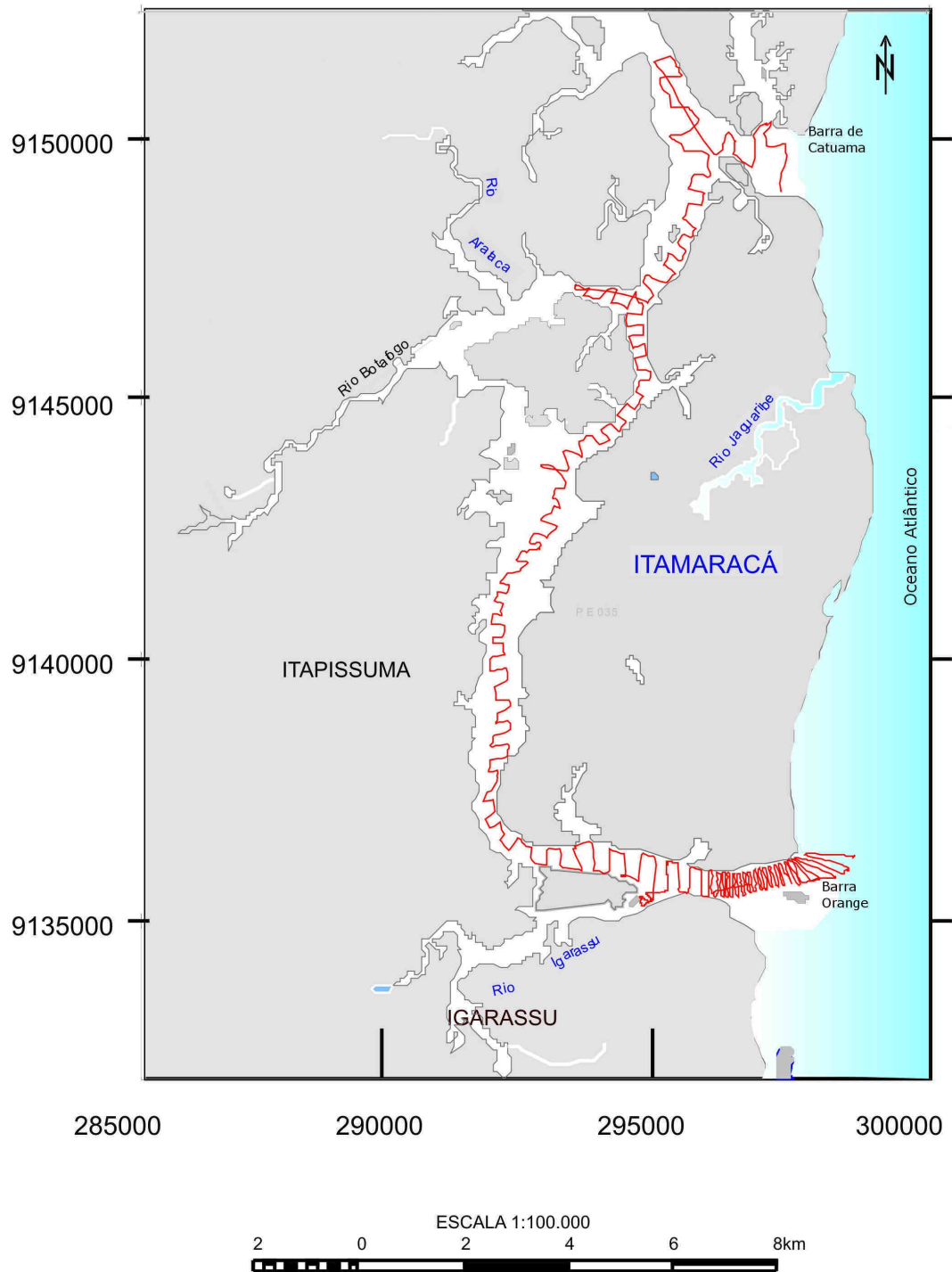
Para efeito de comparação utilizou-se os dados coletados em 2002 por Silva (2004), que realizou amostragem da desembocadura sul do Canal de Santa Cruz até às proximidades da desembocadura do rio Botafogo.



**Figura 11: Embarcação utilizada para coleta de amostras, batimetria e correntometria.**

### 3.2.2 Aquisição de Dados Batimétricos

O levantamento batimétrico foi realizado nos dias 21 e 22 de maio de 2007 em maré de quadratura (de 1,9 m às 7:30 h e 1,8 m às 8:36 h, respectivamente), e cobriu toda a área de estudo, formando perfis em grega, com espaçamento médio de 200 m entre os perfis e posicionados com GPS-Garmin (Figura 12). As informações foram captadas, a cada 2 segundos, através de um ecobatímetro pontual de impulso contínuo, Vídeo Sonda Colorida Furuno modelo FCV668 (Furuno Electric Co.), escala máxima de 1600 m, 600 W, dupla frequência 50 / 200 kHz, interface para GPS navegador Furuno GP36, 12 canais, instalado em barco de baixo calado (Figura 11), permitindo a navegação em áreas mais interiores do Canal. Com os dados obtidos foi confeccionado o mapa batimétrico do Canal. Para melhor visualização foram feitos cinco detalhes ampliados do mapa batimétricos.



**Figura 12: Perfilamento realizado transversalmente e longitudinalmente à calha do Canal de Santa Cruz.**

### 3.2.3 Correntometria

O levantamento de dados de correntes foram obtidos nos dias 24 e 25 de maio de 2007, cobrindo as desembocaduras do Canal (Barra Orange-sul e Barra de Catuama-norte) e dos rios Igarassu, Botafogo, Carrapicho e áreas próximas. O equipamento utilizado foi o correntômetro modelo ADP 3D (*Acoustic Doppler Profiler*) com sensor acústico de frequência 1,5 MHz, produzido pela SONTEK/YSI, programado para coletar informações sobre a direção e intensidade das correntes. E, que traçou os perfis de velocidade das correntes oceânicas horizontais à várias profundidades, usando o efeito Doppler de sinais acústicos.

Na Barra Orange, foram medidos 5 perfis no dia 24 de maio, entre uma maré de enchente e vazante. Cada perfil teve 5 repetições, com intervalo de aproximadamente 2 horas. A condição da maré durante o trabalho era de quadratura com uma preamar de 1,7 m às 11:00h e uma baixa-mar de 0,7 m às 17:30h.

Na Barra de Catuama, foram realizados, no dia 25 de maio, 4 perfis. Cada perfil teve 4 repetições, com intervalo de aproximadamente 2 horas. A condição da maré durante o trabalho era de quadratura com uma preamar de 1,8 m às 12:02h e uma baixa-mar de 0,7 m às 18:30h.

A diferença entre a quantidade de repetições realizados nos dois setores (apesar de no norte ter apenas 4 perfis), deve-se a distância entre cada perfil. No setor sul são mais próximos um dos outros, levando-se menos tempo para o deslocamento. Os do setor norte foram bem mais distantes, sobre tudo o 3 e 4.

A precipitação pluviométrica média do mês de maio, foi de 247,3 mm, observada pelas estações meteorológicas em Igarassu (Postos: 100 - Igarassu, 269 - Barra Catuá, 294 - Usina São José) e, em Itamaracá (posto 524), controladas pelo LAMEPE/ITEP, enquanto que a média histórica é de 358 mm. Em média choveu, no período de aquisição dos dados: dias 22/05 - 10,9 mm; 23/05 - 21,3 mm; 24/05 - 51,05 mm. Nos dias 21 e 22 não foram registrados precipitações pluviométricas nos postos de coleta.

## 3.3 TRABALHOS LABORATORIAIS E DE GABINETE

### 3.3.1 Determinação Granulométrica

As análises granulométricas foram feitas no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, do Departamento de Geologia (LGGM-DGEO). E, submetidas a peneiramento úmido e seco, para separação das frações, cascalho, areia e lama (silte + argila), e posteriormente das subfrações areia, com intervalo de  $1 \phi$  (Figura 13), para determinação dos parâmetros estatísticos (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) segundo Folk & Ward (1957).



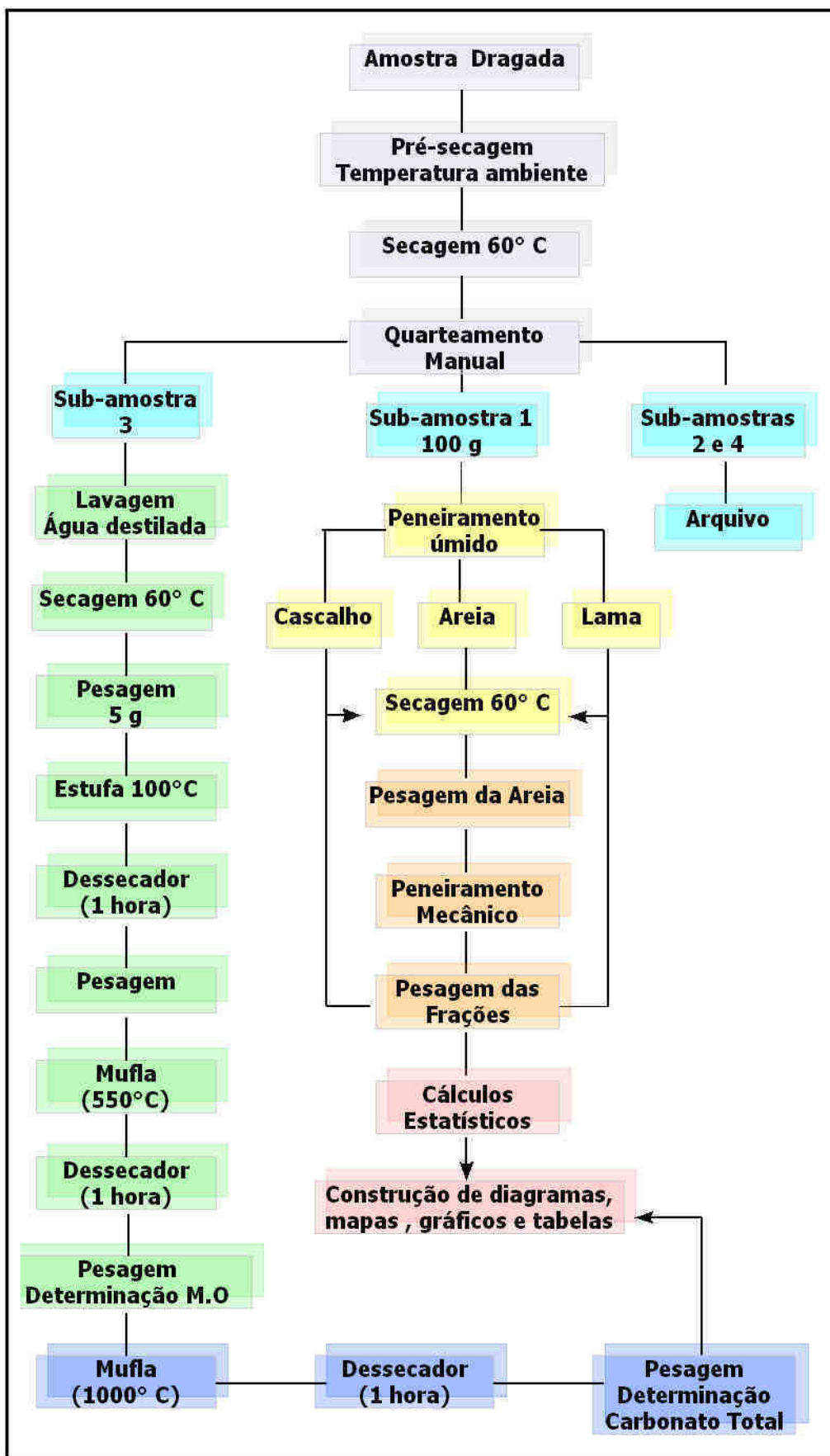


Figura 13: Fluxograma dos métodos empregados para as análises de granulometria, determinação das concentrações de M.O e carbonato total.

### 3.3.2 Análises Morfoscópica e Composicional

Nos estudos morfoscópicos (esfericidade, arredondamento e textura superficial) e composicional, analisou-se a fração 0,250 mm de cada amostra, sob lupa binocular, separando-se 100 grãos de cada amostra.

Durante estas análises foram captadas fotos com o auxílio de uma *webcam* acoplada a binocular, para ilustrações dos diversos tipos de feições e diferentes composições dos grãos.

### 3.3.3 Difractometria de Raios-X

Dentre as 143 amostras coletadas foram selecionadas 13 amostras representativas das desembocaduras do Canal, dos rios Botafogo e Igarassu e parte central do Canal, para determinação qualitativa e semi-quantitativa das suas composições mineralógicas por difratometria de Raios-X (DRX). A fração mais recomendada para esse tipo de análise é a lama (silte + argila). No entanto, pelo fato da maior parte das amostras selecionadas para esta análise apresentarem quantidades insignificante desta fração, optou-se-se pela fração areia muito fina, realizadas sobre pó desorientado. O equipamento utilizado foi o SIEMENS, modelo D5000, que dispõe do programa EVA versão 9.0 da Diffrac-AT, com velocidade de varredura  $1\phi/m$ , faixa de varredura de  $2$  a  $50\phi$ , procura automática de picos e suavização de curvas, do Laboratório de Difractometria de Raios-X do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

### 3.3.4 Determinação das Concentrações de Matéria Orgânica e Carbonato Total

A determinação das concentrações de matéria orgânica (M.O.) e carbonato total foi realizada no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da UFPE. Para tal, foram selecionadas 43 amostras, de acordo com seu posicionamento ao longo do Canal de Santa Cruz e dos rios Igarassu e Botafogo (margens e calha central) (Figura 14).

O método mais recomendado para determinação das concentrações de M.O. é o sugerido por Kralik (1999). Segundo esse método, deve-se aquecer 1 grama da amostra por 2 horas à  $360^\circ$  C. Como, além da determinação da M.O., seria também realizado carbonato total, necessitando para isso uma alíquota maior de amostra optou-se pelo método de Dean-Junior (1974). Utilizando-se assim, alíquota de 5 gramas da amostra total, que foi seca em estufa à  $100^\circ$ C, por 1 h, para obtenção do peso seco. Em seguida as amostras foram levadas a mufla por 1 h, a  $550^\circ$  C, esfriada em dessecador por mais 1 h e posteriormente pesadas (Figura 13).

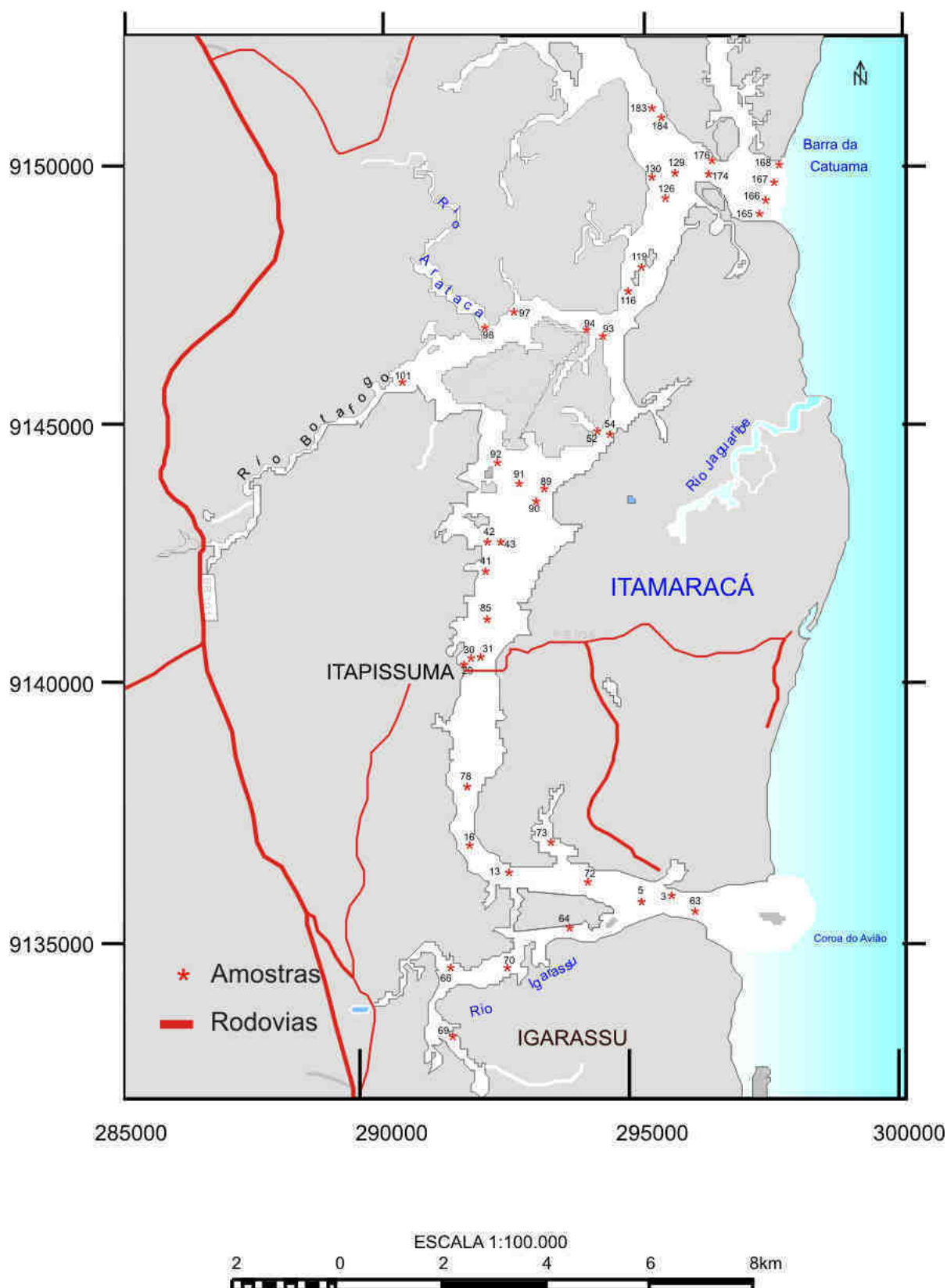


Figura 14: Mapa de localização das amostras utilizadas para determinação de M.O. e carbonato total.

Os cálculos para determinar o percentual de M.O. foram realizados através da equação:

$$M.O.(%) = \frac{(P1 - P2) \times 100}{P1}$$

onde P1 = Peso inicial da amostra; e P2 = o peso final da amostra aquecida a 550°C.

As concentrações do carbonato total foram realizadas nas mesmas amostras onde foram determinados as concentrações de M.O. (Figura 14). Após a determinação da concentração da M.O., as amostras voltaram à mufla à temperatura de 1000°C, por 1 h, e posteriormente pesadas (Figura 13). Os cálculos para determinar o percentual de M.O. foram realizados através da equação:

$$CarbonatoTotal(%) = \frac{(P2 - P3) \times 100}{P1}$$

onde P3 = peso final da amostra a 1000°C.

### 3.3.5 Batimetria

Para a confecção do mapa batimétrico, fez-se a correção de maré utilizando o zero hidrográfico da estação maregráfica do Porto do Recife. Para a modelagem do mapa usou-se a interpolação dos pontos pelo método isotrópico de *krigange*.

### 3.3.6 Processamento dos Dados

Com os dados obtidos em laboratório foram gerados gráficos, tabelas, úteis na análise e interpretação dos resultados. Posteriormente foram confeccionados mapas temáticos, tais como: distribuição de diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose e de fácies segundo a classificação de Shepard (1954).

Para melhor visualização dos resultados em função da extensão da área, optou-se por dividi-la em três setores: (Figura 15):

- Setor 1 - ao Sul- da Barra Orange até proximidades da Ponte de Itamaracá.
- Setor 2 - centro - da Ponte de Itamaracá até as proximidades do rio do Conga.
- Setor 3 - ao norte - das proximidades do rio do Conga até a Barra de Catuama.

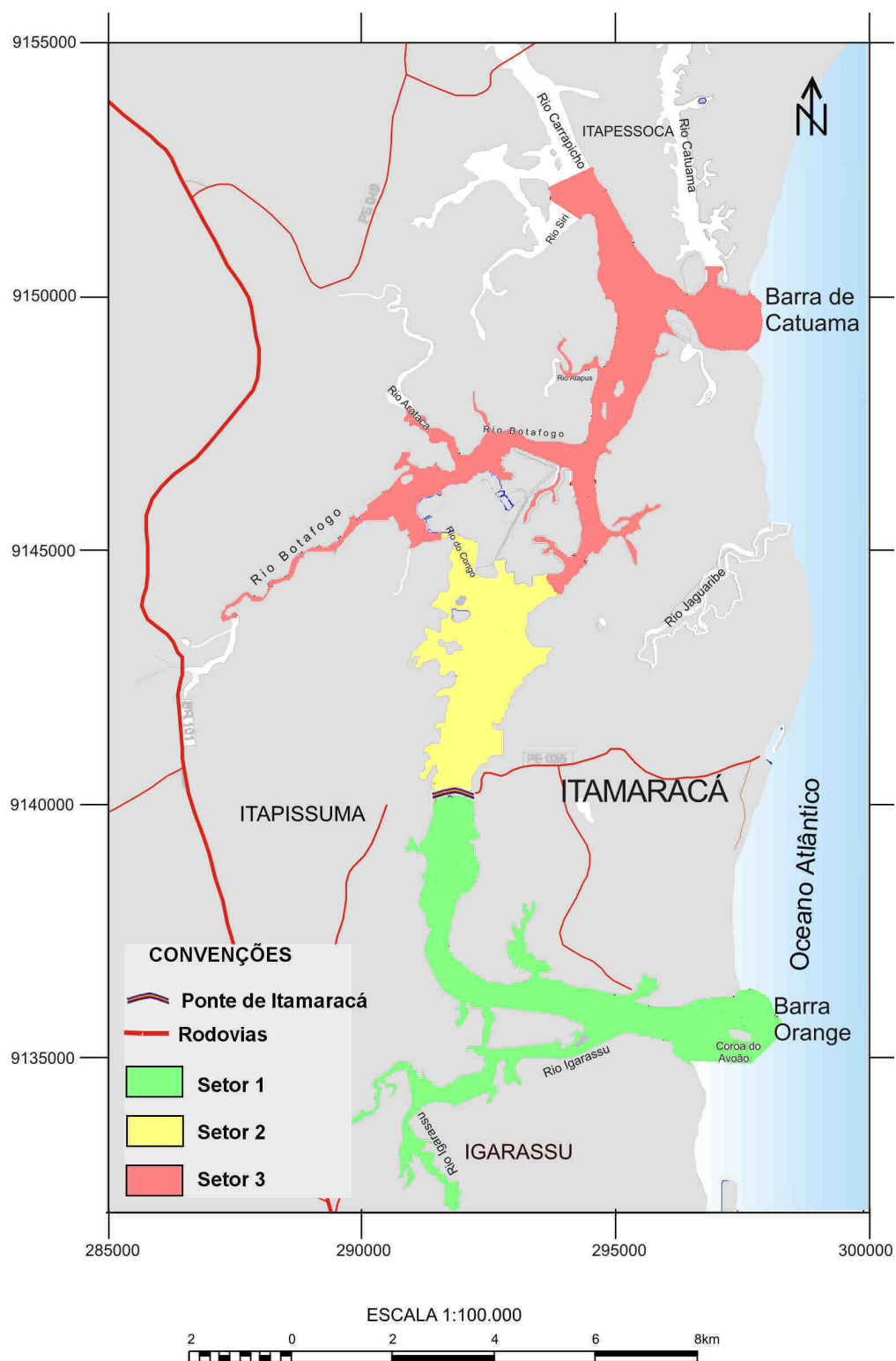


Figura 15: Divisão do Canal de Santa Cruz em setores 1, 2 e 3.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

Os sedimentos que constituem os depósitos dos fundos dos estuários têm diversas origens. A principal contribuição de materiais detriticos é do continente os quais são transportados pelos rios, enquanto outros são de origem marinha, trazidos pelas correntes de maré, e outros oriundos da própria produção interna (produção de organismos/reações químicas).

O estudo do sedimento de fundo do Canal, é importante para determinar o quanto o Canal é vulnerável. As amostras coletadas no Canal de Santa Cruz foram classificadas na sua maioria como areia, o mesmo que Silva (2004) e Lira (1975) encontram.

Lira (1975), demonstrou em seu trabalho que o sedimento do Canal de Santa Cruz variava de areia grossa a areia média. Silva (2004) diz que em 30 anos houve uma diminuição do tamanho médio dos grãos, e que essa tendência se devia, provavelmente, ao desmatamento dos mangues, a retirada de sedimento das margens do Canal para a implantação de viveiros.

Os resultados analíticos das amostras de sedimentos de fundo estuarino foram submetidos a tratamentos estatísticos, para determinação dos parâmetros: diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose (Tabela 7, em anexo). Foram também utilizados para classificação faciológica das amostras segundo o diagrama triangular de Shepard (1954).

#### 4.1.1 O Diâmetro Médio dos Grãos

Segundo Santos (2004), o diâmetro médio, do ponto de vista geológico, reflete a média geral do tamanho dos grãos dos sedimentos, sendo importante na correlação com o sentido do transporte ao longo do fluxo e sua velocidade, com a fonte do material e com o processo de deposição.

O mapa de distribuição do diâmetro médio, mostra uma sedimentação predominantemente arenosa, variando de areia muito grossa até areia muito fina, e em menor proporção lama (Figura 16).

As areias muito grossas são pouco representadas na área e encontradas no setor 1, na desembocadura Barra Orange, associadas a recente construção do pier na Coroa do Avião; no setor 2, nas proximidades da ponte Presidente Vargas, provenientes do aterro da ponte e a baixa energia local que não tem força suficiente para transporta-las à áreas mais afastadas; e no setor 3 na desembocadura do rio Catuama.

As areias grossas são encontradas: predominantemente no setor 1; no setor 3 na desemboca-

dura da Barra de Catuama, e parte do rio Botafogo; e no setor 2 nas proximidades da ponte Presidente Vargas.

As areias médias são mais expressivas no setor 1, de pouca representatividade no setor 2, e no setor 3 são encontradas nas proximidades da desembocadura do rio Botafogo (Barra de Catuama).

As areias finas, de modo geral, são encontradas em todo o Canal, com menor expressão no setor 1 e bem representada nos setores 2 e 3.

As areias muito finas são encontradas sobretudo no setor 2, com alguma ocorrência no setor 1 e no rio Botafogo.

As lamas são encontradas expressivamente no setor 3 no encontro do Rio Carrapicho com o Canal de Santa Cruz.

Observando os dados obtidos, nota-se que o Canal de Santa Cruz apresenta dois padrões de sedimentação. O primeiro, no setor 2 e grande parte do setor 3, onde se depositam os materiais mais finos (areias finas a muito finas), relacionados à uma hidrodinâmica de energia moderada a baixa.

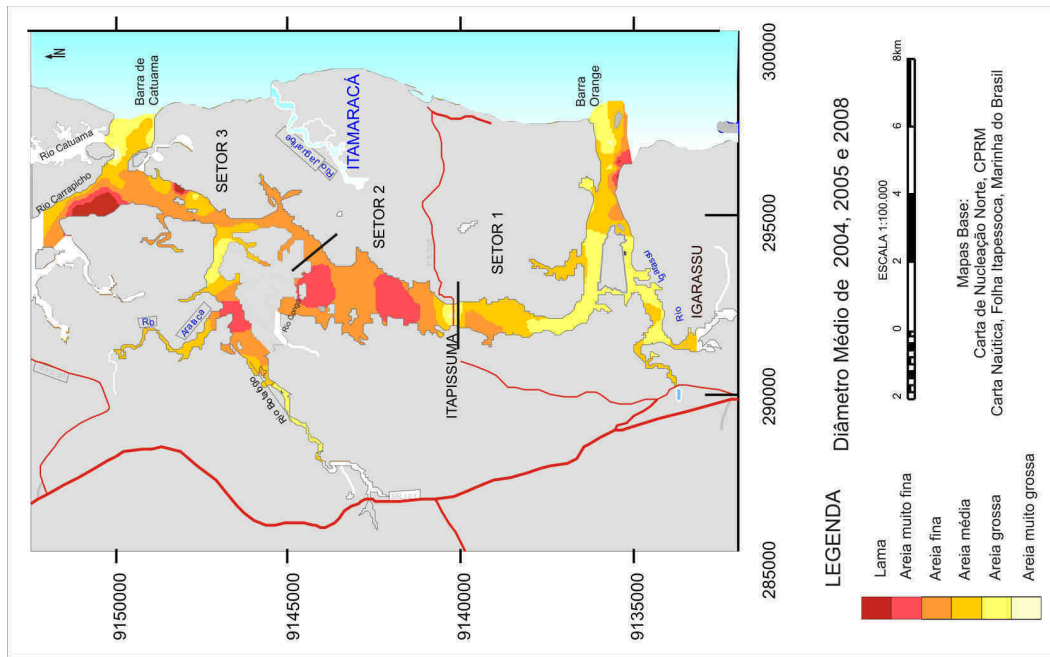
O segundo, no setor 1 com deposição de areia média a grossa, associada a níveis de energia mais significantes, possivelmente, influenciados pela ação das correntes de maré e descargas do rio Igarassu.

Nível de energia muito baixo é evidenciado, na confluência do rio Carrapicho com o Canal, pela presença de um “bolsão” de lama.

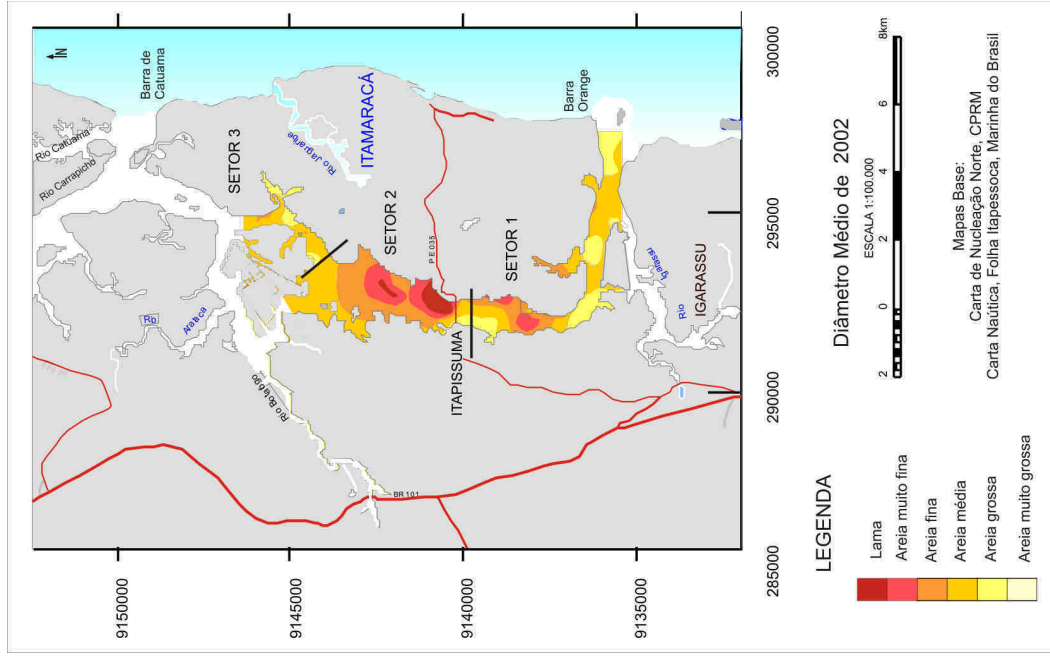
Estas variações granulométricas podem estar associadas às variações da hidrodinâmica, ao longo do Canal, nos dois últimos anos. Os setores 1 e 3 estão sujeitos, atualmente, a uma dinâmica mais ativa do que o setor 2.

Comparando os mapas de distribuição do diâmetro médio de 2004/2005/2008 (Figura 16) com os dados das amostras coletadas em 2002 por Silva (2004) (Figura 17), nota-se que houve uma tendência de aumento de granulometria na maior parte do Canal, principalmente nos setores 1 e 2.

Em 2002, no setor 1, as areias médias dominavam nas proximidades da Barra Orange, seguidas das areias finas a muito finas e lama em direção à Ponte Presidente Vargas. Em 2004/2005/2008 observa-se o predomínio das areias médias junto à Barra Orange e areias médias a grossas nas porções mais interiores desse setor. Uma explicação para esse caso, é a presença de restos da construção de um pier na Coroa do Avião, cujo material pode ter sido transportado pela corrente de maré para o interior do Canal.



**Figura 16: Mapa de distribuição do diâmetro médio dos grãos para as amostras coletadas em 2004/2005/2008.**



**Figura 17: Mapa de distribuição do diâmetro médio dos grãos para as amostras de 2002 (Silva, 2004).**



No setor 2, ao contrário do que ocorria em 2002, as lamas estão ausentes, dominando as areias finas e muito finas, o que pode ser resultante das dragagens periódicas dos viveiros de carcinicultura, existentes nas proximidades, necessárias para as manutenções dos mesmos.

No setor 3, em 2002 não foi feita coleta até a desembocadura Barra de Catuama mas, comparando a granulometria do trecho amostrado em 2004 e 2008 constata-se uma diminuição de granulometria de areias médias para finas.

#### **4.1.2 Desvio Padrão**

Segundo Santos (2004), esse parâmetro corresponde ao grau de dispersão ou espalhamento dos dados em torno de um tendência central, determinando o grau de seleção dos sedimentos. Geologicamente vem a ser a capacidade que diferentes agentes ambientais têm em selecionar um determinado sedimento.

O dados de desvio padrão mostram a predominância de sedimentos muito bem selecionados a moderadamente selecionados (Figura 18) e (Tabela 6, em anexo)

No mapa de distribuição de desvio padrão nota-se que no setor 1 dominam os sedimentos bem selecionados. Porém próximo a Barra Orange ocorrem sedimentos muito pobremente selecionados (Figura 18). Sedimentos moderadamente selecionados até pobremente selecionados são observados nas proximidades da desembocadura do rio Igarassu e no trecho próximo à ponte Presidente Vargas ocorrem sedimentos moderadamente selecionados. No setor 2 dominam os sedimentos muito bem selecionados a bem selecionados. Enquanto, no setor 3 os sedimentos se apresentam bem selecionados a moderadamente selecionados. No entanto em alguns trechos desse setor ocorrem sedimentos muito bem selecionados, nas áreas onde a profundidade são baixas (próximo a Atapus), e moderadamente a extremamente mal selecionados na confluência dos rios Carrapicho e Siri.

No rio Igarassu predominam os sedimentos bem selecionados. No Botafogo a seleção varia de bem a moderadamente selecionada, e no rio Carrapicho predominam depósitos pobremente a extremamente mal selecionados.

O grau de seleção das amostras Canal de Santa Cruz está relacionado com a capacidade de transporte do fluxo da água que penetra no Canal. Pode-se dizer que o Setor 2 é um limitante de sentido do fluxo de água que atua no Canal, esse setor é o de menor energia e não possui capacidade suficiente para transportar os sedimentos mais grossos, depositando-se aí os sedimentos mais finos, conseqüentemente variando de bem selecionados a muito bem selecionados.

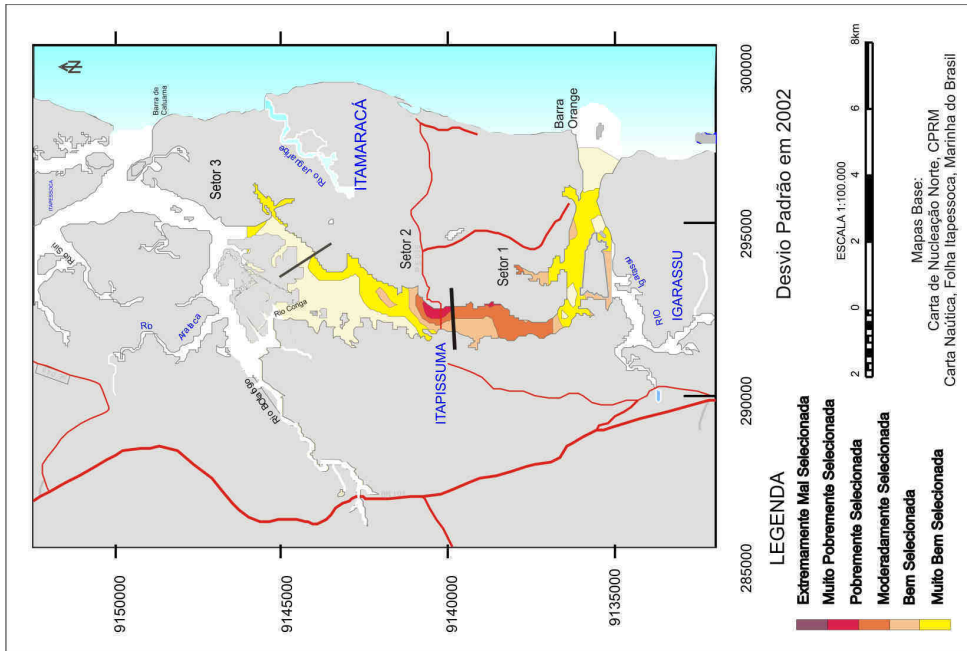


Figura 19: Mapa de Grau de Seleção das amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004.

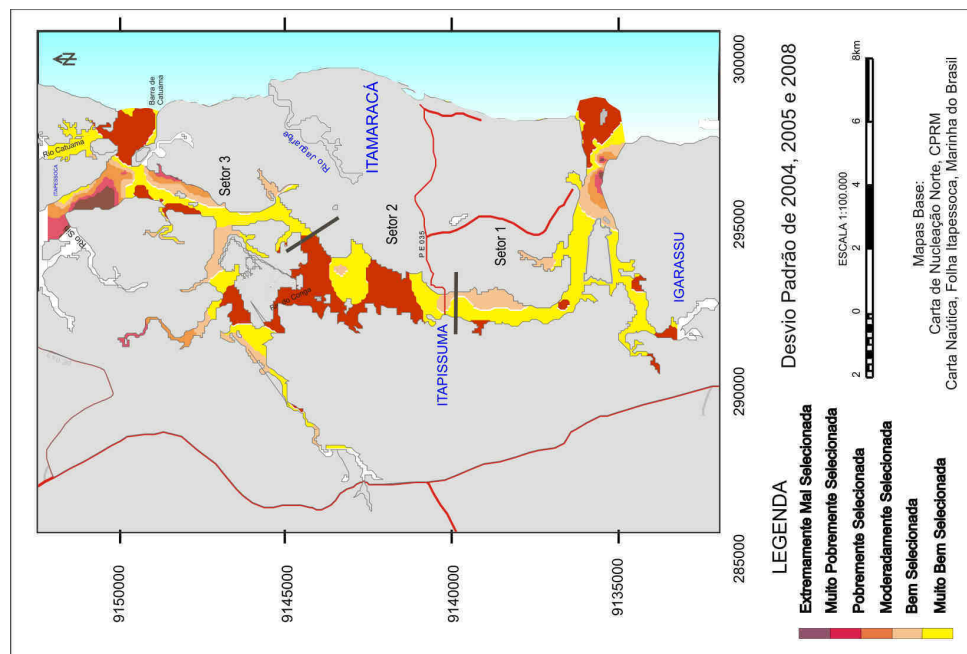


Figura 18: Mapa de Grau de Seleção das amostras coletadas em 2004/2005/2008.

Enquanto que nos setores 1 e 3 nas Barra Orange e Catuama, os sedimentos apresentam-se muito pobremente selecionados, também devido a hidrodinâmica, nesse caso, essas duas regiões apresentam uma hidrodinâmica mais enérgica. Nas desembocaduras dos rios Igarassu e Carrapicho, as amostras apresentam-se extremamente mal selecionadas a pobremente selecionada, podendo está relacionada com o encontro de águas marinhas e fluviais influenciando energia do meio.

Ao se comparar o mapa distribuição do desvio padrão de 2004/2005/2008 (Figura 18), com o de Silva(2004) (Figura 19), observa-se que houve uma mudança significativa do grau de seleção, sobretudo na região mais interiorana do setor 1, onde os sedimentos foram classificados como pobremente selecionados.

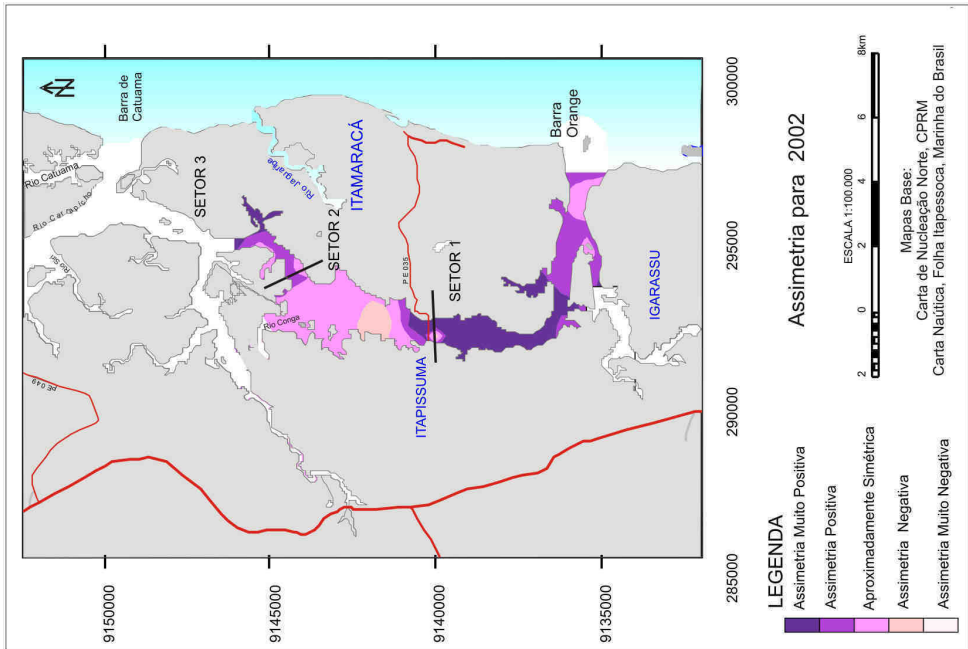
#### 4.1.3 Assimetria

Duas curvas podem ter a mesma granulometria média e o mesmo grau de dispersão, mas podem ter os graus de assimetria diferentes. Por essa razão deve-se ter uma medida de tendência dos dados ao se dispersarem de um lado ou do outro da média (Suguio, 1973). O grau de assimetria é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana. Quando o diâmetro médio e a mediana coincidem há uma distribuição simétrica. Se houver um desvio para valores maiores em  $\phi$  (partículas mais finas) a assimetria será positiva, e se o desvio for para valores menores de  $\phi$  (partículas mais grossas) a assimetria será negativa. Geologicamente é utilizada para caracterizar ambientes de sedimentação correlacionando-os ao regime de energia atuante.

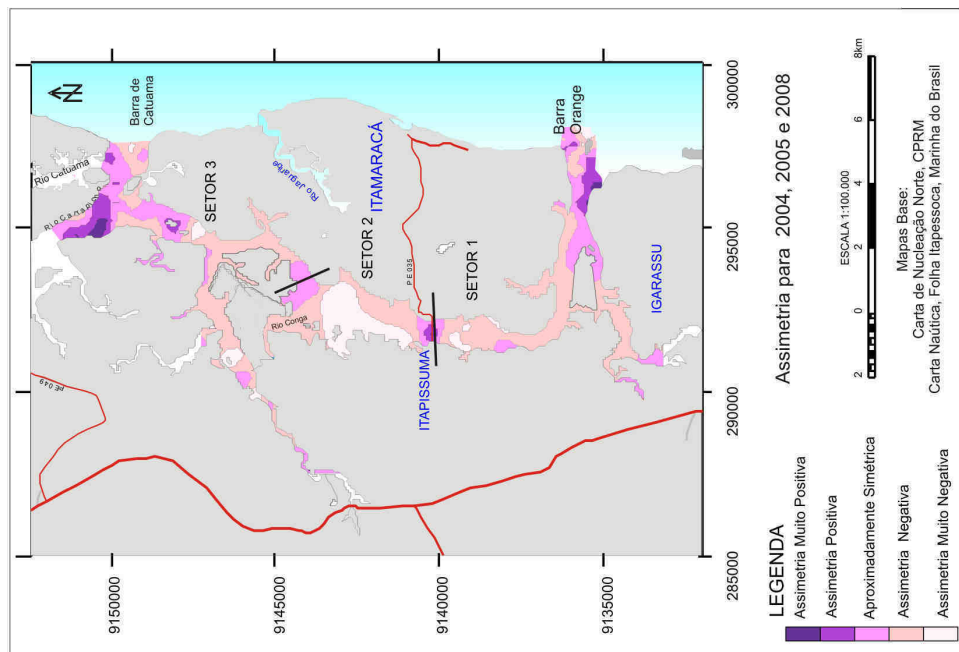
No mapa de distribuição de assimetria (Figura 20), observa-se que, em geral, predomina nos três setores do Canal de Santa Cruz, a assimetria negativa. No entanto observa-se no setor 1, na Barra Orange e na confluência do Canal com o rio Igarassu, sedimentos com assimetria variando de aproximadamente simétrica até muito positiva. No setor 2, dominam os valores de assimetria negativa e muito negativa e, em uma pequena área mais ao norte são encontrados sedimentos aproximadamente simétricos.

Os valores de aproximadamente simétrica dominam o setor 3. Aparecem também nas desembocaduras do rio Igarassu, no setor 1. E, no setor 2, sob a ponte Presidente Vargas que liga a Ilha de Itamaracá. Há um predomínio da assimetria negativa ao longo do Canal e no rio Botafogo. Valores de aproximadamente simétrica são observados no trecho norte do setor 3, após a confluência com o rio Botafogo, ao longo dos rios Arataca e Catuama. Assimetria positiva a muito positiva é observada na desembocadura do rio Carrapicho.

Comparando os mapas de assimetria dos anos de 2004/2005/2008 (Figura 20), com e de Silva (2004) com 2002 (Figura 21), nota-se que as houve uma tendência do grau de assimetria tornar-se de aproximadamente simétrico para assimetria



**Figura 21: Mapa de Assimetria para as amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004.**



**Figura 20: Mapa de distribuição de assimetria para as amostras coletadas em 2004/2005/2008.**

#### 4.1.4 Curtose

A curtose ou angulosidade dos picos, reflete o grau de agudeza dos picos nas curvas de distribuição de frequência.

Sua medida indica a razão do espalhamento médio das caudas e na parte central da distribuição no desvio padrão (Suguio, 1973).

Tais curvas estão diretamente relacionada às condições de movimento no ambiente sedimentar, sendo que as amostras que apresentam curvas leptocúrticas, indicam provavelmente remoção de uma fração dos sedimentos por meio de correntes de fundo, enquanto distribuições platicúrticas podem indicar uma baixa movimentação. Já as curvas mesocúrticas delimitam áreas intermediárias de maior ou menor movimentação a distribuição da curtose indica que o Canal é uma área de movimentação hidrodinâmica baixa a intermediária.

Quanto à distribuição da curtose (Figura 22), observa-se na área estudada o predomínio das distribuições mesocúrticas e platicúrticas. No entanto nos extremos norte e sul da área observa-se a presença de curvas leptocúrticas a extremamente leptocúrticas

No setor 1, trecho nas imediações Barra Orange as curvas de distribuição platicúrticas estão bem representadas e próximo a desembocadura do rio Igarassu, as amostras apresentam curvas leptocúrticas, muito e extremamente leptocúrticas. Desse ponto até o final do setor, predomina curvas platicúrticas e subordinadamente mesocúrticas. Ao longo do rio Igarassu dominam curvas mesocúrticas e platicúrticas.

No setor 2, dominam curvas mesocúrticas e platicúrticas.

No setor 3, observa-se dominância das curvas platicúrticas e mesocúrticas. As mesocúrticas bem representadas ao longo Canal, e as platicúrticas nos rios Botafogo e Arataca. No trecho mais ao norte deste setor os sedimentos apresentam curvas leptocúrticas a extremamente leptocúrticas.

Comparando a distribuição da curtose entre 2004/2005/2008 (Figura 22) com a de 2002 (Silva, 2004) (Figura 23), observam-se que em 2002, no setor 1 dominavam a curvas leptocúrticas a muito leptocúrticas. No setor 2 e parte do setor 3 as curvas platicúrticas e mesocúrticas estavam bem representadas.

#### 4.1.5 Distribuição de Fácies

Com os valores percentuais de cascalho, areia e lama (silte + argila) de cada amostras (Tabela 6, em anexo), foram identificados cinco grupos faciológicos para a área estudada: areia cascalhosa, areia, areia lamosa, lama arenosa e lama (Figura 24).

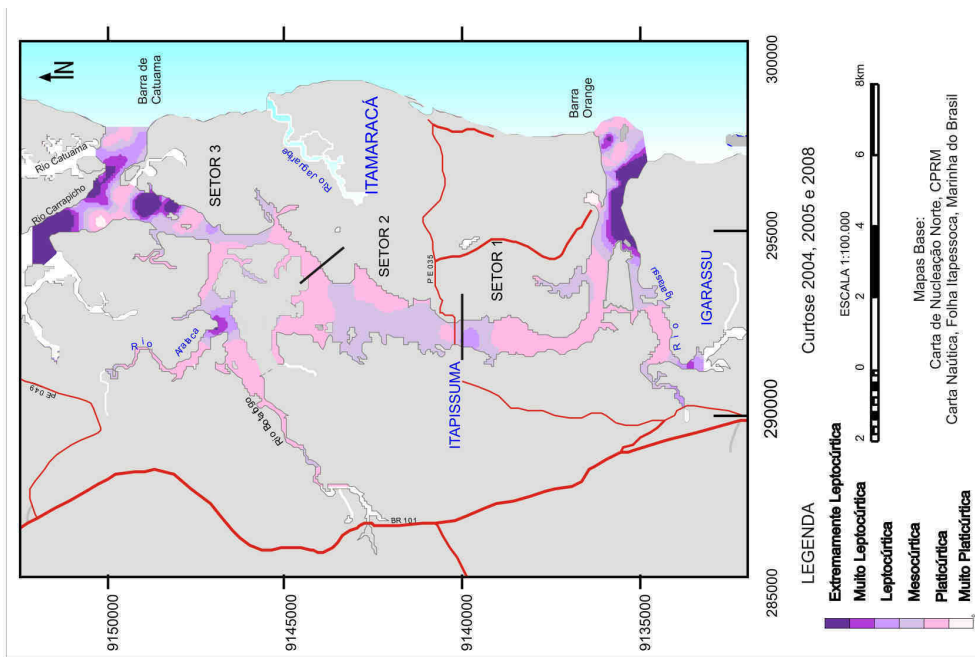


Figura 22: Mapa de Curtose para as amostras coletadas em 2004/2005/2008.

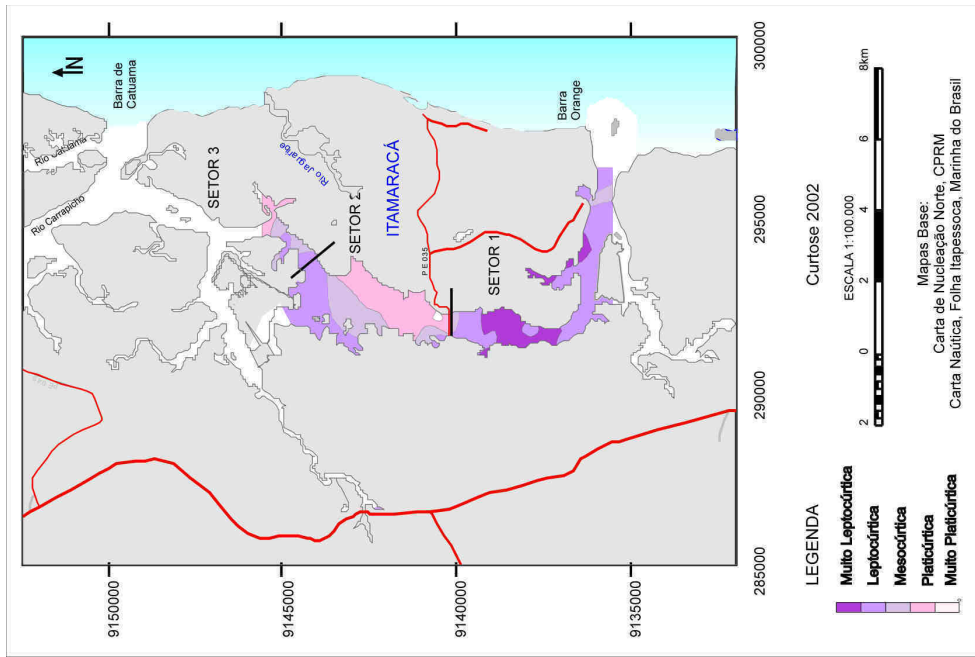


Figura 23: Mapa de Curtose para as amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004.

### **Fácies Areia Cascalhosa**

Constituída por no máximo 60% de cascalhos na amostra total. Composta por quartzo, bioclásticos e minerais acessórios. É pouco representativa na área, sendo observada em duas pequenas manchas: uma no setor 2 (próximo a ponte Presidente Vargas) e outra no setor 3.

### **Fácies Areia**

É a segunda fácies mais encontrada no Canal, não estando, no entanto representada no setor 2. É bem representada nos setores 1 e 3. É fundamentalmente constituída por quartzo e por bioclastos e por raros minerais acessórios.

### **Fácies Areia Lamosa**

Essa fácies contém até 25% de lama. Pode ser encontrada em todo o Canal, principalmente no setor 3, e em menor proporção no setor 1. São comuns também nos rios Igarassu, Botafogo e Carrapicho. É constituída predominantemente por quartzo.

### **Fácies Lama Arenosa**

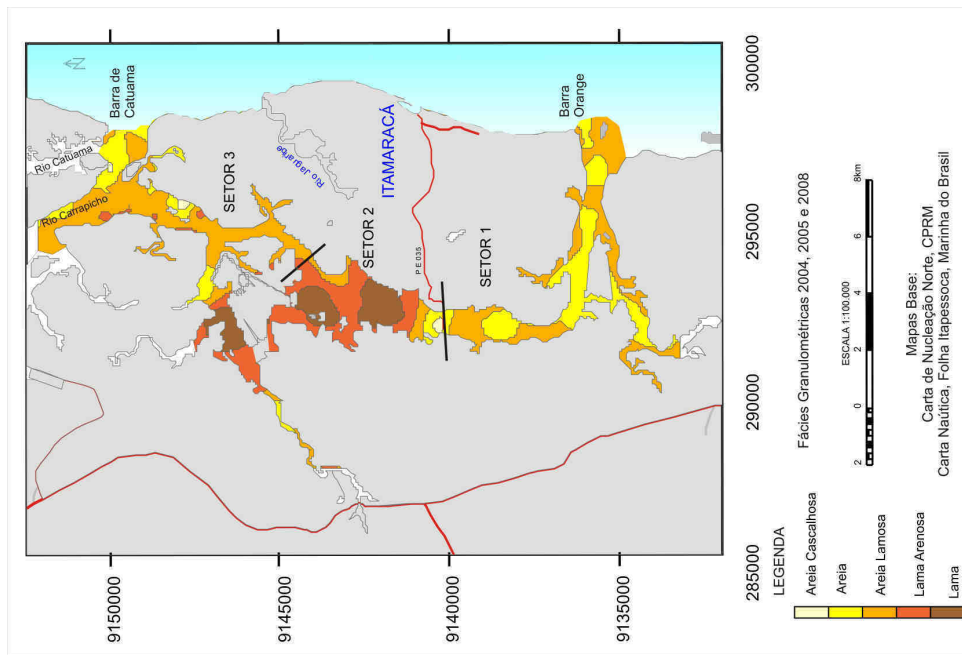
Predomina no setor 2 e no rio Botafogo, com mínima representatividade no setor 3. É constituída por quartzo e minerais acessórios.

### **Fácies Lama**

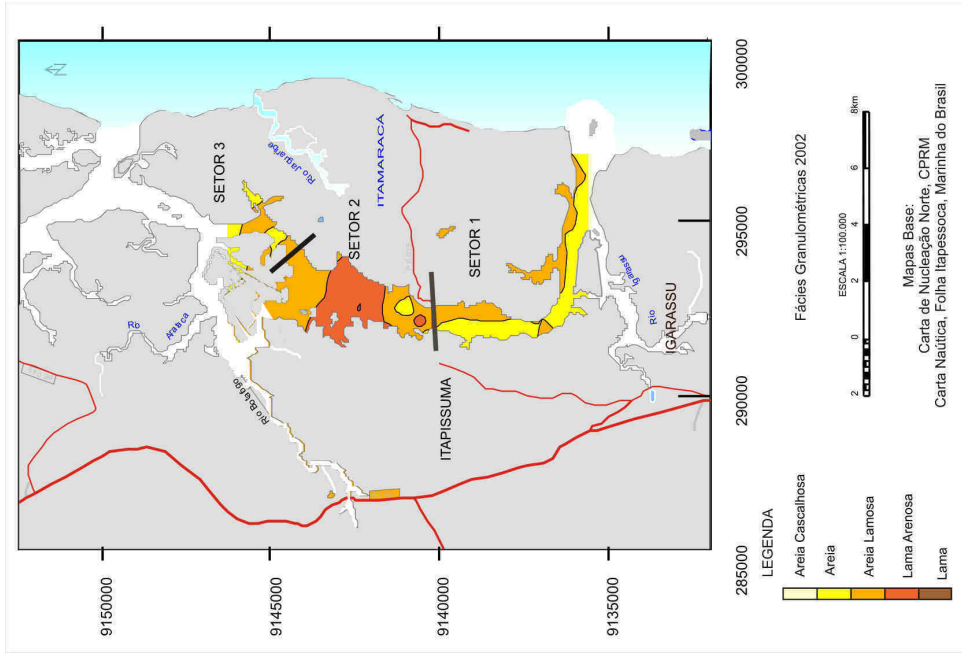
É encontrada, no setor 2, e em um pequeno trecho do rio Botafogo na sua confluência com o rio Arataca. É Composta de quartzo e minerais acessórios.

Comparando os mapas de distribuição de fácies obtidos por Silva (2004), no ano de 2002 com o de 2004/2005/2008 (Figuras 24 e 25), não observou-se grande mudança da distribuição faciológica, nos setores 1 e trecho do setor 3. Porém no setor 2 houve mudanças significativas. Enquanto em 2002 as fácies dominantes eram lama arenosa e areia lamosa, no período mais recente a fácies areia lamosa é pouco representativa sendo substituída pela fácies lama.

Essa variação pode ser resultado de alterações na hidrodinâmica local causada por assoreamento associado ao descarte do material da dragagem dos viveiros localizados nas imediações do setor 2.



**Figura 24: Mapa de distribuição de fácies para amostras coletadas em 2004/2005/2008.**



**Figura 25: Mapa de distribuição de fácies para amostras coletadas em 2002 por Silva, 2004.**

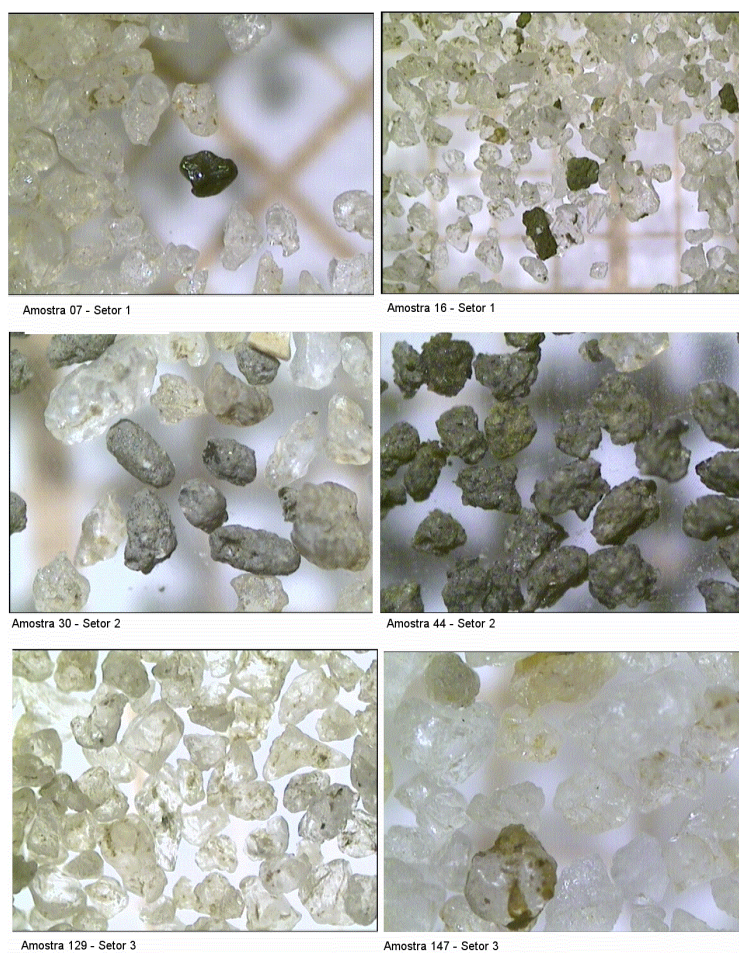


## 4.2 ESTUDOS MORFOSCÓPICOS E COMPOSICIONAL

### 4.2.1 Composição

O estudo composicional das partículas sedimentares é importante no que se refere à identificação da sua proveniência e na reconstituição da história do sedimento desde a sua origem até sua acumulação. Por sua vez a composição é controlada pelo tipo de rocha, solo, clima e relevo da área fonte, agentes, processos e distância de transporte.

A grande parte das amostras analisadas é composta por grãos de quartzo (Figura 26) predominantemente de baixa esfericidade, e subordinadamente por bioclásticos, e em menores quantidades por fragmentos líticos e alguns minerais acessórios como biotita. Os grãos de quartzo apresentam-se translúcidos, amarelados e alguns poucos esfumados. A cor amarelada dos grãos de quartzo deve-se à presença de uma cutícula de óxidos/hidróxidos de ferro que pode ter sido herdada da área fonte (Figura 27).

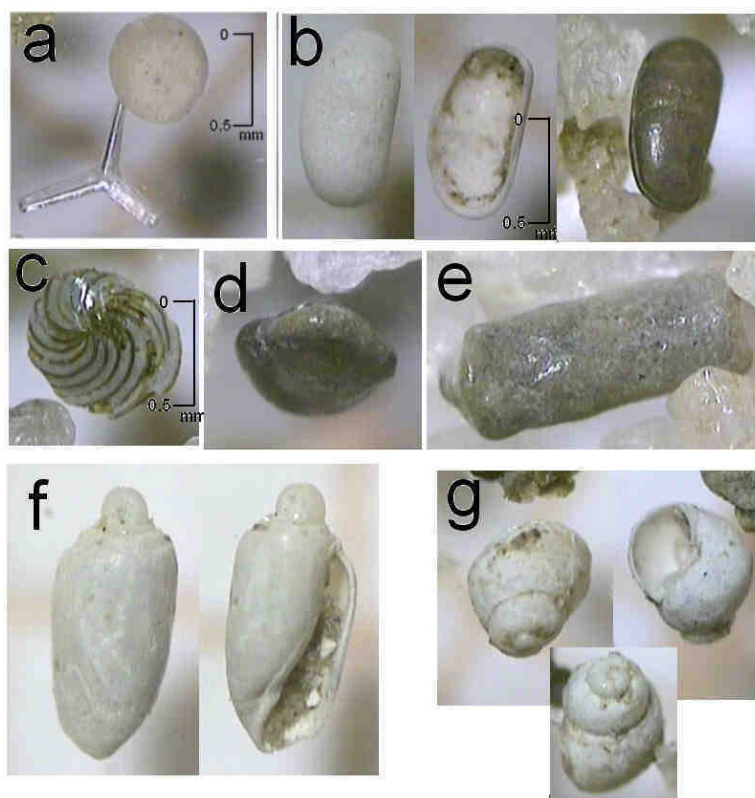


**Figura 26: Composição das amostras dos setores 1, 2 e 3.**

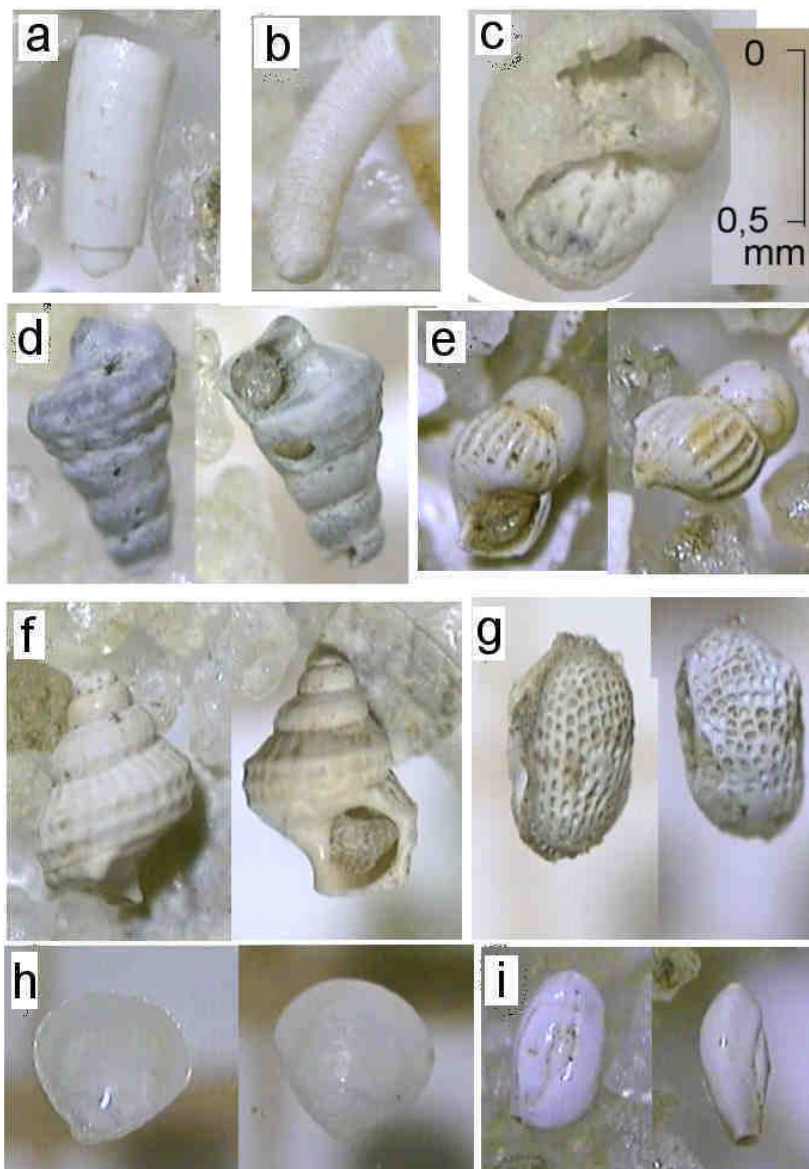


**Figura 27:** A - grãos de quartzo agregados à caulinita, B - grãos de mica; C - limonita; D - grão de quartzo e turmalina.

Os grãos bioclásticos estão representados por carapaças inteiras e/ou fragmentadas de diferentes tipos de organismos tais como: halimeda, moluscos (gastrópodes, bivalves, escafópodes, cefalópodes), foraminíferos (rotalídeos, quincolocolina), equinodermas (espinhos), poríferas (espículas de esponjas), além de pequenos fragmentos de madeira (Figuras 29 e 28).



**Figura 28:** Bioclastos: a espícula de esponja, b, d carapaças de braquiópodes, c, f, g carapaças de gastrópodes, e, espinho.



**Figura 29: Bioclastos: a, b espinhos de equinóides, c, d, e, g, h carapaças de gastrópodes, e f, i braquiópodes.**

A análise dos difratograma de Raios-X, mostra que o quartzo domina em todas as amostras, assinalando ainda, em algumas, a presença de feldspato alcalino, calcita e caulinita. Os feldspatos são mais frequentes no setor 3. A presença de calcita está associada aos grãos bioclastos. A ocorrência das caulinitas deve-se às condições climáticas reinantes na área, confirmando sua origem como produto de intenso intemperismo químico. (Figuras 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, e 42).

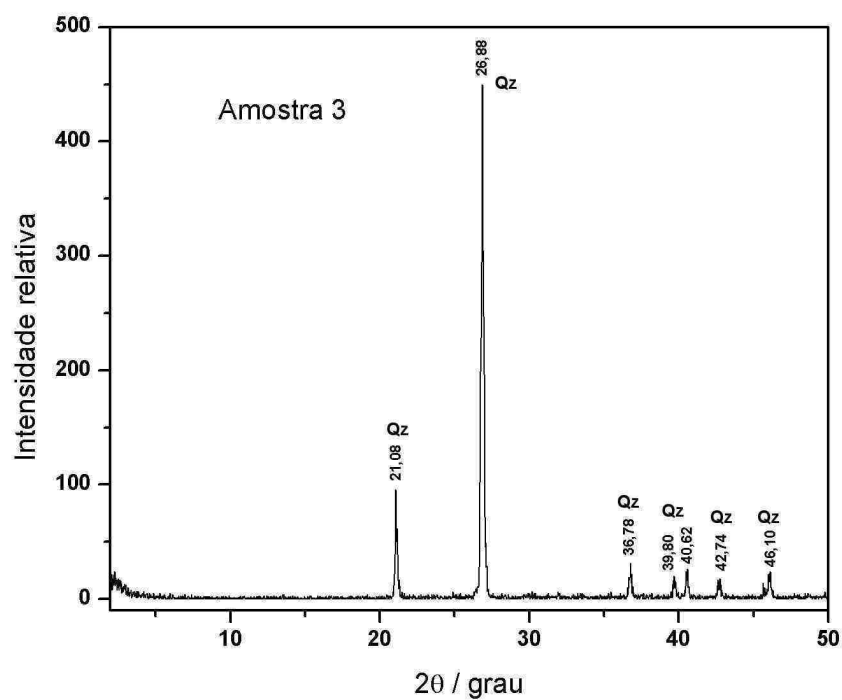


Figura 30: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 3, localizada no setor 1.

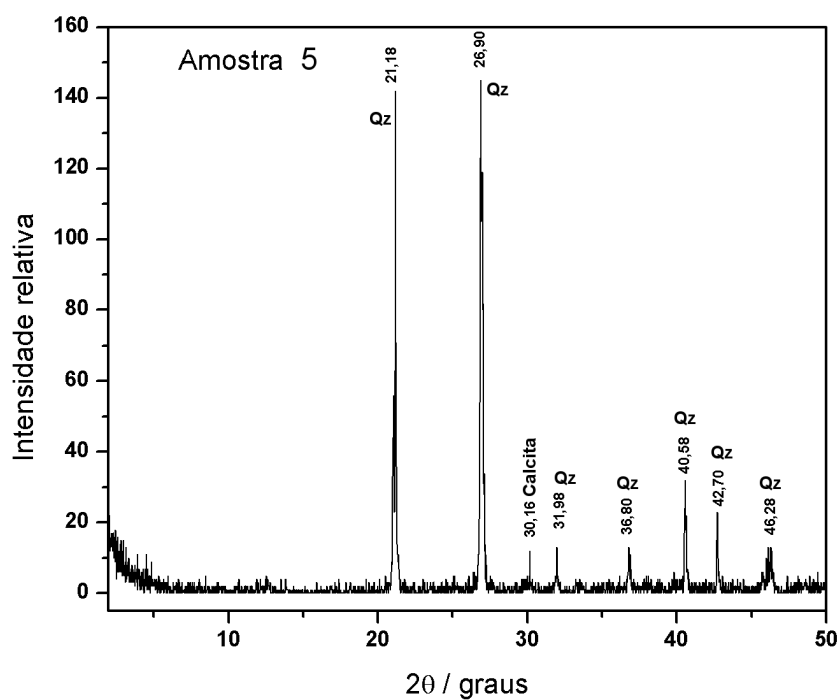


Figura 31: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 5, localizada no setor 1.

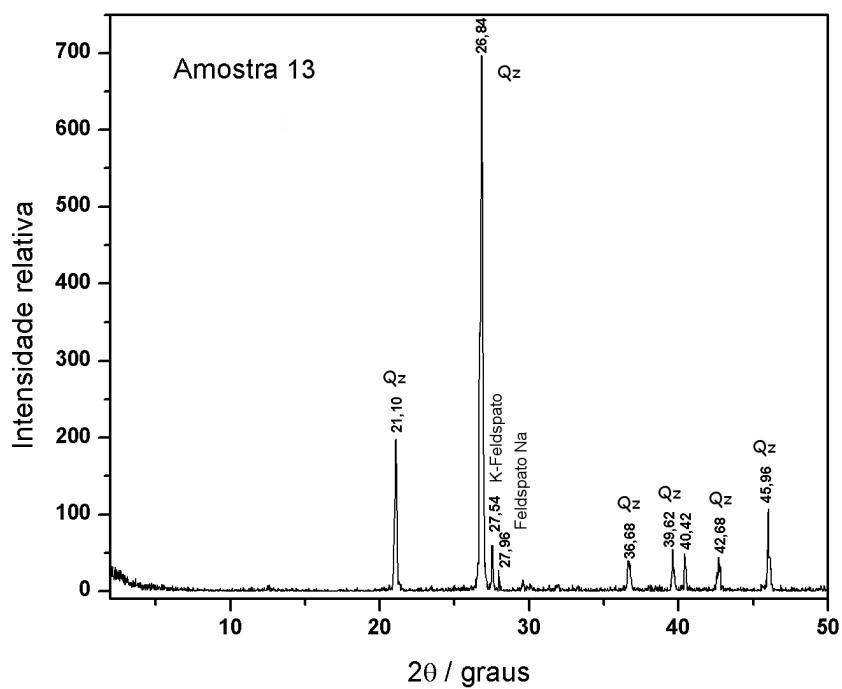


Figura 32: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 17, localizada no setor 1.

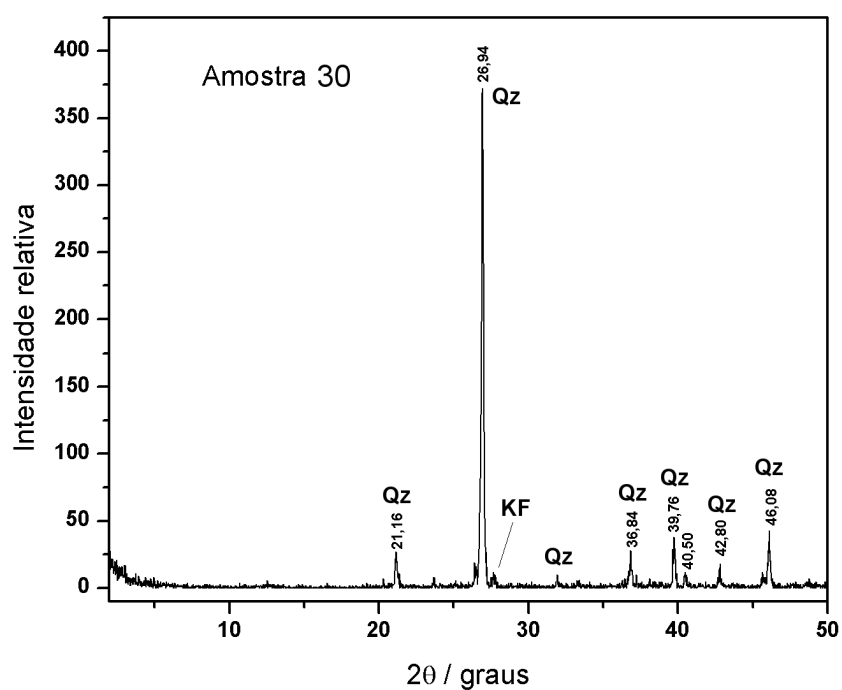


Figura 33: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 30, localizada no setor 2.

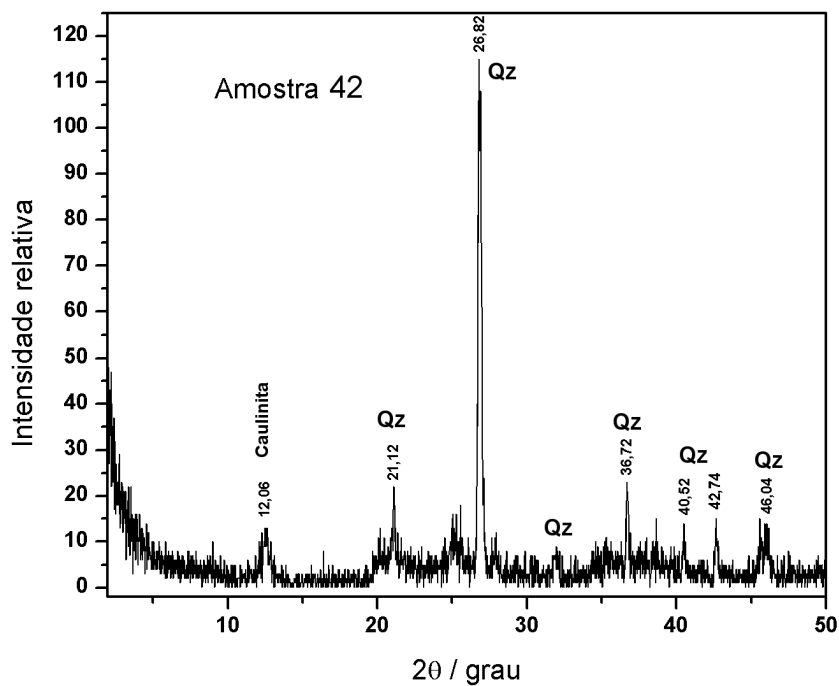


Figura 34: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 42, localizada no setor 2.

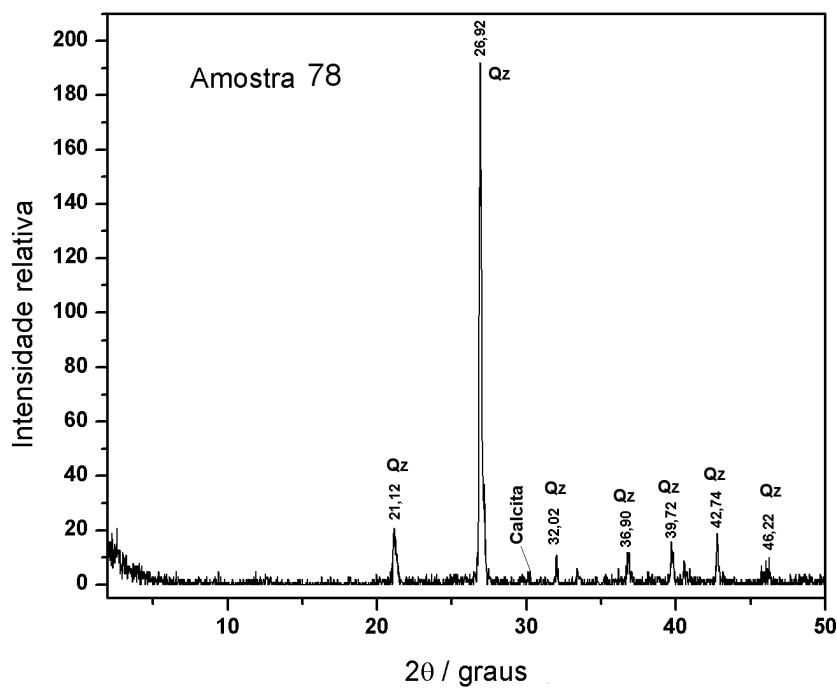


Figura 35: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 78, localizada no setor 2.

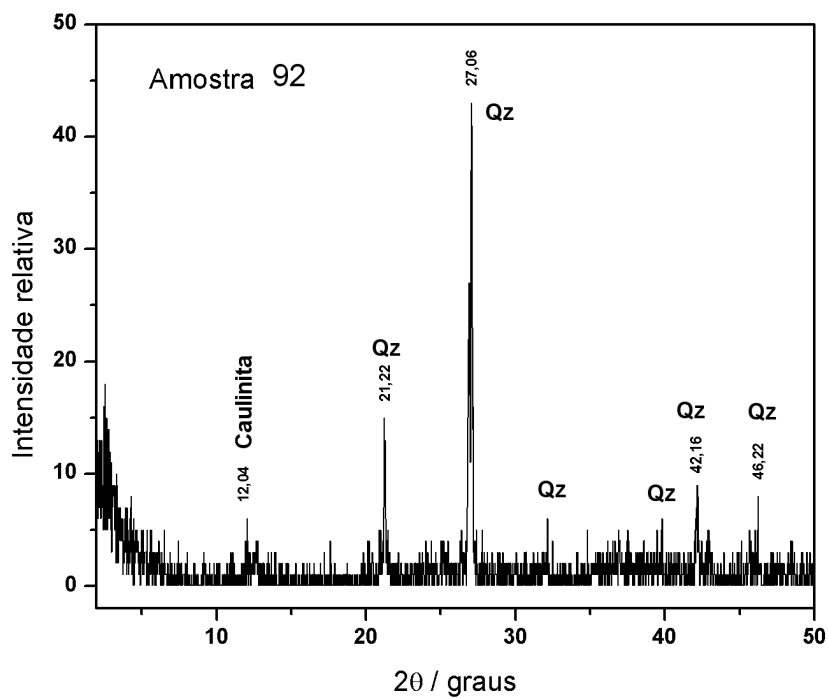


Figura 36: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 92, localizada no setor 2.

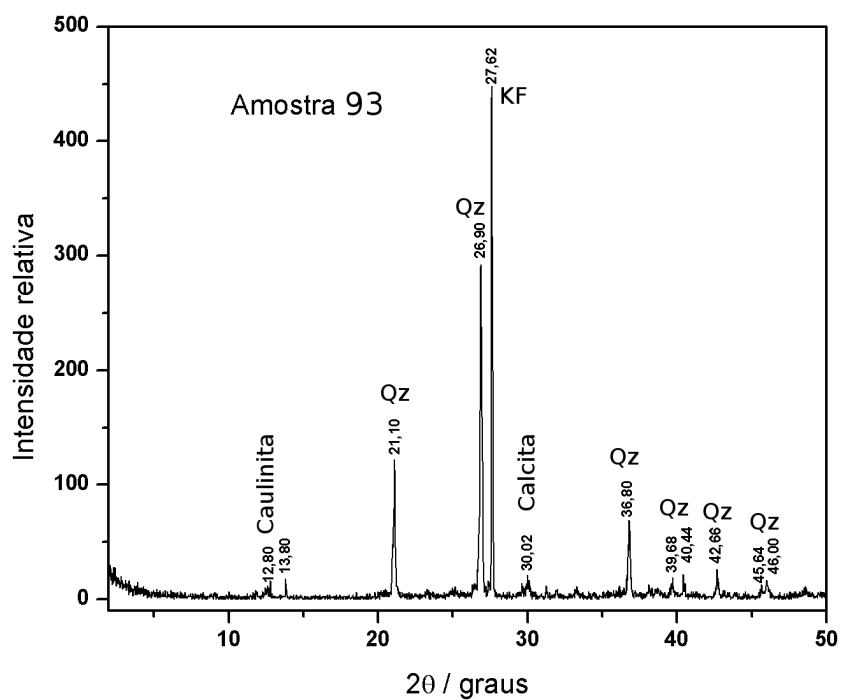


Figura 37: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 93, localizada no setor 3.

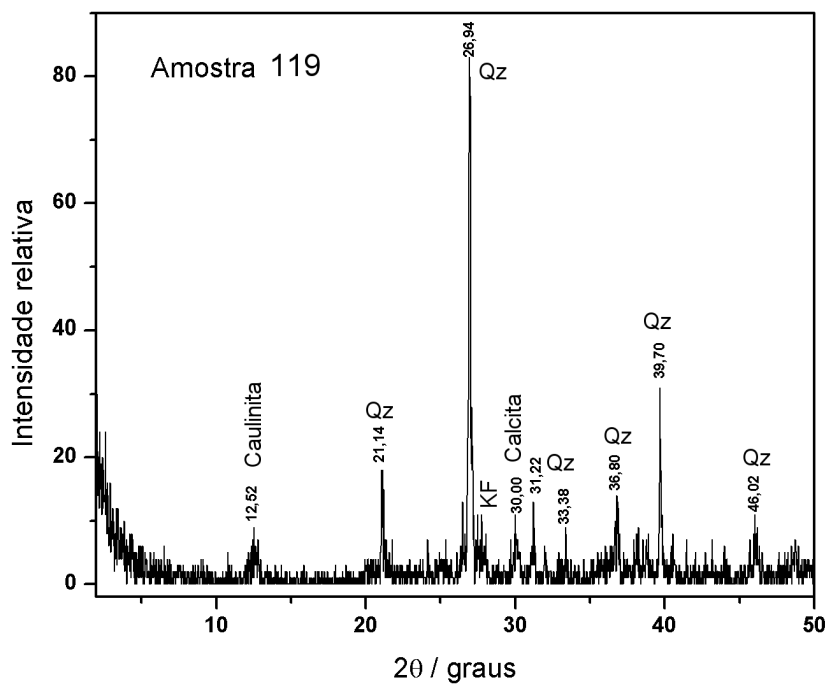


Figura 38: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 119, localizada no setor 3.

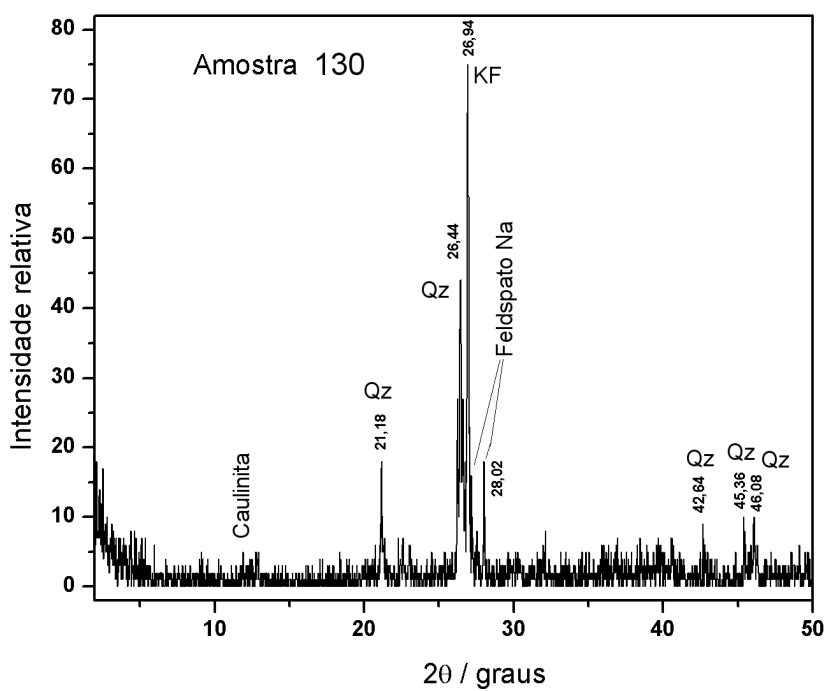


Figura 39: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 130, localizada no setor 3.



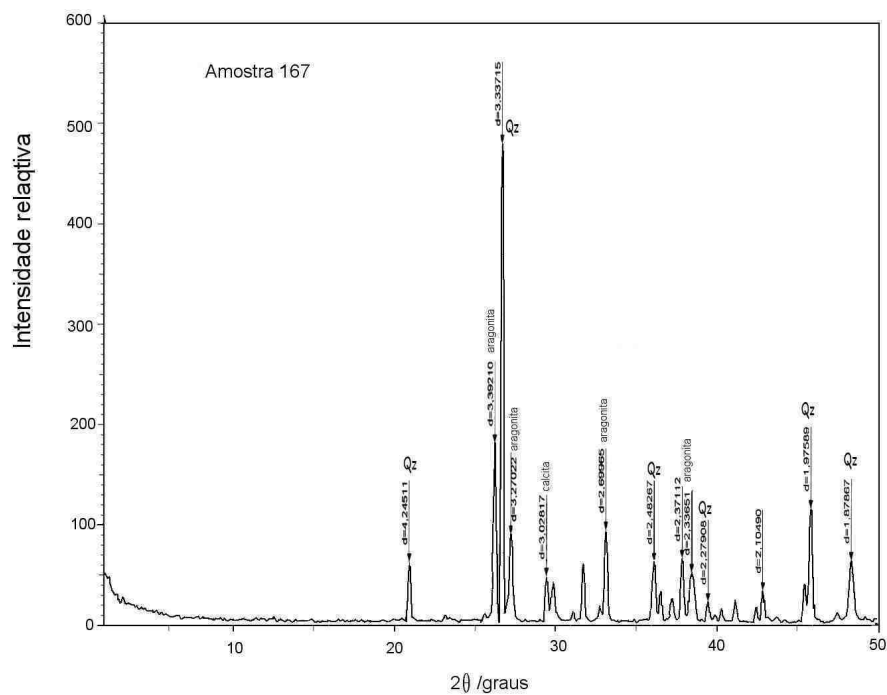


Figura 40: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 167, localizada no setor 3, nas proximidades da Barra de Catuama.

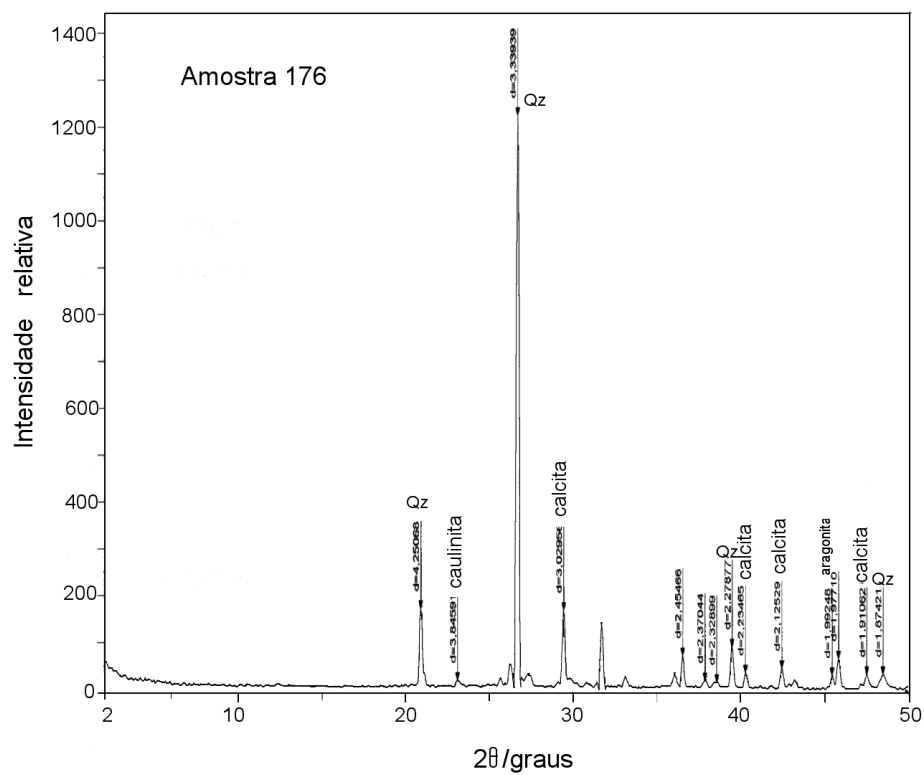
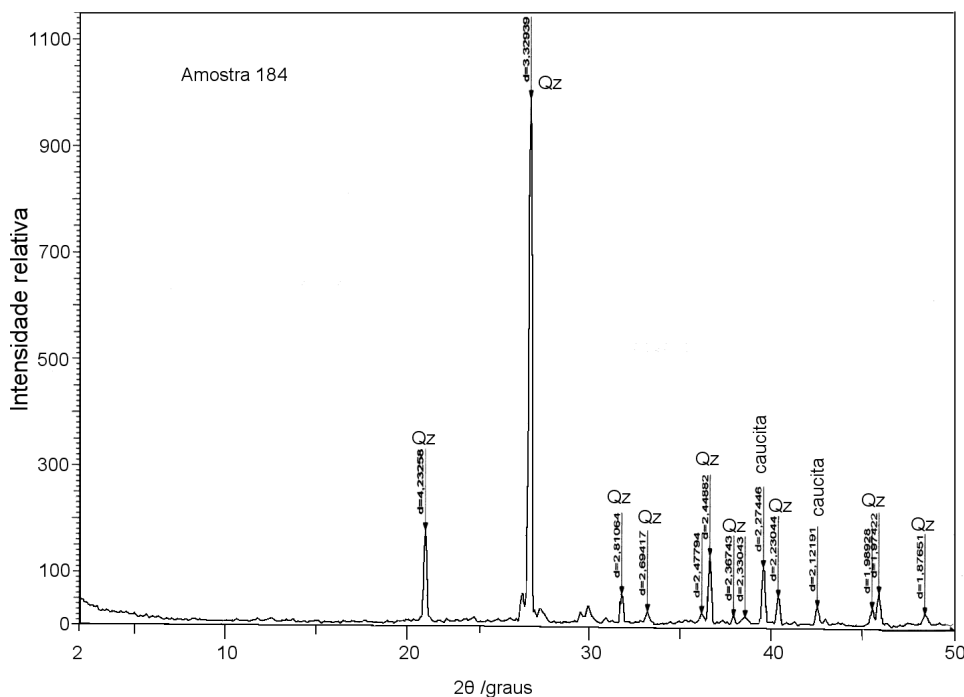


Figura 41: Difratoograma de Raios-X, para a amostra 176, localizada no setor 3.



**Figura 42: Difratograma de Raios-X, para a amostra 184, localizada no setor 3, na desembocadura do rio Carrapicho.**

## Textura Superficial

São feições à pequena escala, na superfície dos grãos, independentes do tamanho, forma e arredondamento. São importantes pois possuem significados genéticos Mabesoone (1983).

Reineck & Singh (1980) apud Cailleux (1942), diferencia três tipos principais de textura superficial nos grãos de quartzo: grãos não desgastados apresentando aspecto sacaróidal que não sofreram transporte, típicos de ambientes glaciais, grãos brilhantes típicos de transporte aquoso e os foscos associados a transporte eólico.

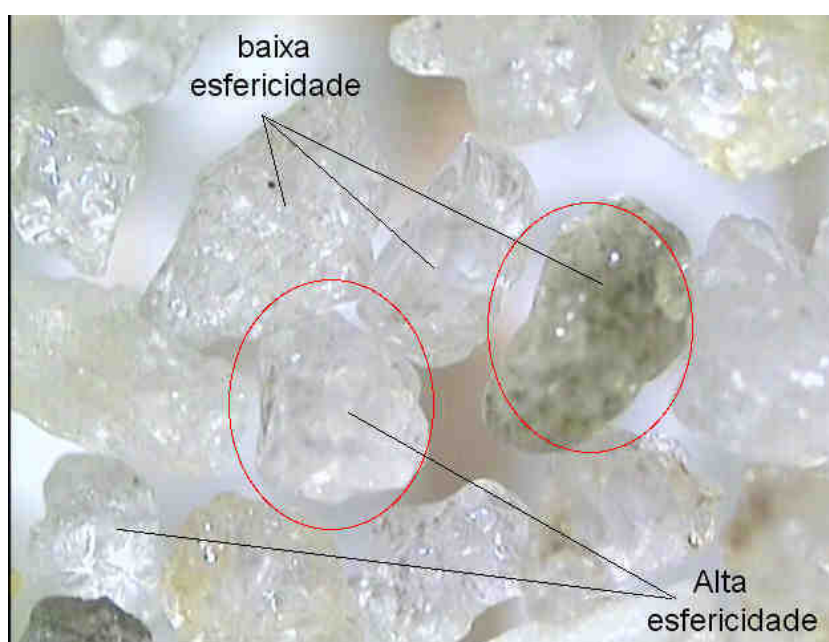
Na amostras analisadas dominam os grãos de quartzos brilhantes, o que caracteriza transporte em condições subaquosas.

## Esfericidade e Arredondamento

A esfericidade é definida como o grau em que a forma da partícula arenosa se assemelha a uma esfera. O arredondamento se refere a curvatura dos cantos de um grão. Essas propriedades são utilizadas para interpretações ambientais, sendo as medidas de arredondamento mais significativas

Segundo Dias (2004), a forma das partículas pode indicar o comportamento hidrodinâmico, sendo as partículas esféricas tendencialmente mais fáceis de remobilizar. Assim, como auxiliam na determinação do ambiente de origem.

Nas amostras do Canal de Santa Cruz e rios Botafogo e Igarassu, em aproximadamente 45,3 % os grãos de quartzo mostram esfericidade alta e 54,7 % esfericidade baixa. O arredondamento variou na faixa entre anguloso até arredondado. Nessa variação apenas 5,6 % das amostras foram classificadas como angulosa e 1,9 % arredonda. O restante ficou distribuída uniformemente nas classes anguloso-a-subanguloso (22,6 %), subanguloso-a-subarredondado (33,9 %), e subarredondado (35,8%) (Tabela 2) e (Figura 43). No geral, os grãos subangulosos a subarredondados apresentam esfericidade média.



**Figura 43: Relação arredondamento X esfericidade dos grãos de quartzo das amostras do Canal de Santa Cruz.**

**Tabela 2: Percentagem de arredondamento e esfericidade nos setores do Canal de Santa Cruz (A anguloso, SA subanguloso, SAR, subarredondado, AR arredondado)**

	Esfericidade (%)		Arredondamento (%)		
	Alta	Baixa	A-SA	SA-SAR	AR
Setor 1	8,4	25,4	9,4	11,3	11,3
Setor 2	16	19,4	9,4	9,4	9,4
Setor 3	20,7	9,4	3,8	13,2	15,1

#### 4.2.2 Concentração de Matéria Orgânica

A matéria orgânica (M.O.) origina-se da decomposição dos restos animais e vegetais, principalmente raízes, onde os microorganismos desempenham um papel fundamental na sua destruição, alteração e transformação. Sua formação inicia-se através da destruição microbiana e química (hidrólise) das macromoléculas bioquímicas (Suguio, 1973).

A M.O., entre outros constituintes, está presente em quase todos os tipos de sedimentos e a quantidade desse material depende da granulometria do sedimento inconsolidado. Os sedimentos argilosos contém duas vezes mais matéria orgânica que os arenosos (Suguio, 1973).

A distribuição dos percentuais de M.O. ao longo do Canal de Santa Cruz, apresentou grande variedade de concentração (Tabela 3). Na maior parte das amostras analisadas (26) os valores de M.O. foram inferiores a 5%. Em algumas amostras as concentrações variaram de 5 a 10% (6 amostras), 10 a 15% (5 amostras) e 15 a 20% (4 amostras). Apenas duas amostras apresentaram concentrações maiores que 20% (Figura 44).

O setor 1, apresentou as menores concentrações de M.O. Este setor é hidrologicamente mais dinâmico, o que pode acarretar o transporte de materiais finos, que detém a matéria orgânica, para outros setores, depositando ai só os materiais mais grossos.

No setor 2, em contraste com o setor 1, as amostras apresentam as maiores concentrações de M.O. observadas para toda a área, em média valores maiores que 12,8%, (maior valor foi 27,7% e menor 2,8%). Essa concentração está relacionada a um conjunto de situações encontradas nesse local: a pouca profundidade, a lâmina d'água (mais ou menos 15 cm em alguns locais), afetando a hidrodinâmica, favorecendo a deposição de sedimentos finos que retém maior quantidade de M.O.; além disso, é nessa região que se localiza o centro urbano de Itapissuma, que despeja os dejetos diretamente no Canal sem nenhum tipo de tratamento, e onde se localiza a comunidade pesqueira que deposita nesse setor o rejeito da pesca.

No setor 3, observa-se porcentagens variadas de M.O., podendo-se destacar em duas amostras (126 e 130) valores de 10,4 e 10,15%, respectivamente. Esses valores podem estar relacionados às variações de batimetria, conseqüentemente influenciando a hidrodinâmica local.

As concentrações de matéria orgânica obtidos ao longo das desembocaduras dos rios Igarassu e Botafogo não apresentam grande variabilidade (Tabela 3). No rio Igarassu das 4 amostras analisadas, 3 apresentam concentrações menores que 5% e apenas 1 amostra com 11,677% de matéria orgânica, o que pode estar correlacionado ao aporte de material fino proveniente da dragagem de um viveiro localizado nas proximidades (Figura 44). No rio Botafogo os concentrações foram baixos (> 5%) na maioria das amostras, e em apenas uma o concentrações foi de 17,30%. O rio Carrapicho apresentou concentrações muito baixos, menor que 0,5%.

**Tabela 3: Concentração de Matéria Orgânica e Carbonato Total.**

Localização	Amostra	Matéria Orgânica(%)	Carbonato Total(%)
Setor 1	3	1,12	2,89
	5	3,6	0,86
	13	2,02	0,25
	16	1,26	0,64
	63	2,94	<b>3,43</b>
	72	1,56	0,50
	73	<b>7,74</b>	1,14
Rio Igarassu	64	1,51	<b>4,42</b>
	66	<b>11,6</b>	1,67
	69	1,03	0,11
	70	1,06	0,27
Setor 2	29	4,77	1,76
	30	3,21	2,37
	31	<b>27,79</b>	4,48
	41	20,27	2,73
	42	17,07	3,46
	43	19,75	4,65
	78	2,85	0,71
	85	17,24	3,93
	89	9,31	1,96
	90	8,19	<b>5,68</b>
	91	11,69	1,21
	92	11,26	2,28
Setor 3	52	2,00	2,13
	54	5,30	1,52
	93	7,83	<b>43,50</b>
	116	2,21	1,31
	119	8,50	6,43
	126	<b>10,54</b>	13,06
	129	0,95	4,91
	130	10,15	1,78
	165	0,19	1,23
	166	0,19	0,33
	167	0,31	1,74
	168	0,30	0,17
	174	0,23	1,24
176	0,27	0,62	
Rio Botafogo	94	2,83	0,28
	97	4,02	0,77
	98	<b>17,30</b>	<b>3,30</b>
	101	0,05	0,66
Rio Carrapicho	183	0,44	0,27
	184	0,23	0,09

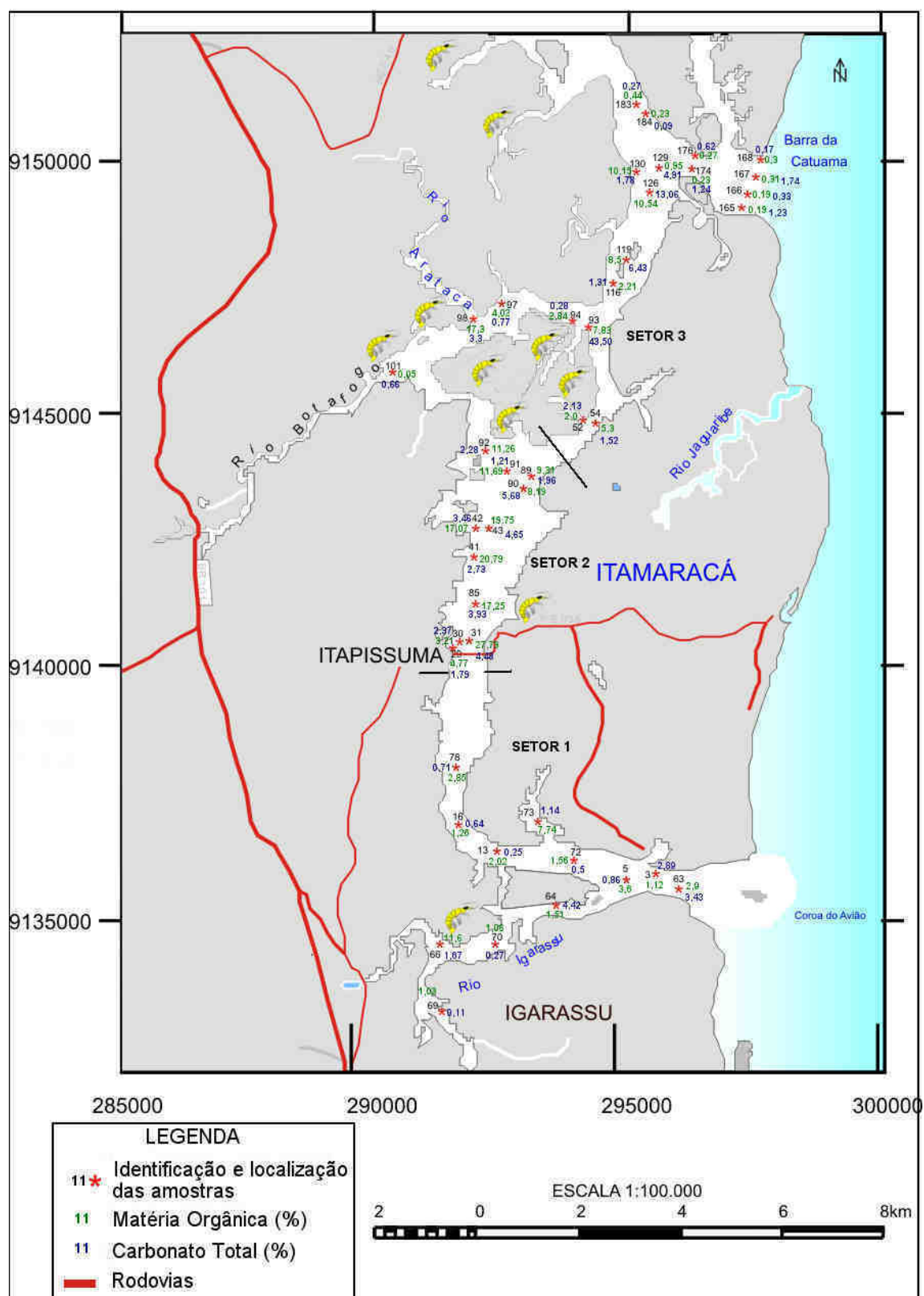


Figura 44: Mapa de localização aproximada dos viveiros de carnicultura e os valores de concentração percentuais de M.O e carbonato total.

### 4.2.3 Concentração de Carbonato Total

Os carbonatos são substâncias, de origem predominantemente marinha, precipitadas diretamente ou por intermédio de organismos, sendo os minerais mais abundantes a calcita e a aragonita (Suguio, 1973).

A análise da concentração de carbonato apresentou que, 15 amostras possuem valores menores que 1% e o restante com valores menores que 5%; os valores maiores que 6,5% só foram encontrados em duas amostras do setor 3, que são valores muito altos em comparação com as outras amostras analisadas (13,06% e 43,5%), (Tabela 3), (Figuras 44).

O setor 1 e o rio Igarassu apresentam concentrações de carbonato em torno de 2%. O setor 2 apresenta as maiores concentrações de carbonato, em média valores maior que 3%. O setor 3 apresenta os maiores valores de carbonato, e no rio Carrapicho, aparecem os menores valores.

No setor 3, da desembocadura do rio Botafogo, apresentou uma amostra com concentração muito elevada, em torno de 43,5%, em relação às outras amostras. Isto pode ser explicado por no local ser área de deposição de restos de conchas de moluscos do criatório localizado próximo a área.

### 4.2.4 Relação entre a Concentração de Matéria Orgânica e o Carbonato Total

A concentração de M.O, no geral, apresenta, valores superiores a de carbonato total. No entanto, pode-se observar na figura 45 que existe uma boa relação desses valores na amostra 126. Nesse ponto, o alto valor do carbonato total, pode estar associado ao descarte de conchas que ocorre nas proximidades, e a M.O. às condições batimétrica local (águas mais rasas) influenciado assim a hidrodinâmica e conseqüentemente permitindo a deposição de sedimentos finos.

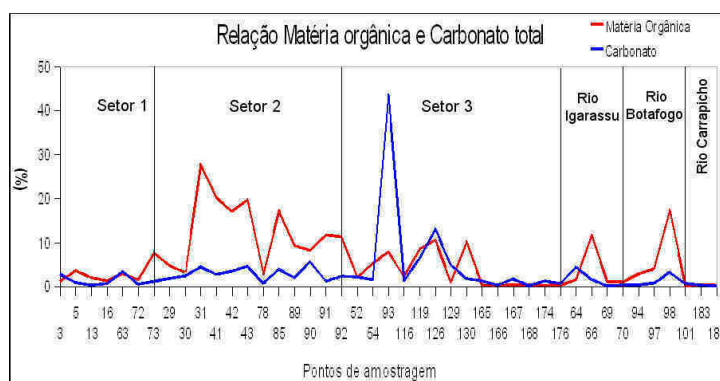


Figura 45: Gráfico da correlação entre as concentrações de matéria orgânica e de carbonato total.

### 4.3 BATIMETRIA

Em 1963, a Marinha do Brasil publicou a Carta Náutica nº 910 - Proximidades Ilha de Itapessoca, escala 1:55.000, com dados de profundidade ao longo do Canal de Santa Cruz, (Figura 46). Esta carta mostra que as profundidades ao longo do Canal variaram de -18 a -2 metros. No setor 1, as profundidades variaram de -3 a -7 metros, onde as mais significativas ocorriam na Barra Orange, tornando-se mais raso no sentido Barra Orange / Ponte Presidente Vargas. No setor 2, apenas três medições foram feitas na região mais ao norte do setor, com valores de -2, -2 e -3 metros de profundidade. Já no setor 3, observou-se variações de profundidade de -4 a -18 metros.

Com base no mapa batimétrico obtido neste estudo (Figura 47), verificou-se que a morfologia do Canal mostrou-se diversificada ao longo de sua extensão com profundidades variando de -20 a -0,5 metros. As profundidades mais expressivas (em torno de -18 m) foram registradas nas proximidades da Barra de Catuama.

Na figura 48, são apresentados detalhes ampliado do mapa batimétrico. No setor 1 (perfis 1 e 2 e parte do 3), a profundidade da calha do Canal variou de -15 até 0 metro, onde os mais negativos foram observados no trecho entre a Barra Orange e proximidades da foz do rio Igarassu. Desse trecho até a Ponte, o Canal torna-se mais raso (profundidade de -5 a 0 metro).

No setor 2 (parte do perfil 3), o Canal se alarga chegando a 2 km de largura, com profundidades variando de -3 a 0 metro.

As maiores profundidades do Canal foram encontradas no setor 3 (perfil 4 e 5), sendo que as mais expressivas ocorreram na desembocadura norte (Barra de Catuama), próximos às foz dos rios Carrapicho e Catuama com valores entre -20 e -7 metros. A partir desse trecho observou-se uma diminuição de profundidade para até 0 metro (imediações da praia de Atapus). Próximo a desembocadura do rio Botafogo a profundidade aumenta novamente (-14 a -7 metros) deste ponto até o limite com o setor 2, o Canal torna-se mais raso com cotas batimétricas menores que -5 metros.

No setor 1, próximo ao rio Igarassu a profundidade da calha do Canal atinge valores mais altos (aproximadamente -10 metros), diminuindo em direção à ponte de Itamaracá, que atinge -4 metros de profundidade.

No setor 2, o Canal se alarga chegando a 2 Km de uma margem a outra com profundidade variando de -1 a -3 metros.



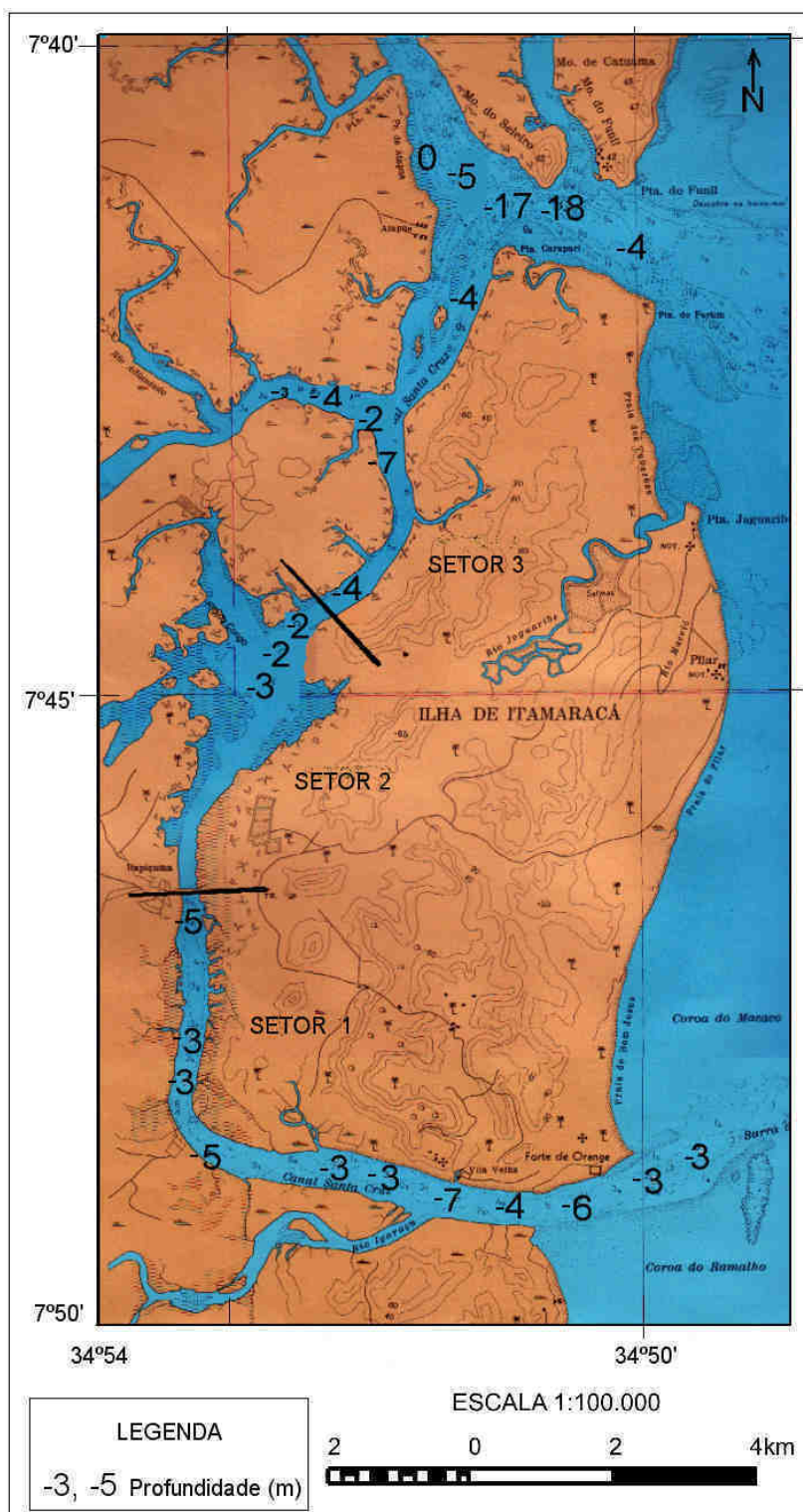


Figura 46: Ilustração do mapa batimétrico produzido pela Marinha do Brasil para o Canal de Santa Cruz em 1963.

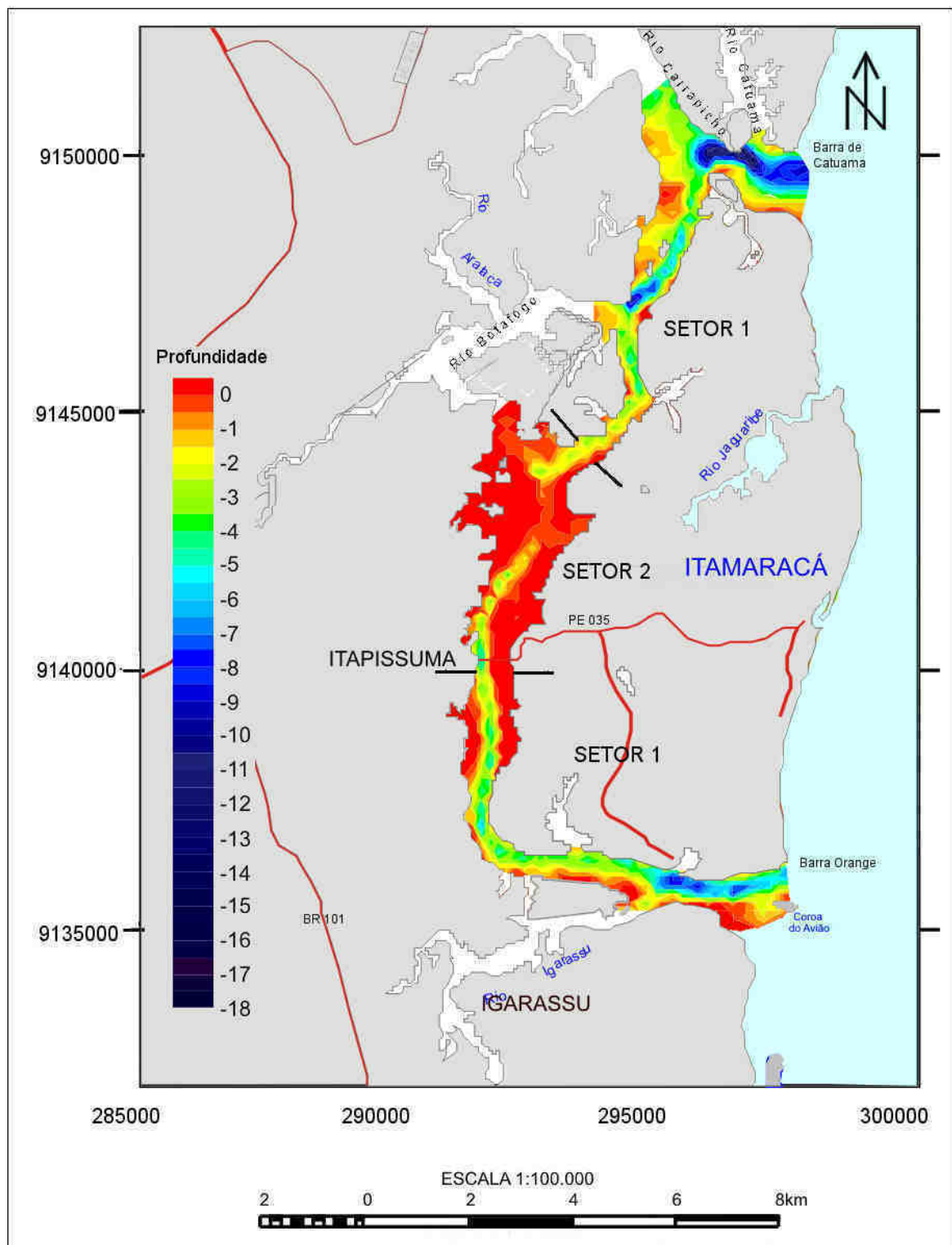


Figura 47: Mapa batimétrico do Canal de Santa Cruz em 2007

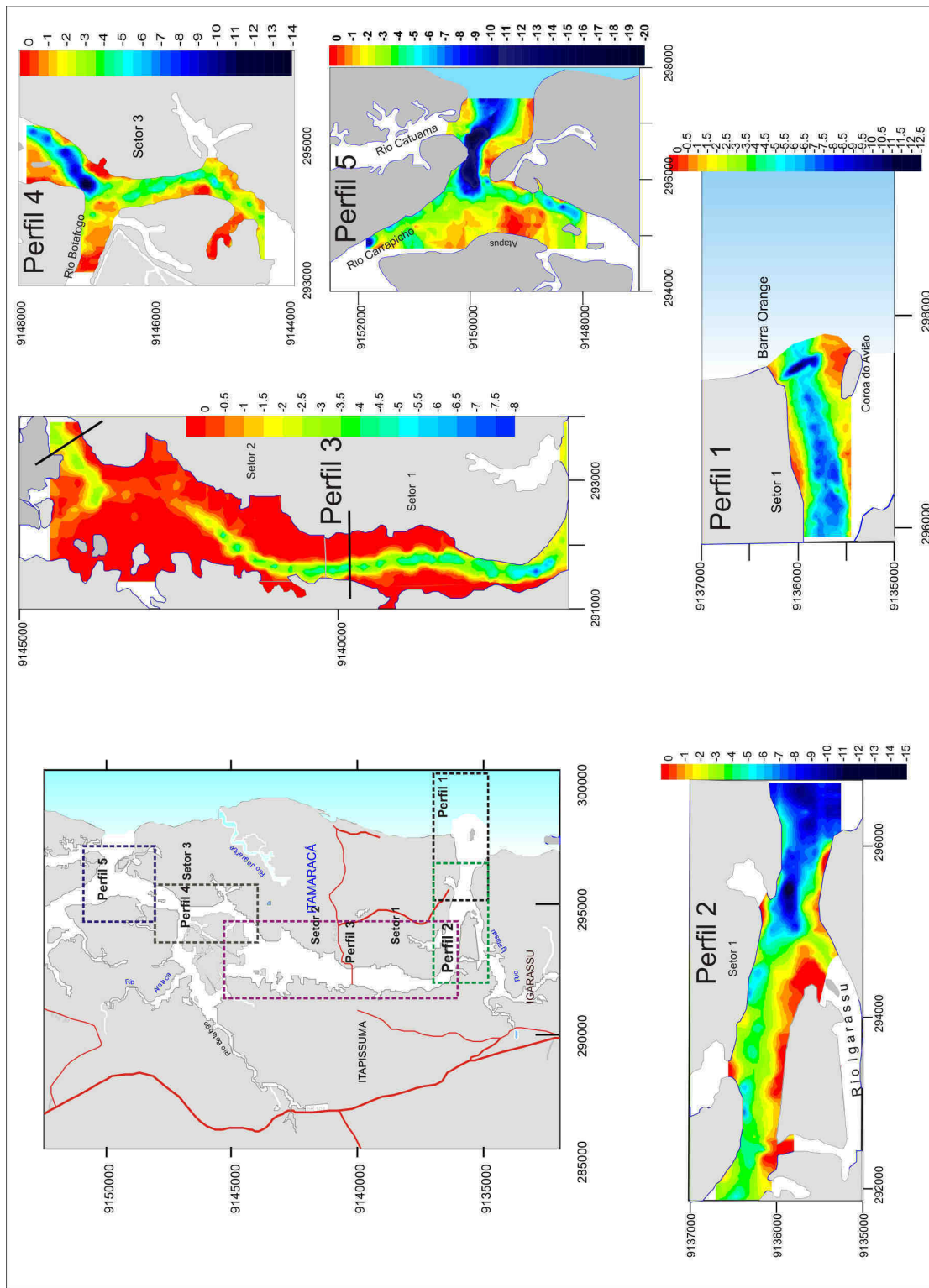


Figura 48: Detalhes ampliados do mapa batimétrico do Canal de Santa Cruz para 2007.

O setor 3, apresenta diversas profundidades, sendo as maiores encontradas na desembocadura norte, na proximidade da foz dos rios Carrapicho e Catuama que atinge até -17 metros, e diminui rapidamente até atingir -4 m, passando a valores entre -3 a -1 metro nas proximidades da Praia de Atapus. Próximo a foz do rio Botafogo a profundidade aumenta novamente e pode atingir -10 m. Após o rio Botafogo a profundidade gira em torno de -5 a 3 metros.

Os setores 1 e 3 têm profundidades semelhantes, que diminuem a medida que se adentrando o setor 2, embora Medeiros & Kejerfeve (1993) sugerirem que o Canal de Santa Cruz apresenta batimetria distinta entre as duas desembocaduras, respondendo diferentemente às variações das marés.

Comparando os dados da Marinha do Brasil de 1963 (Figura 46) com os atuais (Figura 47, constata-se que os maiores valores de profundidade mantem-se nas desembocaduras sul e norte (Barras Orange e Catuama) diminuindo em direção à ponte Presidente Vargas, e que as duas desembocaduras apresentam batimetria distintas como também sugerido por Medeiros & Kejerfeve (1993), respondendo diferentemente às variações de marés.

No setor 1, observou-se que entre 1963 e 2007 houve um aumento da profundidade nas proximidades do rio Igarassu, enquanto o resto do setor manteve-se sem alterações.

Em relação ao setor 2, comparando os poucos dados de 1963 com os atuais, verificou-se que não houve modificações das cotas batimétricas.

No setor 3, entre 1963 e 2007, as cotas batimétricas mantiveram-se estáveis com profundidades semelhantes, sem alteração aparente da batimetria.

#### **4.4 CORRENTOMETRIA**

Segundo Ibiapina et al. (1999), a preservação dos recursos hídricos é uma necessidade, por isso seu estudo é de suma importância para o aproveitamento hidroenergético, assim como para o planejamento, gerenciamento, abastecimento público e industrial, navegação, irrigação, transporte, pesca, e outros setores sócio-ambiental, no uso desses recursos

A hidrodinâmica do Canal de Santa Cruz foi estudada por Medeiros & Kejerfeve (1993), onde concluíram que a maré local é semidiurna com amplitude similar nas duas desembocaduras, enquanto Broce (1994) estudou as condições dinâmicas entre a desembocadura sul (Barra Orange) e as águas costeiras adjacentes, em relação às trocas de material total em suspensão e do carbono orgânico e concluiu que o transporte desse material é governado pela dinâmica da maré, variando sazonalmente. As medições de correntes realizadas no Canal de Santa Cruz (Figura 49), nos quatro perfis do setor norte e nos cinco realizados no setor sul, mostraram os resultados a seguir.

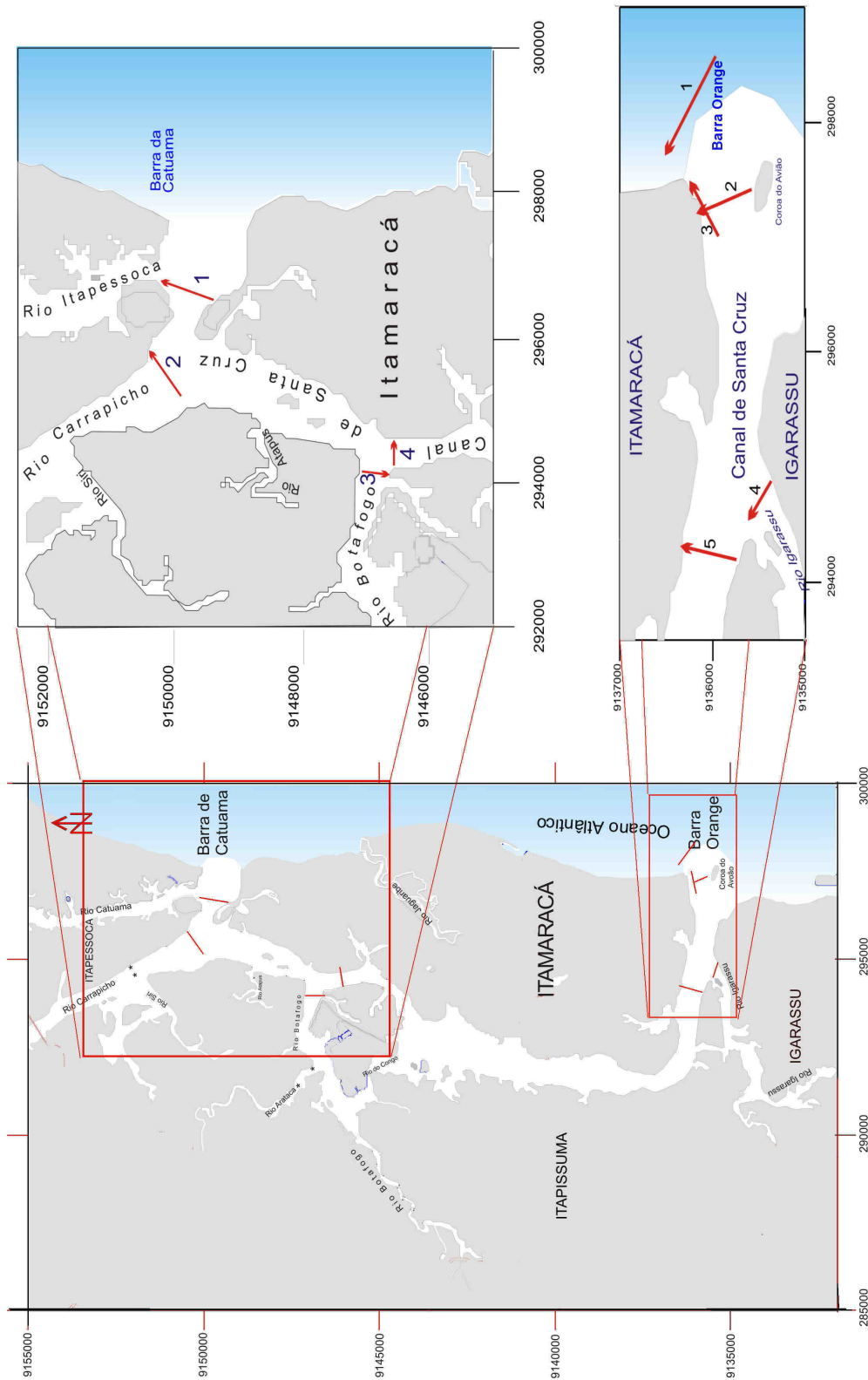


Figura 49: Localização dos perfis de levantamento de dados de correntes dos setores Norte e Sul do Canal de Santa Cruz. (As setas vermelhas indicam os posicionamento dos perfis e o sentido de deslocamento do barco.)

#### 4.4.1 Setor Norte

##### Perfil 1 - Barra de Catuama

Localizado na Barra de Catuama com Oceano Atlântico. O perfil 1 -norte apresenta vazão média de  $1441,0 \text{ m}^3/\text{s}$  com velocidade média de  $0,38 \text{ m/s}$ . Observando-se os gráficos desse perfil (Figura 50), nota-se que a velocidade média da corrente diminui de  $0,44$  a  $0,20 \text{ m/s}$ . Na secção 1 (maré enchente) para a secção 2 (maré cheia), aumentando novamente nas secções 3 (maré vazante) e 4, respectivamente. Quanto ao sentido do fluxo na secção 1 a água penetra no Canal em sentido SEE/WNW em relação ao norte. Na secção 2 inicia-se o processo de reversão do fluxo. Nas duas últimas secções o fluxo reverte o sentido. As medições realizadas apresentaram uma secção com aproximadamente 400 metros de uma margem a outra, do tipo mista, com dois canais de escoamento, o maior com aproximadamente 15 metros de profundidade e o segundo em torno de 11 metros.

##### Perfil 2 - Rio Carrapicho

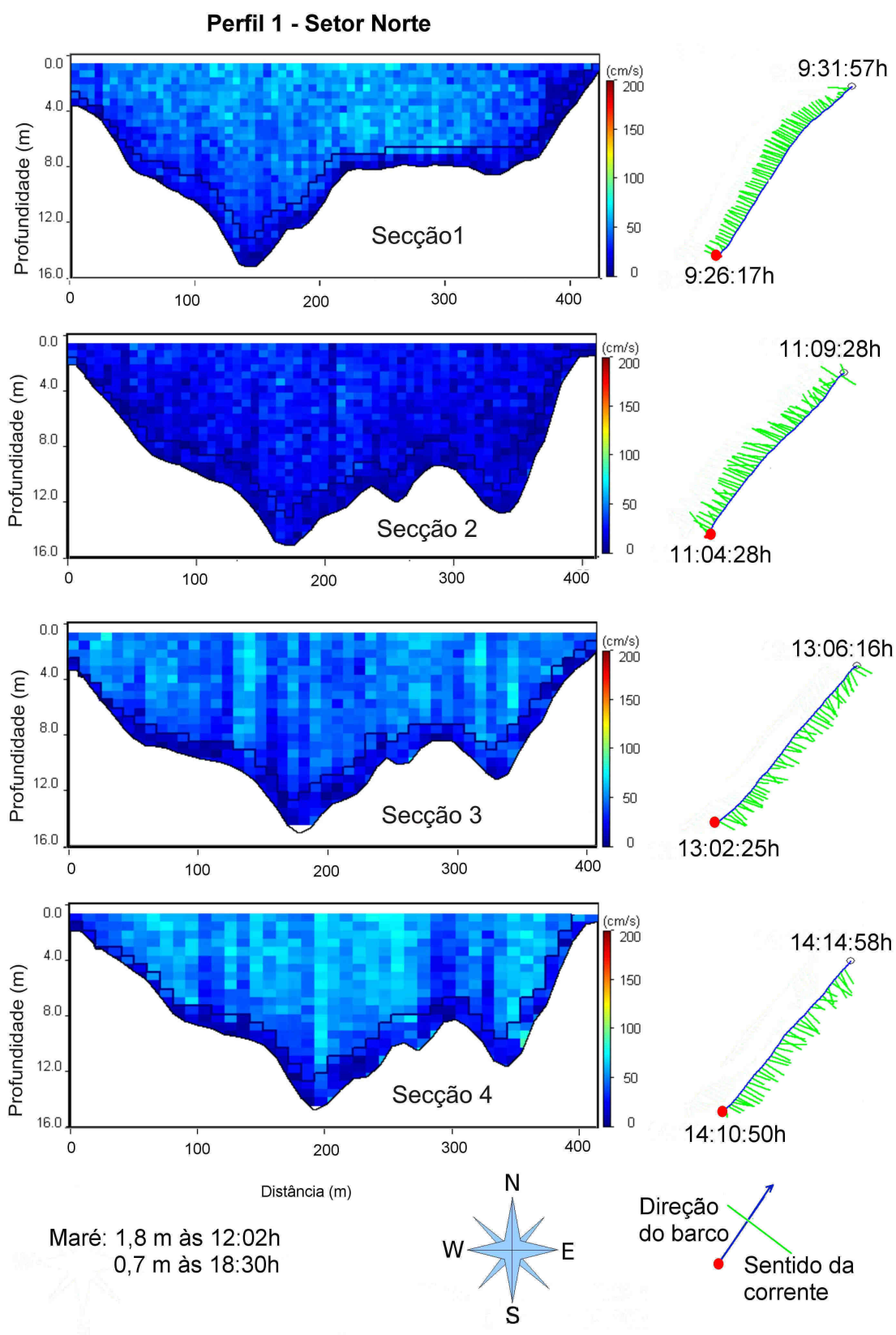
Localizado na confluência do Rio Carrapicho com Canal de Santa Cruz, apresenta vazão média de  $623,37 \text{ m}^3/\text{s}$ , com velocidade média de  $0,19 \text{ m/s}$ , coincidindo com os valores a secção 1. A segunda secção detem a menor velocidade média,  $0,07 \text{ m/s}$ , aumentando nas secções seguintes,  $0,23$  e  $0,29 \text{ m/s}$ , respectivamente nas secções 3 e 4.

Na primeira secção realizada nesse perfil, há uma tendência do fluxo penetrar para o interior do rio, no sentido preferencial de S-N (Figura 51). Na secção 2 inicia-se a mudança do sentido do fluxo, tornando-se N-S na secção 3, assim permanece na secção 4. Sua extensão foi até 800 metros, com dois canais de escoamento com profundidades de 9 e 5,5 metros.

##### Perfil 3 - Rio Botafogo

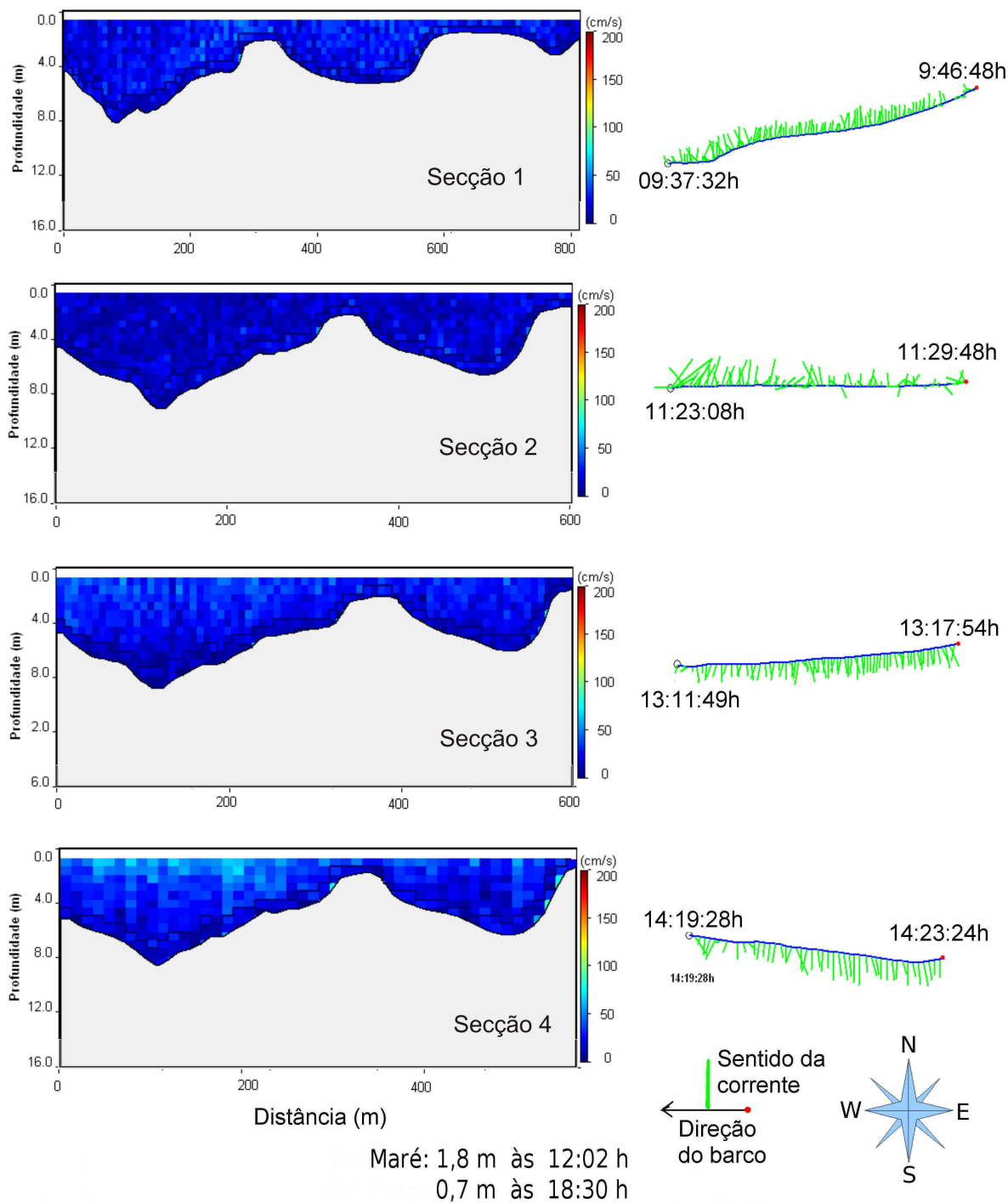
Localizado na confluência do rio Botafogo com o Canal de Santa Cruz. O perfil 3 da região norte do Canal de Santa Cruz tem aproximadamente 400 metros de extensão de uma margem a outra com um canal de escoamento e fluxo irregular nas 4 secções realizadas, e 8 metros de profundidade.

Na secção 1, o fluxo tende à penetrar no Rio Botafogo, tornando-se quase nulo ( $0,02 \text{ m/s}$ ) na secção 2, e intensificando-se ao sair do rio Botafogo para o nas secções 3 e 4 (Figura 52). A vazão média é de  $216,61 \text{ m}^3/\text{s}$  a uma velocidade média de  $0,09 \text{ m/s}$ . Curiosamente o fluxo é mais rápido na faixa mais rasa, que tem aproximadamente 200 metros de extensão e profundidade em torno de 4 metros.



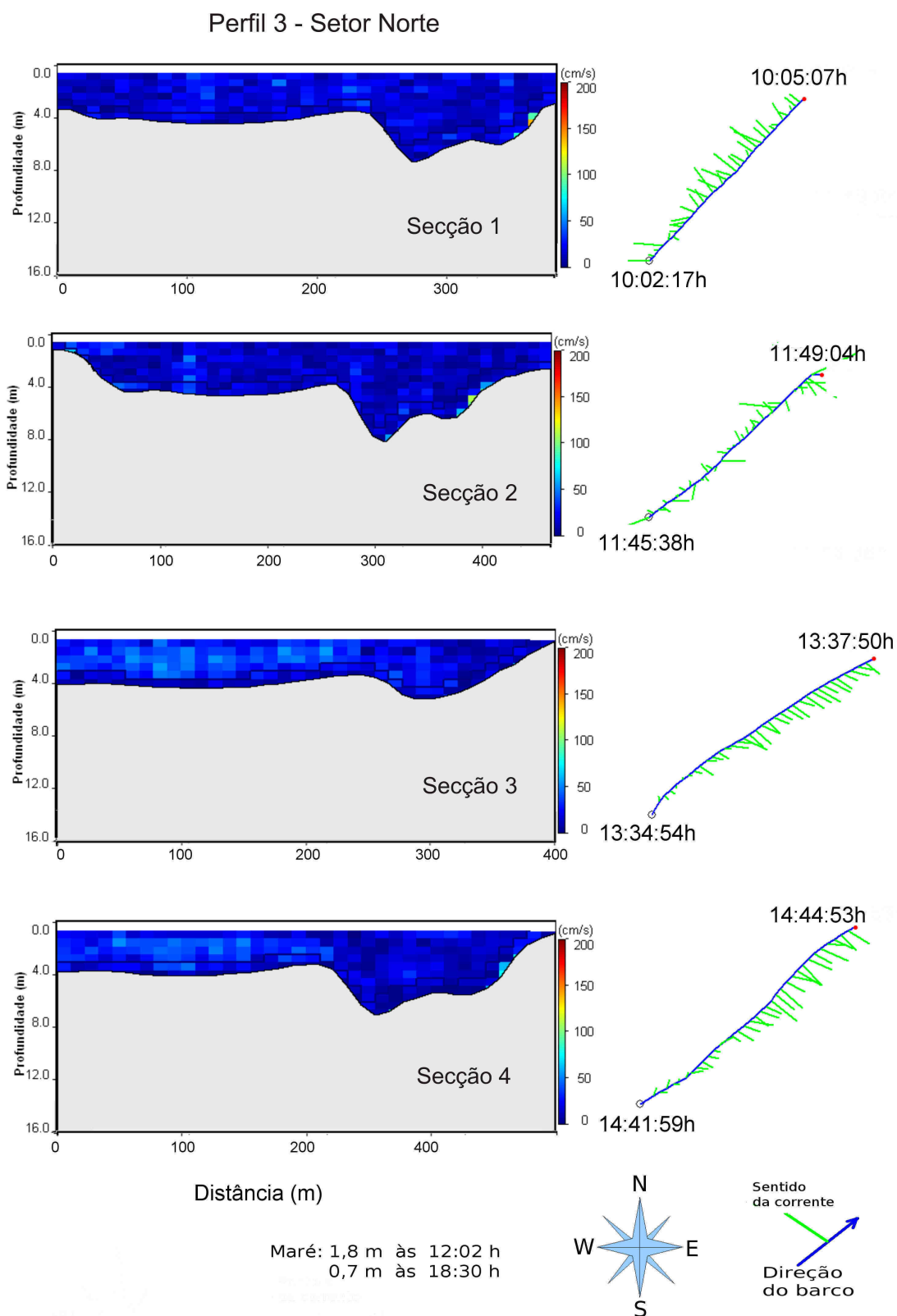
**Figura 50:** Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente das quatro seções do Perfil 1 do Setor Norte.

### Perfil 2 - setor Norte



**Figura 51: Sentido, intensidade e variação da velocidade das correntes nas seções do Perfil 2 - rio Carrapicho no Setor Norte.**





**Figura 52: Sentido, intensidade e variação da velocidade das correntes nas quatro seções do Perfil 3 do Setor Norte - Rio Botafogo.**

#### **Perfil 4 - Canal de Santa Cruz**

Localizado no interior do Canal de Santa Cruz, na proximidade da desembocadura do rio Botafogo. A sua vazão média é de  $-243,1 \text{ m}^3/\text{s}$  a uma velocidade de  $0,09 \text{ m/s}$ . Na primeira secção o fluxo mostrou-se preferencialmente N-S. Na secção 2 inicia-se o processo de inversão do fluxo. Nos setores 3 e 4 apresentam-se com o fluxo invertido, contudo caótico (Figura 53).

O perfil apresentou uma largura de aproximadamente 400 metros de margem a margem, com uma secção homogênea e profundidade de aproximadamente de 4 metros, com um canal de escoamento com profundidade máxima de 8 metros.

#### **4.4.2 Setor Sul**

##### **Perfil 1 - Oceano Atlântico**

As campanhas deste perfil mostraram que nas seções 1 e 4 a maior intensidade da vazão ocorreu na superfície (Figura 54). A secção 1, o fluxo tende a seguir para o interior do Canal, com intensidade de  $0,13 \text{ m/s}$ . Na secção 2 a intensidade de fluxo diminui para  $0,03 \text{ m/s}$  tornando-se caótico, mas com tendência a seguir o sentido NE-SW. Na secção 3 o fluxo segue o sentido SW-NE, com maior intensidade de  $0,24 \text{ m/s}$ . Nas seções 4 e 5 a intensidade do fluxo diminui gradualmente.

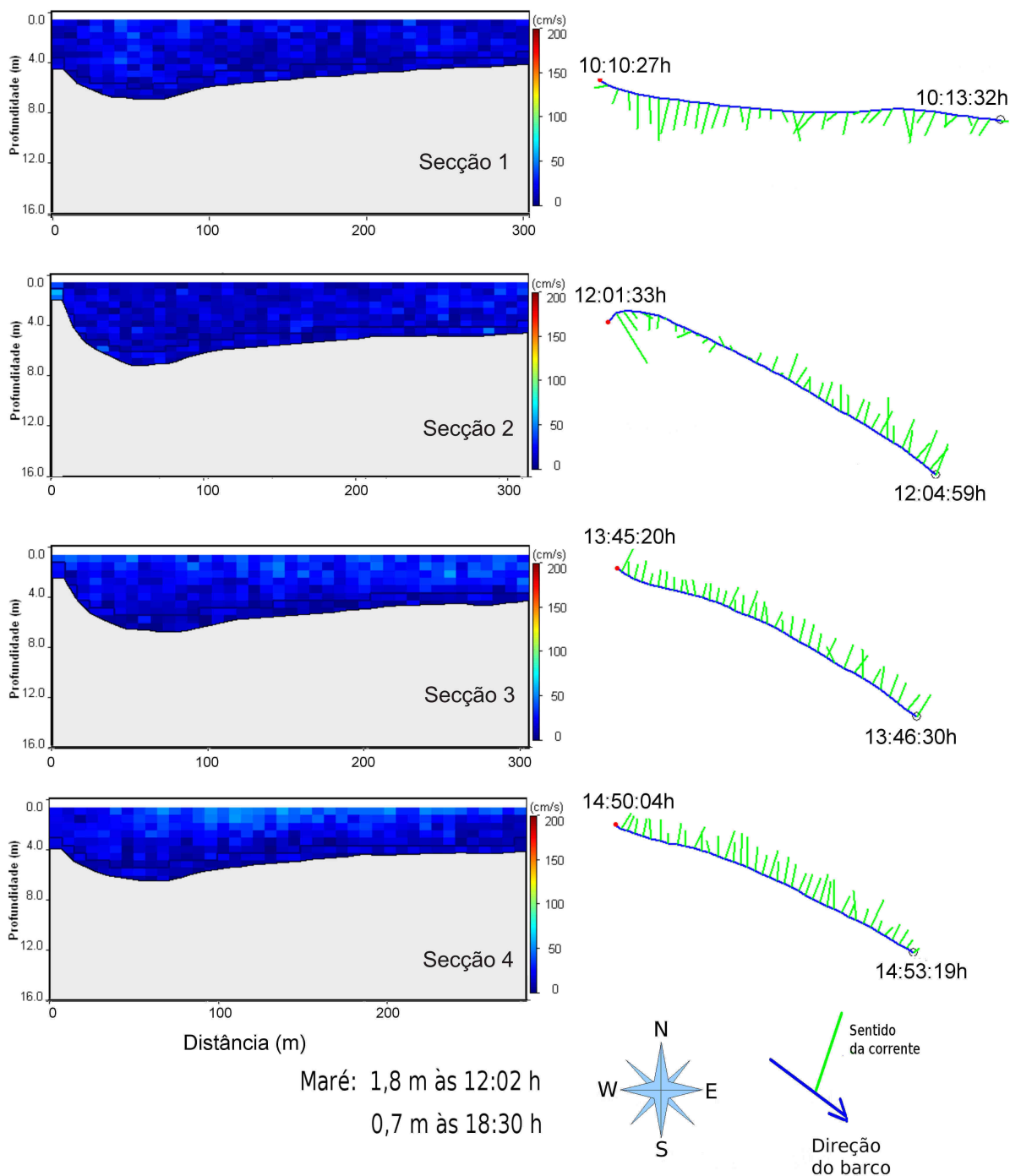
Este perfil apresentou secção irregular com apenas um canal de escoamento, profundidade de até 7 metros de extensão de 1000 metros. A vazão média foi de  $230,29 \text{ m}^3/\text{s}$ , e velocidade média de  $0,13 \text{ m/s}$ . A distribuição da intensidade da corrente foi homogênea em toda a coluna de água, com pequenas variações na superfície nas seções 1 e 4.

##### **Perfil 2 - Barra Orange**

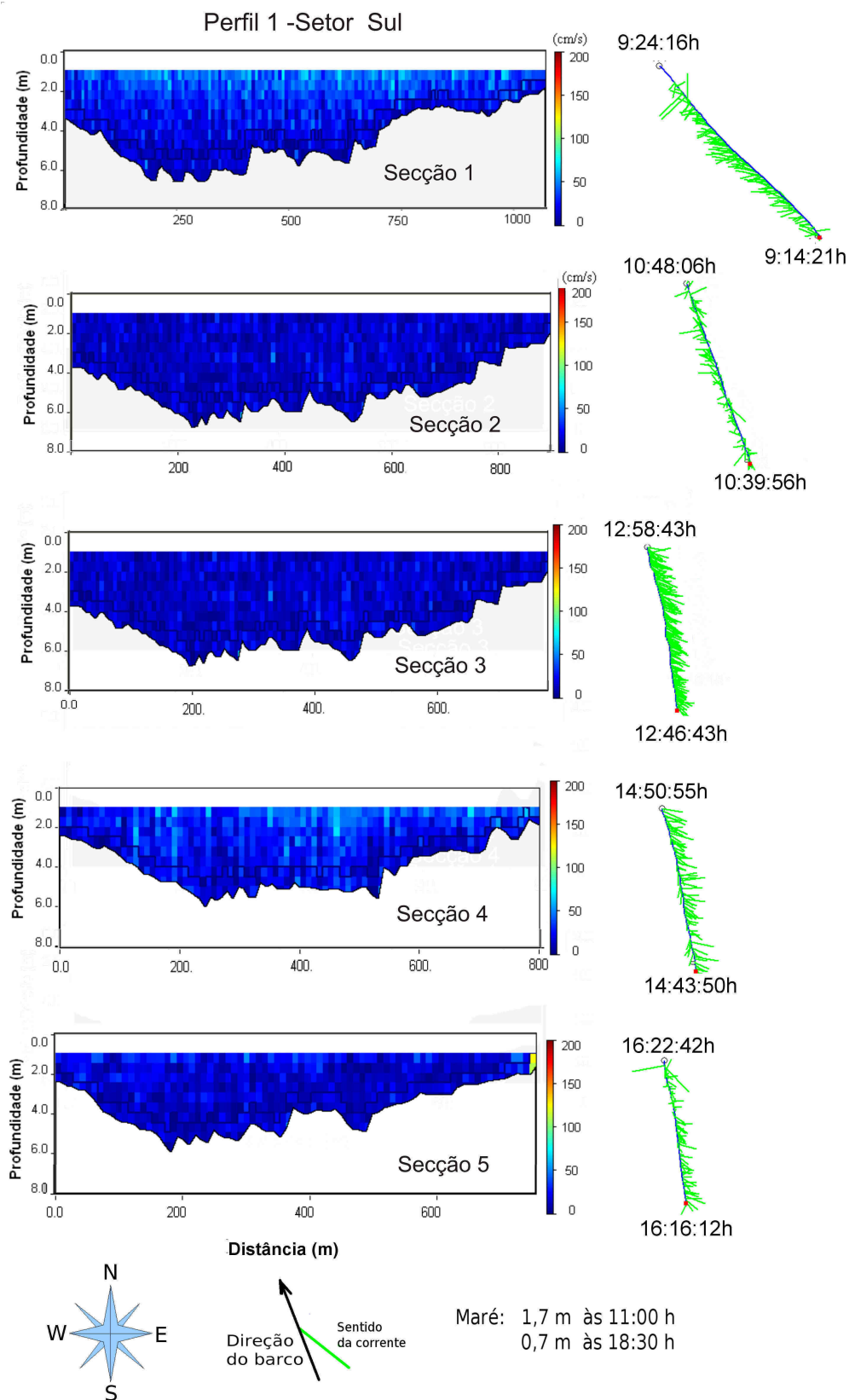
Este perfil apresentou vazão média foi de  $210,30 \text{ m}^3/\text{s}$  a uma velocidade média de  $0,17 \text{ m/s}$ . As seções 1 e 4 apresentaram velocidade média semelhantes,  $0,21$  e  $0,25 \text{ m/s}$ , as seções 2 e a 5 também,  $0,03$  e  $0,04 \text{ m/s}$ , respectivamente. Na superfície o fluxo é mais rápido, chegando a  $0,5 \text{ m/s}$ . Quando ao sentido do fluxo (Figura 55), na primeira secção, segue para dentro do Canal (E-W), tornando-se caótico na secção 2, mudando de sentido para W-E na 3 e 4, saindo do Canal, para tornar-se caótico novamente na 5, mas com tendência geral de W-E.

O fundo do canal mostrou-se irregular, porém com apenas um canal de escoamento com profundidade de até 8 metros, e extensão de aproximadamente 500 metros.

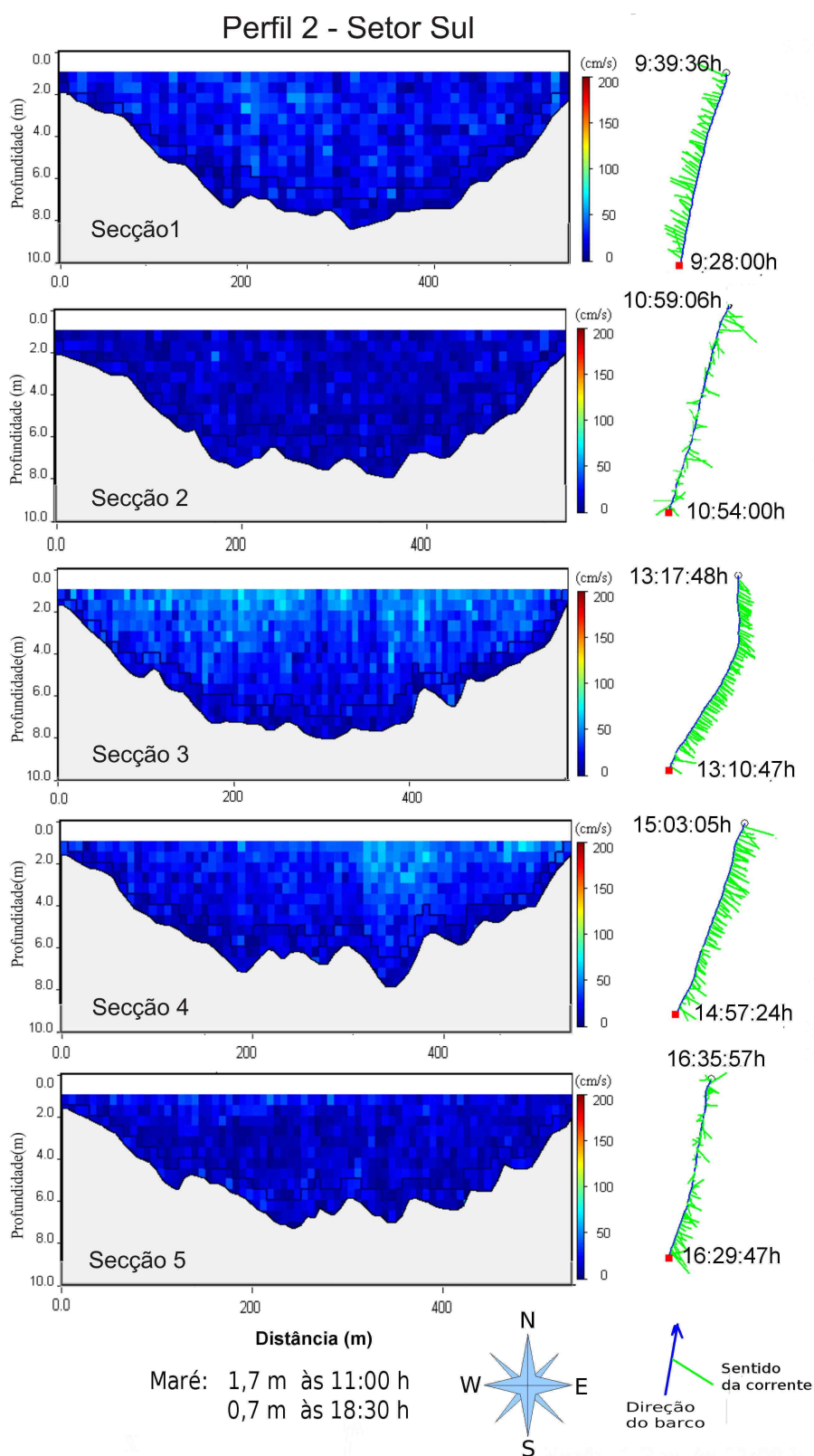
### Perfil 4 - Setor Norte



**Figura 53: Sentido e intensidade das corrente das quatro seções do Perfil 4 do Setor Norte**



**Figura 54:** Sentido, intensidade e velocidade das correntes nas cinco secções do Perfil 1 do setor Sul - Oceano Atlântico.



**Figura 55: Sentido, intensidade e variação da velocidade das correntes nas seções do Perfil 2 do Setor Sul - Barra Orange.**

### **Perfil 3 - Forte Orange**

O perfil 3 foi realizado em frente ao Forte Orange, paralelo a linha de costa no sentido SW-NE, devido a erosão marinha observada na área, que supõe-se afetar a estrutura do Forte Orange. Devido a isso, o Governo Municipal de Itamaracá, estuda a possibilidade e a necessidade de implantação de obra de Contenção do avanço do mar no intuito de proteger a estrutura do Forte.

Nesse perfil, na seção 1 o fluxo tem sentido SE-NO (Figura 56), na seção 2 inicia-se a inversão do sentido do fluxo tornando-se NO-SE, mantendo-se assim até o momento da medição da seção 5, quando a velocidade média do curso é de 0,2 m/s. As seções 3 e 4 apresentaram as maiores velocidades médias (0,09 e 0,08 m/s, respectivamente), sobre tudo na superfície. Possui um fundo homogêneo de até 60 metros de extensão. Sua vazão média foi de  $-11,504 \text{ m}^3/\text{s}$ , com velocidade média do fluxo de 0,06 m/s e desvio padrão de 0,03 m/s.

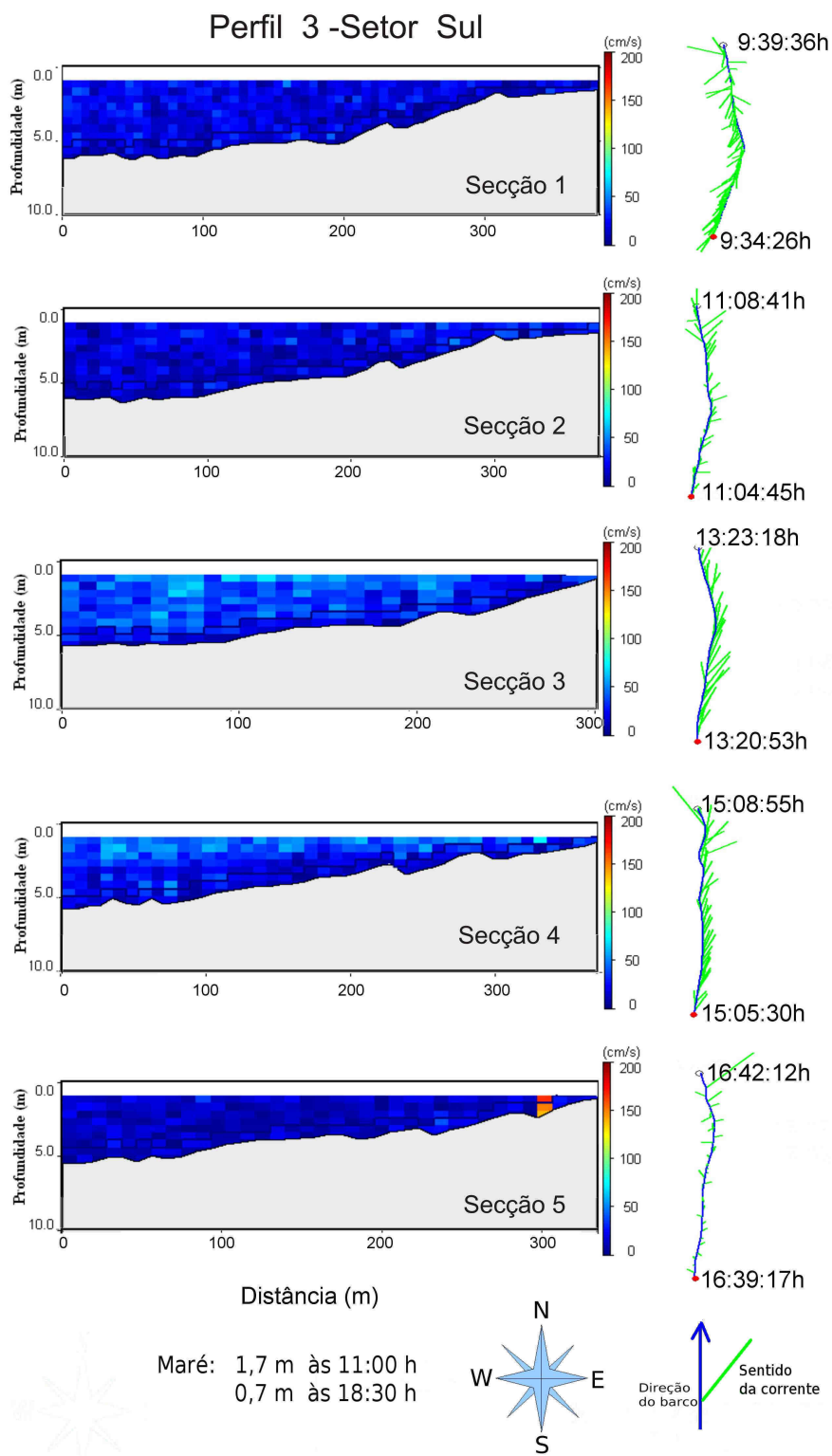
### **Perfil 4 - Rio Igarassu**

Localizado na confluência do Rio Igarassu com o Canal de Santa Cruz, apresenta vazão média de  $-15,017 \text{ m}^3/\text{s}$ , a uma velocidade média de 0,13 m/s. Na primeira seção o fluxo tem sentido NE-SW (Figura 57), adentrando no rio Igarassu. Nas seções 2, 3 e 4 o sentido do fluxo se inverte, tornando-se SW-NE. E na seção 5 torna-se irregular. Tem uma extensão de até 200 metros, fundo homogêneo com dois canais de escoamento com profundidade média de 2,5 metros, podendo atingir 5 metros.

### **Perfil 5 - Canal de Santa Cruz**

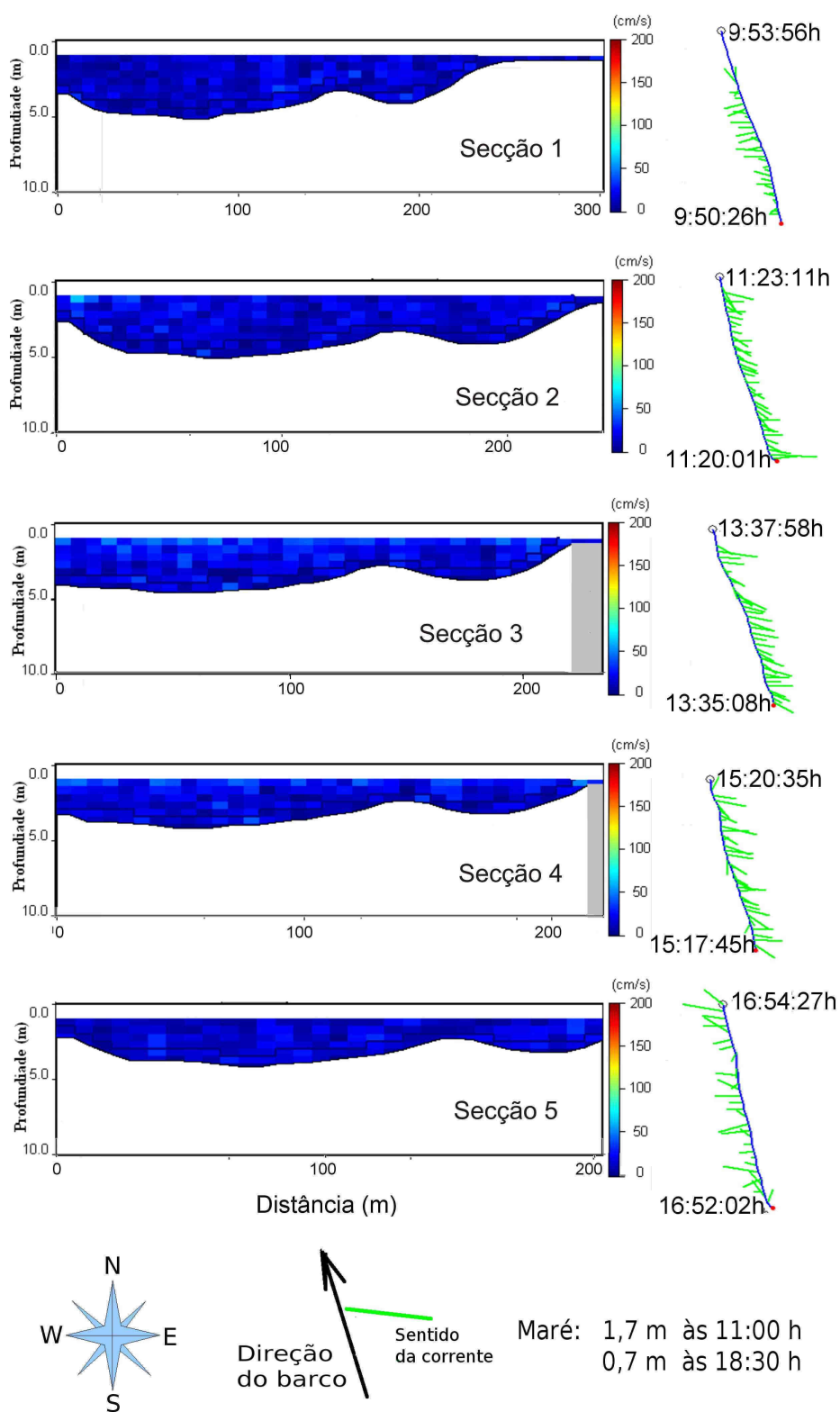
Situado a norte da desembocadura do rio Igarassu, esse perfil, de modo geral, apresenta fluxo tendendo a penetrar no Canal de Santa Cruz no sentido geral de SE-NO (Figura 58). Nas seções 2, 3 e 4 o fluxo invertendo-se completamente para NO-SE, enquanto na seção 5 torna-se caótico e, quando inicia-se a “virada” de maré. Tem apenas um canal de escoamento com 600 metros de extensão e profundidade de aproximadamente 9 metros. Vazão média de  $0,97404 \text{ m}^3/\text{s}$ , a uma velocidade média de 0,15 m/s. A velocidade do fluxo na superfície é de aproximadamente 0,5 m/s nas seções 3 e 4, mais rápido que nas outras seções.

Ao observar os perfis traçados, nota-se que cada seção apresenta uma distância de margem a margem diferente, por exemplo, o perfil 1, do setor sul apresentou na seção 1, um pouco mais de 1000 metros de comprimento, enquanto a seção 4, apresentou 800 metros. Essa diferença deve-se a dois fatores: primeiro, a variação da maré; e o segundo está relacionado a variação do percurso que a embarcação está sujeita no momento da realização do perfil (Tabelas 4 e 5).



**Figura 56: Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente nas seções do Perfil 3 do Setor Sul - Forte Orange.**

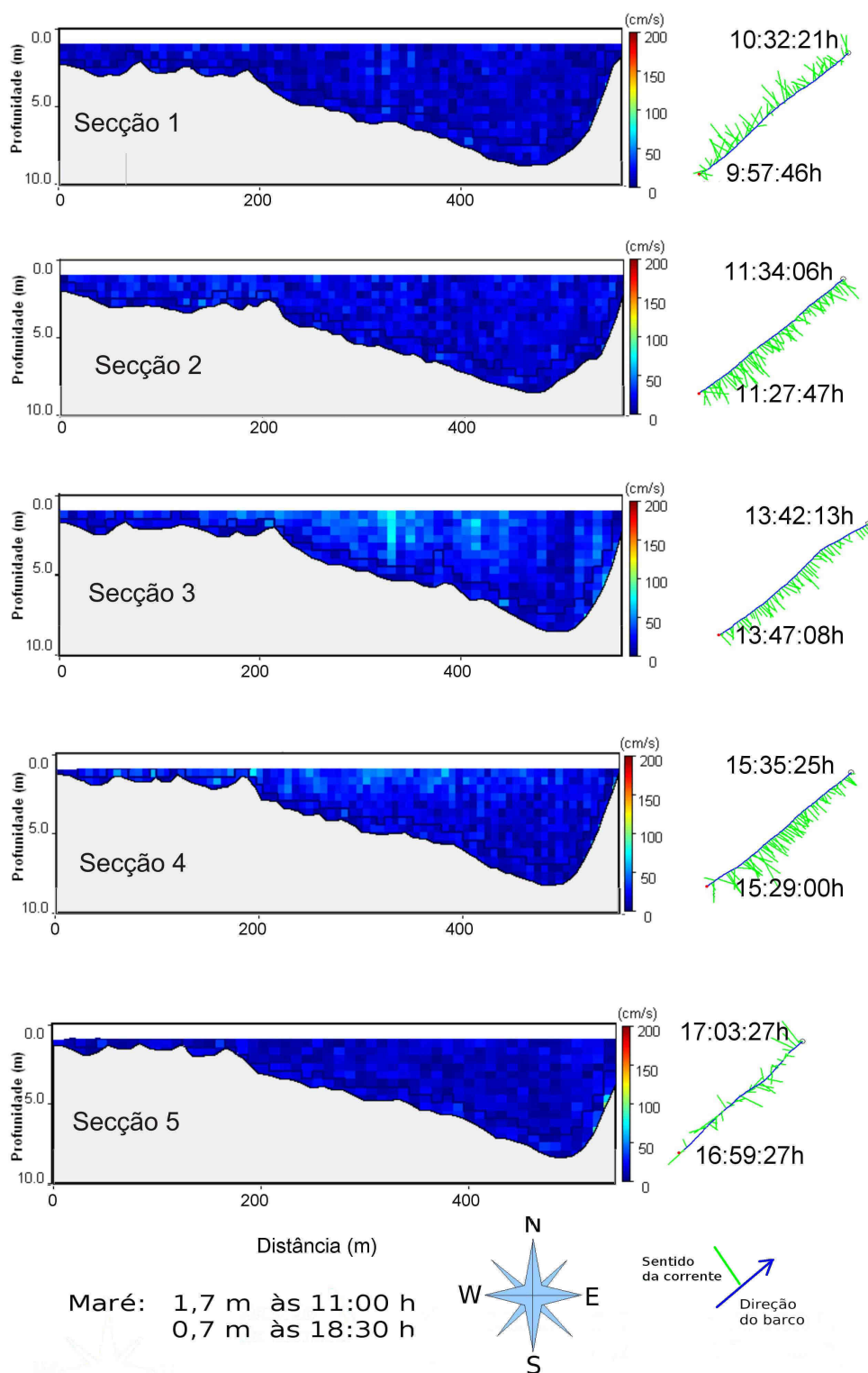
### Perfil 4 - Setor Sul



**Figura 57: Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente nas seções do Perfil 4 do Setor Sul - Rio Igarassu.**



### Perfil 5 - Setor Sul



**Figura 58: Sentido, intensidade e variação da velocidade das corrente nas seções do Perfil 5 do Setor Sul - Canal de Santa Cruz.**

Os dados obtidos com o ADCP, mostraram que durante a maré enchente a água oceânica penetra no Canal de Santa Cruz pelas Barras Orange e de Catuama. Em geral, as vazões a meia profundidade são as mais velozes, e as superficiais mais lentas. A vazão na Barra de Catuama é em média duas vezes maior que a encontrada na Barra Orange. Supõe-se que seja porque no setor sul, a configuração da Coroa do Avião exerça a função de barreira na penetração da corrente marinha que vem do sul, e que no setor norte essa corrente penetre no Canal livremente.

Em todos os perfis, tanto os do norte como os do sul, mantém um padrão semelhante. Na maré enchente o fluxo penetra no canal atingindo as desembocaduras dos rios, influenciando até mesmo Rio Botafogo que é o mais distante da desembocadura norte do Canal de Santa Cruz. À proximidade da “virada” da maré, o fluxo torna-se caótico e lento, tomando vários sentidos. Quanto a maré torna-se vazante, o fluxo aumenta a sua velocidade média e o fluxo passa a sair do Canal de Santa Cruz.

A quantidade de água que sai do Canal pelas duas entradas é superior a que entra, isso devido ao fato da água oceânica que penetrou no Canal soma-se a água fluvial, e assim saírem juntas pelas duas Barras que permitem a dinâmica hidráulica do Canal.

**Tabela 4: Resultados da vazão computada para os perfis do setor norte**

	Secção	Horário	Vazão (m <sup>3</sup> /s)				Vel. Média (m/s)	
			Superf.	Meio	Fundo	Total	Emb.	Água
Perfil 1	1	09:26	130,62	1292,4	194,54	1627,9	1,21	0,44
Barra de	2	11:04	56,96	626,91	100,01	789,65	1,33	0,20
Catuama	3	13:02	136,78	1226,4	201,96	1588,4	1,67	0,42
	4	14:10	150,08	1376,0	234,54	1764,2	2,00	0,48
Média			118,61	1130,4	182,76	1441,0	1,56	0,38
Desvio Padrão			41,89	341,24	57,873	441,1	0,36	0,12
Perfil 2	1	09:37	128,57	457,24	89,33	686,41	1,52	0,19
Rio	2	11:23	28,69	136,14	2,36	232,99	1,48	0,07
Carrapicho	3	13:11	112,46	520,03	96,79	761,02	1,61	0,23
	4	14:19	129,37	562,01	110,69	813,06	2,34	0,29
Média			99,77	418,85	80,19	623,37	1,74	0,29
Desvio Padrão			48,03	193,33	38,52	265,39	0,41	0,09
Perfil 3	1	10:02	35,36	145,19	29,09	34,62	2,18	0,12
Rio	2	11:45	4,43	22,72	3,58	34,62	2,17	0,02
Botafogo	3	13:34	66,07	223,4	46,83	345,95	2,20	0,22
	4	14:41	52,48	167,64	41,14	132,48	2,19	0,16
Média			39,58	139,74	30,16	216,61	2,19	0,13
Desvio Padrão			26,59	84,65	19,20	132,48	0,02	0,09
Perfil 4	1	10:10	26,94	149,48	22,77	203,5	1,58	0,12
Canal de	2	12:01	11,11	59,69	6,92	78,83	1,43	0,05
Santa	3	13:43	57,94	256,48	48,51	379,95	1,55	0,23
Cruz	4	14:50	48,55	217,76	35,69	310,28	1,40	0,21
Média			36,13	170,85	28,35	243,14	1,49	0,15
Desvio Padrão			21,14	6,30	17,99	131,4	0,09	0,09

Tabela 5: Resultados da vazão computada para os perfis do setor sul.

	Secção	Horário	Vazão (m <sup>3</sup> /s)				Vel. Média (m/s)	
			Superf.	Meio	Fundo	Total	Emb.	Água
Perfil 1	1	09:14	126,51	350,41	69,21	549,58	1,78	0,13
	2	10:38	29,15	111,84	17,17	134,46	1,61	0,03
Oceano	12:46	10,33	515,71	114,5	911,83	10,07	0,24	
	4	14:43	164,23	342,73	91,52	981,55	1,85	0,19
	5	16:16	63,19	144,12	31,18	237,13	1,91	0,08
Média			52,99	15,87	28,11	230,29	1,64	0,13
Desvio Padrão			139,66	232,27	35,58	593,12	1,64	0,13
Perfil 2	1	09:28	122,76	468,45	80,46	670,84	1,93	0,21
	2	10:54	18,22	50,0	11,14	1,42	177	0,03
Barra	3	13:10	194,2	693,29	124,09	1021,2	1,31	0,33
Orange	4	14:57	142,37	440,11	90,29	672,78	1,53	0,25
	5	16:29	29,64	65,80	14,13	113,64	1,41	0,04
Média			37,2	147,48	23,44	210,3	1,59	0,17
Desvio Padrão			129,75	444,93	83,06	660,31	0,25	0,13
Perfil 3	1	09:34	22,39	53,55	10,85	86,80	1,21	0,06
	2	11:04	17,55	35,71	8,02	61,29	1,60	0,04
Forte range	3	13:20	25,33	68,42	11,28	104,05	1,98	0,09
	4	15:05	29,73	58,01	13,68	101,43	1,74	0,08
	5	16:39	15,78	7,60	5,00	28,39	1,83	0,02
Média			3,24	7,17	1,8	11,50	1,67	0,06
Desvio Padrão			25,15	54,75	11,35	90,49	0,29	0,03
Perfil 4	1	09:50	24,65	57,98	10,99	94,08	1,40	0,10
	2	11:20	30,60	65,82	14,52	113,06	1,23	0,12
Rio Igarassu	3	13:35	39,59	77,27	17,22	137,72	1,29	0,17
	4	15:17	29,21	46,49	12,08	90,27	1,25	0,13
	5	16:52	21,04	34,64	9,16	103,54	1,34	0,10
Média			3,30	2,34	1,50	1,01	1,30	0,13
Desvio Padrão			32,97	65,19	14,55	120,78	0,07	0,03
Perfil 5	1	09:57	53,48	162,92	30,59	246,11	1,64	0,09
	2	11:27	102,09	274,68	54,823	432,61	1,43	016
Canal de Santa Cruz	3	13:42	161,1	413,38	89,65	668,66	1,86	0,27
	4	15:29	121,98	273,73	61,34	457,05	1,40	0,01
	5	16:59	2,05	15,14	2,61	20,24	2,07	0,01
Média			2,30	2,55	0,29	0,97	1,68	0,15
Desvio Padrão			116,29	294,96	62,74	475,43	0,29	0,10

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As características texturais dos sedimentos do Canal de Santa Cruz são muito variáveis em função de sua localização no canal de escoamento, mostrando que a área de estudo apresenta características hidrodinâmicas distintas. Nos Setores 1 (Barra Orange a Ponte Presidente Vargas) e 3 (rio Congo a Barra de Catuama), domina a fração areia média a fina, com pouca ocorrência de areia grossa, em profundidade média de 5 metros. No Setor 2 (Ponte Presidente Vargas ao Rio Conga) dominam os sedimentos finos, variando de areia fina a muito fina, evidenciando baixa energia e profundidades, que variam de 0 a -4 metros.

Composicionalmente os sedimentos do fundo do Canal de Santa Cruz, assim como dos rios Igarassu e Botafogo, são constituídos predominantemente por quartzo, seguido dos bioclastos, caulinitas e raros minerais acessórios. Os bioclastos são observados em quase todas as amostras, rareando para o interior do Canal (Setor 2). Os grãos de quartzo são subangulosos a subarredondados, com esfericidade baixa.

A capacidade de retenção da M.O. aumenta à medida que o tamanho dos sedimentos diminui. Assim, as maiores concentrações de M.O. foram encontradas no Setor 2, onde predominam os sedimentos mais finos do Canal. O rio Botafogo apresentou valores de M.O. mais elevado que o Igarassu, o que pode estar associado a diferenças de tamanho das bacias de drenagem. As maiores concentrações de carbonato total foram observadas nos Setores 2 e 3. Concentrações elevadas de carbonato total no Setor 3 podem estar relacionadas a maior influência marinha (presença de bioclastos carbonáticos) e também pela ocorrência de afloramentos dos carbonatos da formação Gramame. Quanto ao Setor 2 esses valores podem estar associados ao descarte de conchas de moluscos, pelos pescadores do município de Itapissuma, como também pela presença da Ponte que serve de substrato para alguns organismos de carapaça carbonática, como as cracas. Com base nos dados batimétricos evidenciou-se que a profundidade do Canal varia em toda sua extensão. As áreas mais profundas estão associadas à desembocadura do rio Igarassu, nas proximidades da Barra Orange, e na dos rios Carrapicho e Catuama, nas proximidades da Barra de Catuama. Como a profundidade do Canal manteve-se estável entre 1963 e 2007, pode-se dizer que não houve aumento no balanço sedimentar na área, apesar das análises granulométricas indicarem mudanças no padrão de sedimentação, o que pode indicar uma mobilização do sedimento.

Os fluxos das correntes mais rápidas foram encontradas no perfil 2 do Setor 1 (sul - Barra de Catuama) e no perfil 2 do Setor 3 (norte - Barra Orange). O que já era esperado devido à localização desses perfis nas áreas de influência direta da ação marinha e das correntes de maré.

O Canal de Santa Cruz fornece sustento para uma grande quantidade de ribeirinhos, que tiram daí provimento de suas famílias. É notório que algumas espécies de peixes e crustáceos

estão diminuindo consideravelmente, demonstrando que o Canal vem padecendo de problemas ambientais tais como: implementação de indústrias e de viveiros de carcinicultura, crescimento imobiliário, aumento da produção de lixo urbano em face do crescimento populacional, no entorno das principais drenagens que aí desagüam, além da pesca descontrolada e predatória, entre outros. Como a área é considerada reserva biológica e de proteção ambiental faz-se necessário uma fiscalização efetiva, com o intuito de promover o seu desenvolvimento sustentável impedindo a pesca predatória e a degradação ambiental, além de ações educacionais envolvendo a população local.

Os dados aqui gerados (sedimentológicos, batimétricos e de correntometria) podem auxiliar futuros projetos que venham se implantar ao longo do Canal.

## Referências

Alheiros, M. M. 1998. *Riscos de escorregamento na Região Metropolitana do Recife*. Tese (doutorado em geociências). Salvador: Univ. Federal da Bahia-UFBA, Instituto de Geociências.

Barbosa, J. A. 2007. *A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos*. Recife: Univ. Federal de Pernambuco - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências-CTG.

Boyd, R.; DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of sedimentary petrology.*, n. 62, p. 1030–1043.

Broce, D. A. S. 1994. *Importação e exportação de carbono orgânico sob forma particulada através da Barra Sul do Canal de Santa Cruz, Itamaracá - PE, Brasil*. Dissertação (mestrado em oceanografia). Recife: Univ. Federal de Pernambuco-UFPE, Dept. de Oceanografia.

Cameron, W. M.; PRITCHARD, D. W. 1963. Estuaries. *The sea*, New York, n. 1, p. 306–324.

Carmouze, J. P. 1994. *O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. Edgard blücher. São Paulo: FAPESP.

Cavalcanti, L. B. 1976. *Caracterização do Canal de Santa Cruz (Pernambuco-Brasil) em função dos parâmetros físico-químicos e pigmentos fotossintéticos*. Tese (livre docente). Recife: Univ. Federal de Pernambuco-UFPE, Dept. de Oceanografia.

Chaves, M. S. 1999. *Variação do nível relativo do mar e sua relação com a formação das planícies costeiras no nordeste do Brasil*. Dissertação (mestrado em geociências). Recife: Univ. Federal de Pernambuco-UFPE, Dept. de Geociências.

CONAMA, C. N. do M. A. 2005. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. *Ministério do Meio Ambiente*.

CONDEPE, I. de Desenvolvimento de P.; CPRH, C. P. de Controle da P. A. 1982. *Estudo para controle ambiental nas áreas estuarinas de Pernambuco - Canal de Santa Cruz*. Recife: CONDEPE.

CPRH, A. E. do Meio Ambiente e R. H. 2003. *Diagnóstico sócio-ambiental do litoral norte de Pernambuco: Perfil ambientais, áreas estuarinas*. Acesso em: 03/05/2006. <http://www.cprh.pe.gov.br>: [s.n.].

Dalrymple, R. W.; ZAITLIN, B. B.; BOYD, R. 1992. A conceptual model of estuarine sedimentation. *Journal Sedimentary Petrology*, n. 62, p. 1130–1146.

Dean-Junior, W. E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *journal of sedimentary petrology*, n. 44(1), p. 242–248.

- Dias, J. A. 2004. *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos*. (versão preliminar). Faro: Universidade de Algarve.
- Dominguez, J. M. L. et al. 1990. Geologia do quaternário costeiro do estado de pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, n. 20, p. 208–215.
- Feijó, F. 1992. Bacia de Pernambuco-Paraíba. *Geoc. PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, n. 8(1), p. 143–147, JAN/MAR.
- FIDEM, F. de D. M. 2001. *Região Metropolitana do Recife: Carta de Nucleação Norte*. Escala 1:20.000. Recife: FIDEM.
- Figueiredo, J. A. de et al. 2006. Hidrologia e biomassa fitoplanctônica nas barras orange e catuama (canal de santa cruz), em itamaracá - pe: Variação nictemeral. *Arq. Cin. Mar*, Fortaleza, n. 39, p. 5–17.
- Flores-Montes, M. 1996. *Variação nectemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá - PE*. Dissertação (mestrado em oceanografia). Recife: Univ. Federal de Pernambuco - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências-CTG. Pós-graduação em Oceanografia.
- Folk, R. L.; Ward, W. C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain-size parameters. *Journal of sedimentary research*, London, n. 27(1), p. 3–26.
- Gomes, H. A. 2001. *Dicionário geológico do Brasil*. Ibge. Recife: [s.n.].
- Ibiapina, A. V. et al. 1999. *Evolução da Hidrometria no Brasil*. Brasília: ANEEL-OMM.
- Kegel, W. 1955. Geologia do fosfato de pernambuco. *Div. Geol. Min. DNPM*, n. Boletim 157, p. 54.
- Kralik, M. 1999 A rapid procedure for environmental sampling and evaluation of polluted sediments. *Applied Geochemistry*, n. 14, p. 807–816.
- Lima, E. A. M. 2008. *Avaliação da qualidade dos sedimentos e prognóstico geoquímico ambiental da zona estuarina do rio Botafogo, Pernambuco*. Tese(doutorado em geociências). Recife: UFPE, Pós-graduação em Geociências.
- Lima-Filho, M. F. et al. 1991. Origem da planície do recife. *Estudos de Pesquisas*, Recife, n. 19, p. 157–176.
- Lira, L. 1975. *Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarino adjacente a Ilha de Itamaracá - Pernambuco, Brasil*. Dissertação (mestrado em geociências. Porto Alegre: Univ. Federal do Rio Grande do Sul-UFGRS, Inst. de Geociências.
- Mabesoone, J. M. 1983. *Sedimentologia*. Recife: UFPE.
- Mabesoone, J. M. 1991. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de pernambuco, paraíba e rio grande do norte. *Estudos Ecológicos*, Recife, n. 10, p. 177–184.



- Mabesoone, J. M.; Alheiros, M. M. 1991. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de pernambuco, paraíba e parte do rio grande do norte: notas explicativas dos mapas. *Série B: Estudos e Pesquisas*, Recife, n. 10, p. 21–31.
- Mabesoone, J. M.; Alheiros, M. M. 1998. Origem da bacia sedimentar pernambuco-paraíba. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 04(18), p. 476–482.
- Macedo, S. J.; MELO, H. N. S.; COSTA, K. M. P. 1982. Estudo ecológico da região de itamaracá, pernambuco, brasil. *Trabalho Oceanográfico*, Recife, n. 17, p. 81–122.
- Magalhães, A. 1979. *Enciclopédia brasileira globo*. 17. ed. Porto Alegre: Globo.
- Manso, V. A. V.; Lima-Filho, M. F.; OLIVEIRA, A. T. 1997. Sedimentologia da plataforma continental entre aracajú (se) e maceió (al). *Na. Academia Brasileira de Ciências*, n. 69, p. 506–520.
- Marinho, L. H. dos S. et al. 2002. *Estudo de avaliação ambiental: projeto de dragagem para a área do circuito náutico do litoral norte do Estado de Pernambuco*. Emlurbe. Recife: Governo do Estado de Pernambuco.
- Medeiros, C.; Kejerfeve, B. 1993. Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, brazil. *Estuarine*, n. 36, p. 496–515.
- Medeiros, C.; Kejerfeve, B. 2005. Longitudinal salt and sediment fluxes in a tropical estuary: Itamaracá, brazil. *Journal of Coastal Research*, West Palm Beach, Florida, n. 21, p. 751–758, July.
- Melo, H. N. S. 1980. *Estudos das variações de alguns parâmetros hidrológicos no estuário do Rio Botafogo, Pernambuco, Brasil*. Dissertação (mestrado em química. Recife: Univ. Federal de Pernambuco- UFPE, Dept. de Química Fundamental.
- Miranda, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. 2002. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo: edusp.
- Morais, M. Z. C. 2000. *Utilização do grau de desenvolvimento urbano (GDU) como instrumento de gestão ambiental: uso e ocupação da zona costeira da Ilha de Itamaracá*. Dissertação (mestrado em geociências. Recife: UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências.
- Passavante, J. Z. de. 1979. *Produção primária de fitoplâncton do Canal de Santa Cruz - Itamaracá-Pernambuco*. Tese (doutorado em oceanografia biológica. São Paulo: Instituto Oceanográfico, Univ. de São Paulo - USP, 188 p.
- Perillo, G. M. E. 1995. Definition and geomorfologic classification of estuaries. in: Perillo, g. m. e., picollo, m. c., and pino-quivira (eds.). *Geomorfology of estuaries.*, Berlin, n. 1, p. 17–49.
- Pritchard, D. W. 1955. Estuarine circulation patterns. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, n. 81, p. 1–11.
- Reineck, H. E.; Singh, I. B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. 2. ed. New York: Springer-Verlag.

- Russell, R. J. 1967. Origins of estuaries. *Estuaries*, Washington, n. 83, p. 93–99.
- Santos, R. C. de A. L. 2004. *Evolução da linha de costa a médio e curto prazo associada ao grau de desenvolvimento urbano e aos aspectos geoambientais na planície costeira de Maceió - Alagoas*. Tese (doutorado em geociências). Recife: UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências.
- Shepard, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, n. 24, p. 151–158.
- Silva, L. A. 2004. *Sedimentologia do Canal de Santa Cruz - Ilha de Itamaracá - PE*. Dissertação (mestrado em geociências). Recife: Univ. Federal de Pernambuco - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências-CTG. Pós-graduação em Geociências.
- Vasconcelos-Filho, A. L.; Silva, K. C.; Acioli, F. D. 1998. Hábitos alimentares de *Sphoeroides testudineus*(linneus,1758) (teleostei: Tetraodontidae), no canal de santa cruz - itamaracá-pe. *Trabalhos Oceanográficos*, Recife, n. 20, p. 145:157.
- Xavier, M. W. 2007. *Caracterização geomorfológica, sedimentológica e aspectos ambientais do litoral de Goiana, Pernambuco*. Dissertação (mestrado em geociências). Recife: Univ. Federal de Pernambuco-UFPE. Centro de Tecnologia e Geociências -CTG. Pós-graduação em Geociências, 75 p.

## ANEXOS

**Tabela 6: Distribuição das classes granulométricas dos sedimentos do Canal de Santa Cruz. Classificação de Shepard (1954)**

Amostra	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Classificação de Sheppard
1	0,11	98,23	1,66	Areia
2	35,76	61,99	2,25	Areia Cascalhosa
3	0,35	98,8	0,85	Areia
4	0,63	94,2	5,17	Areia
5	3,29	94,18	2,53	Areia
6	12,74	84,22	3,04	Areia
7	2,43	80,33	17,25	Areia
8	4,59	93,54	1,87	Areia
9	1,17	93,29	5,54	Areia
10	2,56	96,03	1,41	Areia
11	0,24	98,3	1,46	Areia
12	1,09	90,05	8,86	Areia
13	0,15	97,33	2,53	Areia
14	7,37	76,04	16,59	Areia
15	0,5	98,08	1,42	Areia
16	0,8	98,27	0,93	Areia
17	4,68	93,04	2,28	Areia
18	10,18	81,95	7,87	Areia
19	0,4	96,38	3,22	Areia
20	6,56	86,88	6,56	Areia
21	3,83	84,7	11,47	Areia
22	0,66	81,99	17,35	Areia
23	1,59	68,35	30,07	Areia Lamosa
24	51,67	42,22	6,11	Cascalho Arenoso
24	0,24	78,07	21,7	Areia
26	1,01	37,87	61,12	Lama Arenosa
27	0,42	19,97	79,61	Lama
28	0,06	36,25	63,68	Lama Arenosa
29	0,07	52,27	47,66	Areia Lamosa
30	0,39	58,17	41,44	Areia Lamosa
31	8,22	66,71	25,08	Areia Lamosa
32	0,34	20,82	78,85	Lama
33	0,27	47,09	52,65	Lama Arenosa
34	1,89	76,94	21,18	Areia

Amostra	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Classificação de Sheppard
35	7,4	82,68	9,92	Areia
36	5,7	75,23	19,07	Areia
37	17,51	71,36	11,14	Areia Cascalhosa
38	3,52	83,29	13,18	Areia
39	3,34	11,22	85,44	Lama
40	4,67	70,3	25,02	Areia Lamosa
41	0,02	4,9	95,08	Lama
42	1,93	67,62	30,46	Areia Lamosa
43	3,41	39,79	56,79	Lama Arenosa
44	4,86	92,76	2,38	Areia
45	22,21	66,36	11,43	Areia Cascalhosa
46	1,12	98,58	0,31	Areia
47	0,85	95,73	3,42	Areia
48	1,81	86,85	11,34	Areia
49	11,68	71,85	16,48	Areia Lamosa
50	1,11	59,26	39,62	Areia Lamosa
51	1,14	57,95	40,91	Areia Lamosa
52	2,59	31,58	65,83	Lama Arenosa
53	0,85	80,08	19,07	Areia
54	0,12	59,71	40,18	Areia Lamosa
55	10,52	77,3	12,18	Areia
56	9,31	40,63	50,06	Lama Arenosa
57	0,64	96,17	3,19	Areia
58	0	34,35	65,65	Lama Arenosa
59	0,06	66,64	33,3	Areia Lamosa
60	0,33	77,34	22,34	Areia
61	35,2	49,43	15,37	Casc. Areno Lamoso
62	5,25	77,93	16,82	Areia
63	0,32	69,77	29,91	Areia Lamosa
64	0,25	62,64	37,1	Areia Lamosa
65	0,27	78,38	21,35	Areia
66	0,06	51,06	48,88	Areia Lamosa
67	0,19	72,16	27,65	Areia Lamosa
68	0,22	70,67	29,11	Areia Lamosa
69	0,43	96,55	3,03	Areia
70	7,08	90,38	2,54	Areia
71	0,22	56,37	43,42	Areia Lamosa
72	0,24	99,76	0	Areia

Amostra	Cascalho(%)	Areia(%)	Lama(%)	Classificação de Sheppard
73	11,74	88,26	0	Areia
74	0	100	0	Areia
75	1,67	98,33	0	Areia
76	0,05	99,95	0	Areia
77	2,22	97,78	0	Areia
78	0,24	99,76	0	Areia
79	0,97	99,03	0	Areia
80	2,93	97,07	0	Areia
81	3,5	96,5	0	Areia
82	5,34	94,66	0	Areia
83	0,94	99,06	0	Areia
84	1,19	98,81	0	Areia
85	0,15	99,85	0	Areia
86	0,05	99,95	0	Areia
87	0,63	96,82	2,55	Areia
88	1	97,19	1,81	Areia
89	8,68	90,59	0,72	Areia
90	17,65	81,6	0,75	Areia
91	0	98,71	1,29	Areia
92	0,39	98,32	1,29	Areia
93	0,4	98,39	1,21	Areia
94	2,35	96,62	1,03	Areia
95	5	94,08	0,92	Areia
96	1,92	96,71	1,37	Areia
97	0,09	98,57	1,33	Areia
98	10,98	87,09	1,93	Areia
99	1,05	78,19	20,76	Areia
100	0,3	77,09	22,61	Areia
101	2,09	93,38	4,54	Areia
102	2,55	93,44	4	Areia
103	6,95	86,86	6,19	Areia
104	0,93	91,14	7,93	Areia
105	5,84	89,8	4,35	Areia

**Tabela 7: Parâmetros estatísticos dos sedimentos do canal de Santa Cruz**

Amostra	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Assim.	Curtose
1	Areia Fina	Muito bem Selec.	Assim. positiva	Muito leptocúrtica
2	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Muito platicúrtica
3	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. muito positiva	Mesocúrtica
4	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
5	Areia Grossa	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Mesocúrtica
6	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. muito positiva	Mesocúrtica
7	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. negativa	Leptocúrtica
8	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
9	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. positiva	Muito leptocúrtica
10	Areia Média	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
11	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
12	Areia Fina	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Leptocúrtica
13	Areia Média	Mod. Selec.	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
14	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. negativa	Muito leptocúrtica
15	Areia Média	Mod. Selec.	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
16	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
17	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
18	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Platicúrtica
19	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. positiva	Platicúrtica
20	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Mesocúrtica
21	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. positiva	Platicúrtica
22	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Leptocúrtica
23	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Muito leptocúrtica
24	Areia Muito Grossa	Pob. Selec.	Assim. muito positiva	Mesocúrtica
25	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Leptocúrtica
26	Silte Grossa	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Muito leptocúrtica
27	Silte Grossa	Bem Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
28	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Leptocúrtica
29	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Mesocúrtica
30	Silte Grossa	Mod. Selec.	Aprox. simétrica	Leptocúrtica
31	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Muito leptocúrtica
32	Silte Grossa	Bem Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
33	Silte Grossa	Mod. Selec.	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
34	Areia Fina	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
35	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. negativa	Leptocúrtica
36	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. positiva	Mesocúrtica
37	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
38	Areia Fina	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
39	Silte Grossa	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Extr. leptocúrtica
40	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. positiva	Muito platicúrtica
41	Silte Grossa	Muito bem Selec.	Aprox. simétrica	Platicúrtica

Amostra	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Assim.	Curtose
42	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. muito positiva	Platicúrtica
43	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Platicúrtica
44	Areia Grossa	Pob. Selec.	Assim. positiva	Leptocúrtica
45	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. negativa	Platicúrtica
46	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Mesocúrtica
47	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. negativa	Leptocúrtica
48	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. positiva	Muito leptocúrtica
49	Areia Média	Muito pob. Selec.	Assim. muito positiva	Platicúrtica
50	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. positiva	Mesocúrtica
51	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Muito platicúrtica
52	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Muito platicúrtica
53	Areia Fina	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Platicúrtica
54	Silte Grossa	Mod. Selec.	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
55	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. negativa	Muito leptocúrtica
56	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Mesocúrtica
57	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Leptocúrtica
58	Silte Grossa	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Muito leptocúrtica
59	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. positiva	Leptocúrtica
60	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. muito positiva	Mesocúrtica
61	Areia Média	Muito pob. Selec.	Assim. positiva	Muito platicúrtica
62	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
63	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. negativa	Platicúrtica
64	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. negativa	Muito leptocúrtica
65	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito positiva	Leptocúrtica
66	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. negativa	Leptocúrtica
67	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. positiva	Muito leptocúrtica
68	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
68	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Leptocúrtica
70	Areia Média	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
71	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Mesocúrtica
72	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. positiva	Platicúrtica
73	Areia Grossa	Pob. Selec.	Assim. negativa	Platicúrtica
74	Areia Média	Bem Selec.	Assim. muito positiva	Muito leptocúrtica
75	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Extr. leptocúrtica
76	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Muito platicúrtica
77	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Leptocúrtica
78	Areia Fina	Bem Selec.	Assim. muito positiva	Muito leptocúrtica
79	Areia Média	Bem Selec.	Assim. muito positiva	Muito platicúrtica
80	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. positiva	Mesocúrtica
81	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. muito positiva	Platicúrtica
88	Areia Grossa	Mod. Selec.	Assim. positiva	Extr. leptocúrtica
83	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Muito platicúrtica
84	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. muito positiva	Muito leptocúrtica

Amostra	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Assim.	Curtose
85	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
86	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. muito positiva	Muito platicúrtica
87	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Platicúrtica
88	Areia Média	Bem Selec.	Aprox. simétrica	Muito leptocúrtica
89	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Leptocúrtica
90	Areia Grossa	Pob. Selec.	Assim. muito positiva	Leptocúrtica
91	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. positiva	Muito platicúrtica
92	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. muito positiva	Mesocúrtica
93	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. positiva	Platicúrtica
94	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. negativa	Mesocúrtica
95	Areia Grossa	Mod. Selec.	Assim. muito positiva	Platicúrtica
96	Areia Fina	Mod. Selec.	Assim. muito positiva	Leptocúrtica
97	Areia Muito Fina	Mod. Selec.	Assim. negativa	Muito leptocúrtica
98	Areia Média	Mod. Selec.	Assim. muito negativa	Extr. leptocúrtica
99	Silte Médio	Muito pob. Selec.	Assim. muito positiva	Extr. leptocúrtica
100	Silte Fino	Muito pob. Selec.	Assim. muito positiva	Extr. leptocúrtica
101	Areia Média	Pob. Selec.	Assim. positiva	Platicúrtica
102	Areia Fina	Pob. Selec.	Assim. muito negativa	Platicúrtica
103	Areia Fina	Muito pob. Selec.	Assim. positiva	Extr. leptocúrtica
104	Areia Muito Fina	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Extr. leptocúrtica
105	Areia Média	Pob. Selec.	Aprox. simétrica	Mesocúrtica
106	Areia Fina	Mod. Seleccionado	Assi. positiva	Extr. letocúrtica
107	Areia Média	Mod. Seleccionado	Assim. muito positiva	muito platicúrtica
108	Areia grossa	Mod. Seleccionado	Assim. negativa	Platicúrtica
109	Areia média	Mod. Seleccionado	Assim. muito negativa	muito leotocúrtica
110	Areia média	Mod. selecionado	Aprox. simétrica	platicúrtica
111	Areia média	Mod. selecionado	aprox. simétrica	platicúrtica
112	Areia média	Mod. selecionado	Aprox. simétrica	leptocúrtica
113	Areia grossa	Pob. selecionado	Assim. negativa	Extr. leptocúrtica
114	Areia fina	bem sekecionada	muito posiiva	Extr. leptocúrtuca
115	Areia fina	mod. selecionada	assim positiva	extr. leptocúrtcia
116	grânulo	mod. selecionada	muito positica	extr. leptocúrtica
117	areia media	muito pob. selecionada	assim. muito negativa	mesocúrtica
118	areia fina	muito pob. selecionada	assim. negativa	mesocúrtica
119	areia fina	pob. selecionada	simétrica	mesocúrtica
120	areia fina	muito pob. selecionada	assim. muito negativa	Extr. leptocúrtica
121	areia média	mod. selecionada	Assim. muito negativa	extrema. leptocúrtiva
122	areia média	Aprox.	simétrica	Extr. leptocúrtica
123	areia muito fina	Muito prob. selecionado	Assim. positiva	Extr.leptocúrtica
124	Areia muito fina	Pob. selecionado	Assim. positiva	Extr. leptocúrtica
125	Areia média	Mod. selecionado	Assim. muito negativa	Extr. leptocúrtica
126	Areia muito fina	Muito pob. selecionado	Assim. positiva	Extr. leptocúrtica
127	areia muito fina	muito pob. selecionado	assim. positiva	extr. leptocúrtica



Amostra	Diâmetro Médio	Desvio Padrão	Assim.	Curtose
128	Areia fina	muito pob. selecionado	assim. positiva	extr. leptocúrtica
129	areia fina	ext. mal selecionado	assim. muito positiva	Muito platicúrtica
130	areia fina	muito pob. selecionado	Assim. positiva	Extr. leptocúrtica
131	Areia muito fina	muito pob. selecionada	Assim. muito positiva	Extr. leptocúrtica
132	Areia fina	extr. mal selecionado	assim. muito positiva	Extr. leptocúrtica
133	Areia fina	Pob. selecionado	Assim. muito negativa	Extr. leptocúrtica

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)