

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

Luciano Cintrão Barros

**ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS NA PLATAFORMA  
CONTINENTAL INTERNA ADJACENTE ÀS  
DESEMBOCADURAS SUL DO CANAL DE SANTA  
CRUZ E DO RIO TIMBÓ, NORTE DO ESTADO DE  
PERNAMBUCO**

Dissertação de Mestrado  
2003

**LUCIANO CINTRÃO BARROS**

Geógrafo, Universidade Federal de Alagoas, 1999

**ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA  
ADJACENTE ÀS DESEMBOCADURAS SUL DO CANAL DE SANTA CRUZ E DO RIO  
TIMBÓ, NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação que apresentou ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientado pela Prof<sup>a</sup> Dra. Lúcia Maria Mafra Valença, em preenchimento parcial para obter o grau de Mestre em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, defendida e aprovada em 29 de agosto de 2003.

RECIFE, PE  
2003

ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA  
ADJACENTE ÀS DESEMBOCADURAS SUL DO CANAL DE SANTA CRUS E A DO RIO  
TIMBÓ, NORTE DO ESTADO DE PERNAMBUCO

LUCIANO CINTRÃO BARROS

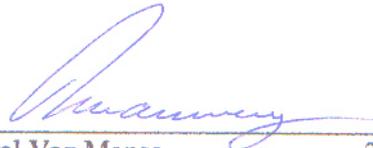
Aprovado:



Prof. Dr.ª Lúcia Maria Mafra Valença (orientadora) 29/08/2003



Prof. Dr. George Satander Sá Freire 29/08/2003



Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso 29/08/2003

*IN MEMORIAN*

Emanuel Alves Cintrão Filho

(meu avô)

“As grandes obras são sonhadas pelos gênios, executadas pelos lutadores, desfrutadas pelos felizes e criticadas pelos inúteis crônicos”.

(Autor desconhecido)

Data: 25/05/03

## **AGRADECIMENTOS**

O autor ao final deste trabalho externa o seu sincero agradecimento a todas as pessoas e instituições que direta ou indiretamente colaboraram para o desenvolvimento do mesmo.

Em primeiro lugar a Deus por todas as coisas que sempre tem proporcionado em minha vida.

Ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio concedido, o qual tornou-se possível a realização do curso e conseqüentemente o trabalho.

A Pós-Graduação em Geociências (PPGEOC) da Universidade Federal de Pernambuco, pelo apoio técnico e pela infra-estrutura concedida.

A amiga e Prof<sup>a</sup> Lucia Mafra Valença, externo minha gratidão pela amizade, pela orientação prestada, críticas e sugestões em todas as fases do trabalho.

O Prof. Valdir do Amaral Manso pelo importante ensinamento e sugestões demonstradas durante a execução do trabalho.

Ao departamento de Oceanografia da UFPE em nome da Prof<sup>a</sup> Tereza Araújo pelo apoio dispensado.

Aos meus amigos que me acompanharam durante todo o curso Everaldo Paulo, Floristela Guinhos, Marcos Teódulo, Josué Pereira, Damísia Lima e Carol Adler com suas idéias e sugestões.

Os meus amigos pelo companheirismo, amizade e ajuda no dia-a-dia em especial Luiz Roberto Nascimento, Adriano Alves, Silvana Diene, Roberta Brasilino e Victor Hugo.

Aos amigos também que fiz durante o curso Cristiano Gurgel, Clélia Aragão, Leanize Oliveira, Flávia Milene, Cícera Neize, Silvana Mello, Liliana Osako, Christian Carmona, Williams Guimarães.

A geógrafa Maria Gregório pela ajuda na análise morfoscópica e também ao geólogo Klaiton Jonne pela ajuda dispensada.

A secretária da pós-graduação em Geociências Walmisa Araújo pelo seu profissionalismo e amizade.

Ao barqueiro Laércio e também a Fernando Soares Júnior e Danilo Godoy pela ajuda nas coletadas de campo.

Aos integrantes do LGGM pela atenção e apoio técnico em especial a Lucimary Silva, Miguel Arrais, Núbia Chaves e Wanessa Marques.

A meus pais em especial pelas sugestões e apoio incondicional importante na minha formação pessoal e profissional.

A minha namorada Emanuelle Vasconcelos por estar sempre ao meu lado em todos momentos.

Enfim todas aquelas pessoas que contribuíram de alguma maneira, seja no âmbito técnico ou pessoal e que por acaso não tenham sido lembrados pelo autor.

## RESUMO

A área em estudo está localizada na plataforma continental interna norte do Estado de Pernambuco, no trecho compreendido entre as desembocaduras sul do Canal de Santa Cruz (Município de Itamaracá) e a do Rio Timbó (Município de Paulista), situada entre as coordenadas UTM 9138000 a 9132000 Latitude e 297000 a 300000 Longitude.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar as características sedimentológicas dos depósitos que atapetam o fundo desta plataforma interna. Foram realizadas análises para identificação das fácies texturais, cálculo de parâmetros estatísticos, para caracterização dos sedimentos e análise multivariada para determinar o ambiente deposicional dominante.

Os resultados mostram que na área domina a fácies areia, com predominância das frações média e fina e que existe tendência de granodecrescência em direção à plataforma média. Os sedimentos apresentam seleção moderada, com grau de assimetria aproximadamente simétrico e distribuições leptocúrtica a mesocúrtica indicando um nível de energia alto, em consequência da grande influência de ondas, correntes fluvial, de deriva e de maré. A influência deposicional dominante é costeira sendo as areias provenientes, possivelmente, das áreas em erosão à sul do litoral do Município de Paulista. Os grãos são constituídos principalmente de quartzo brilhante, com variadas proporções de bioclastos (de algas, fragmentos e partes inteiras de foraminíferos, gastrópodes, bivalves, etc.). São predominantemente subangulosos a subarredondados, com esfericidade alta nas frações mais grossas, e muito angulosos a angulosos nas frações mais finas.

Palavras-chave: Plataforma de Pernambuco; Sedimentologia; Plataforma Continental.

## **ABSTRACT**

The study area is located in the inner continental shelf in the northern portion of the state of Pernambuco, limited by the Santa Cruz channel (Itamaracá municipality) and the Timbó river (Paulista municipality), within the following UTM coordinates 9138000 to 9132000N and 297000 and 300000E.

The main goal of this work was the determination of the sedimentary characteristics of the sand deposits located at the bottom of the internal platform. Analyses were conducted in order to identify the textural facies, calculate statistical parameters, and characterize the sediments, a multivariate statistical analysis was performed to determine the predominant depositional environment.

The results of this work shows that the main facies in the area is in the grain-size sand, with the predominance of the fractions medium and fine, with the tendency for decreasing grain-size towards the middle shelf. The sediments are moderately sorted, with asymmetry degree approximately symmetric and distributions varying from leptokurtic to mesokurtic, indicating a high energy level controlled by the large influence of waves, fluvial currents, longshore currents, and tidal currents. The main depositional influence is coastal with the sands originating from erosion to the south of the coast of the Paulista municipality. The sand grains are composed essentially of shining quartz, with variable proportions of bioclasts (algae, and shells and shell fragments of foraminifer, gastropod, bivalve, etc.). The grains are predominantly subangular to subrounded, with higher roundness in the coarser fractions, and very angular to angular in the fine fraction.

**Keywords:** Pernambuco shelf, sedimentology, continental shelf.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>LISTA DE FOTOS .....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 - Localização da Área .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 – Objetivos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 - Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO.</b>	
<b>.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1 – Clima.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 – Vegetação.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 – Hidrografia.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 – Condições Oceanográficas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.1 – Clima de ondas .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.2 – Regime de marés .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.3 – Salinidade e Temperatura .....</b>	<b>26</b>

<b>CAPÍTULO 3 – CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO REGIONAL</b>	<b>27</b>
<b>3.1 – Geologia do Quaternário</b>	<b>28</b>
3.1.1 – Terraço Marinho	30
3.1.2 – Terraço Marinho Pleistocênico	30
3.1.3 – Terraço Marinho Holocênico	30
3.1.4 – Depósitos de Manguezais	31
3.1.5 – Depósitos Atuais de Praias	31
3.1.6 – Recifes de Arenito ou <i>Beachrocks</i>	31
3.1.7 – Depósitos Flúvio-Lagunares	32
<b>3.2 – Compartimentação geomorfológica</b>	<b>32</b>
3.3.1 – Terraços Superiores	33
3.3.2 – Terraços Inferiores	33
3.3.3 – Baixios de Maré	34
3.3.4 – Flechas Litorâneas e Alinhamentos de Cordões	34
3.3.5 – Recife de Barreira	34
3.3.6 – Coroa do Avião	35
3.3.6.1 - Características Hidrodinâmicas	37
<b>CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>39</b>
<b>4.1 – Pesquisa Bibliográfica e Cartográfica</b>	<b>39</b>
<b>4.2 – Coleta de Amostras</b>	<b>39</b>
<b>4.3 – Trabalhos de Laboratório</b>	<b>42</b>
4.3.1 – Análise Granulométrica	42
4.3.2 - Análise Morfoscópica e Composicional	42
<b>4.4 – Trabalho de Gabinete</b>	<b>42</b>

<b>CAPÍTULO 5 – PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DE PERNAMBUCO</b>	<b>44</b>
.....	
<b>5.1 – Aspectos Gerais.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2 – Morfologia .....</b>	<b>44</b>
<b>5.3 – Composição dos Sedimentos.....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1 – Distribuição Granulométrica .....</b>	<b>48</b>
6.1.1 – Fração Cascalho.....	48
6.1.2 – Fração Areia .....	48
6.1.3 – Fração Lama .....	49
<b>6.2 – Distribuição de Fácies Texturais.....</b>	<b>49</b>
<b>6.3 – Variações nos Parâmetros Estatísticos .....</b>	<b>53</b>
6.3.1 – Variações do Diâmetro Médio.....	53
6.3.2 – Variações do Desvio Padrão.....	56
6.3.3 – Variações da Assimetria .....	59
6.3.4 – Variações da Curtose .....	62
<b>6.4 – Relação entre os Parâmetros Estatísticos.....</b>	<b>64</b>
6.4.1 – Desvio Padrão/Assimetria .....	64
<b>6.5 – Análise multivariada .....</b>	<b>65</b>
<b>6.6 – Análise Morfoscópica e Composicional.....</b>	<b>67</b>
6.6.1 – Arredondamento .....	67
6.6.2 – Esfericidade .....	69
6.6.3 – Textura Superficial .....	70
6.6.4 – Composição dos grãos .....	73

**CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES..... 78**

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 80**

**ANEXO..... 86**

**ANEXO I**

**ANEXO II**

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 01 – Mapa de localização da área. ....	19
Figura 02 – Quadro estratigráfico da faixa sedimentar costeira Pernambuco – Paraíba, conforme dados de diversos autores.....	28
Figura 03 – Mapa geológico do quaternário costeiro, norte do Estado de Pernambuco.....	29
Figura 04 – Provável esquema evolutivo da formação da coroa do avião.....	38
Figura 05 – Fluxograma do método empregado para a análise granulométrica.....	40
Figura 06 – Localização das amostras na área estudada .....	41
Figura 07 – Diagrama esquemático do perfil da plataforma continental do Nordeste.....	45
Figura 08 – Mapa de distribuição de fácies na plataforma continental brasileira, segundo a classificação de Coutinho (1975).....	47
Figura 09 – Mapa de distribuição granulométrica.....	50
Figura 10 – Diagrama triangular de Shepard (1954) com a representação das amostras coletadas na área de estudo.....	51
Figura 11 – Mapa de fácies texturais.....	52
Figura 12 – Percentual do diâmetro médio das areias.....	54
Figura 13 – Mapa de diâmetro médio.....	55
Figura 14 – Percentual do grau de seleção das areias .....	57
Figura 15 – Mapa de desvio padrão .....	58
Figura 16 – Percentual do grau de assimetria.....	59
Figura 17 – Mapa de assimetria .....	61
Figura 18 – Percentual do grau de curtose .....	62

Figura 19 – Mapa de Curtose .....	63
Figura 20 – Diagrama de dispersão – assimetria/desvio padrão dos sedimentos da área estudada .....	64
Figura 21 – Mapa de análise discriminatória multivariada .....	66
Figura 22 – Percentual do grau de arredondamento dos grãos (amostra total) .....	68
Figura 23 – Percentual do grau de esfericidade dos grãos nas amostras estudadas (amostra total).....	70
Figura 24 – Proporção entre grãos de quartzo e bioclásticos (amostra total).....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Percentual de ocorrência dos dois tipos de ondas ( <i>Sea</i> e <i>Swell</i> ).....	24
Tabela 02 – Valores da altura(H) das ondas na zona de arrebentação para alguns pontos do litoral pernambucano .....	25
Tabela 03 – Valores da distribuição granulométrica e das fácies texturais na área estudada, segundo Shepard (1954) .....	(vide anexo I)
Tabela 04 – Parâmetros estatísticos dos sedimentos de fundo da plataforma interna entre as desembocaduras do Canal de Santa Cruz (Sul) e do Rio Timbó - PE.....	(vide anexo I)
Tabela 05 – Valores dos parâmetros estatísticos utilizados para obtenção do parâmetro “Y”, segundo Sahu (1964) , para os sedimentos da plataforma continental interna entre as desembocaduras do Canal de Santa Cruz e do Rio Timbó - PE ( M = marinho raso agitado, F = fluvial).....	(vide anexo I)

## LISTA DE FOTOS

Foto 01 – Vista do Rio Timbó, próximo ao limite sul da área estudada .....	23
Foto 02 – Vista aérea da Coroa do Avião.....	36
Foto 03 – Vista da “Coroa do Avião” a partir do forte Orange – Itamaracá – PE. ....	36
Foto 04 – Vista aérea do Forte Orange localizado no limite da desembocadura sul do Canal de Santa Cruz .....	37
Foto 05 – Grãos de quartzo angulosos (fração 1 $\phi$ ).....	68
Foto 06 – Grãos de quartzo subangulosos a subarredondados (fração 2 $\phi$ ).....	69
Foto 07 – Grãos de quartzo com alta esfericidade (fração 1 $\phi$ ).....	70
Foto 08 – Presença de brilho nos grãos de quartzo (fração 2 $\phi$ ). ....	71
Foto 09 – Presença de prováveis marcas de percussão observadas nos grãos de quartzo (fração 2 $\phi$ ). ....	72
Foto 10 – Presença de película de argila nos grãos de quartzo (fração 2 $\phi$ ). ....	72
Foto 11 – Presença de variadas proporções de grãos detríticos e bioclásticos.(fração 3 $\phi$ )..	73
Foto 12 – Grãos bioclásticos: artículos de Halimeda (A), tubo de verme (B) gastrópodes (C) e foraminífero (D) (fração 1 $\phi$ ).....	74
Foto 13 – Grãos bioclásticos: artículo de Halimeda (A), foraminífero (B), gastrópode (C), fragmentos de algas (D) e outros (fração 2 $\phi$ ). (fração 2 $\phi$ ). ....	74
Foto 14 – Grãos detríticos de quartzo e mica (fração 2 $\phi$ ). ....	75
Foto 15 – Grãos detríticos com a presença de quartzo e minerais acessórios (fração 1 $\phi$ )...	75

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Entre os diversos ambientes encontrados nos oceanos, destacamos os plataformais que representam um ecossistema de importância tanto econômica como ambiental.

Caracteriza-se como uma superfície plana, regularizada por processos de erosão e deposição, principalmente os que vêm sucedendo durante os períodos glaciais e interglaciais do Quaternário (Palma, 1979 in Schobbenhaus *et al.*, 1984). São importantes do ponto de vista geológico em função do entendimento dos processos e transformações ocorridas na terra durante sua origem e formação, mas principalmente economicamente em função da existência de importantes recursos naturais bióticos e abióticos. Entretanto, muitos destes ambientes não são completamente conhecidos, provavelmente em função do elevado custo para suas pesquisas.

Os sedimentos que recobrem a plataforma continental de Pernambuco são essencialmente, areias e cascalhos formados por artúculos, fragmentos e restos de organismos de algas coralinas.

Todavia, o levantamento dos parâmetros sedimentológicos e morfológicos desta plataforma, constituem uma questão básica para o reconhecimento detalhado da sua estrutura, dinâmica e processos existentes neste ambiente. Pode-se também determinar parte dos recursos naturais disponíveis e sua distribuição. Entre os quais podemos citar os sedimentos carbonáticos, que servem de matéria-prima na indústria química e na agricultura, e que necessita de um estudo mais importante quanto ao valor qualitativo e sua abundância. Podemos citar também as areias quartzosas, que podem ser utilizadas para o engordamento das praias na região Metropolitana do Recife, que estão sofrendo processos erosivos.

### **1.1 - Localização da Área**

A área em estudo está localizada na plataforma continental interna, norte do estado de Pernambuco, a 50 Km da cidade do Recife, sendo o trecho compreendido adjacente às desembocaduras sul do Canal de Santa Cruz (Itamaracá) e do Rio Timbó (Paulista), situada entre as coordenadas UTM 9138000 a 9132000 Latitude e 296000 a 300000 Longitude, possuindo uma área de aproximadamente 24 Km (figura 01).

### **1.2 - Objetivos**

Esta pesquisa tem como objetivo geral a identificação das diversas fácies sedimentares que compõem este assoalho plataformar de Pernambuco.

Os objetivos específicos são: caracterizar os sedimentos com base nos parâmetros estatísticos e nas análises morfooscópica e composicional; elaborar mapas de distribuição das frações granulométricas, das fácies sedimentares, dos parâmetros estatísticos e de análise discriminatória multivariada.

### **1.3 - Revisão Bibliográfica**

O estudo sistemático de margem continental brasileira teve início efetivamente em 1969 com a criação do Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM) pelo CNPq. A partir desse programa foram realizados estudos geológicos e geomorfológicos na costa nordestina como os trabalhos de Moraes (1970) e Coutinho & Moraes (1970), entre outros.

Um importante marco da geologia marinha do Brasil foi o Projeto REMAC (Reconhecimento da Margem Continental Brasileira), que deu origem ao mais extenso programa de pesquisas geológicas e geofísicas na margem continental brasileira.

Entre as décadas de 60 e 70, Kempf (1970) e Kempf *et al* (1970) e Laborel (1965), estudaram a natureza dos fundos da plataforma continental de Pernambuco, na região de Itamaracá e na área de Recife. Também, neste mesmo período, Mabesoone & Coutinho (1970) publicaram um trabalho de maneira didática e convincente, sobre os conhecimentos, até então disponíveis a respeito da geologia litorânea e da plataforma continental do norte e nordeste do Brasil. Ainda na década de 70, o Projeto Algas executado pela Sudene tinha como meta obter dados sobre a localização e quantificação dos bancos de algas na plataforma interna do Nordeste (Fortaleza até a Foz do Rio São Francisco), foi utilizado para diversos

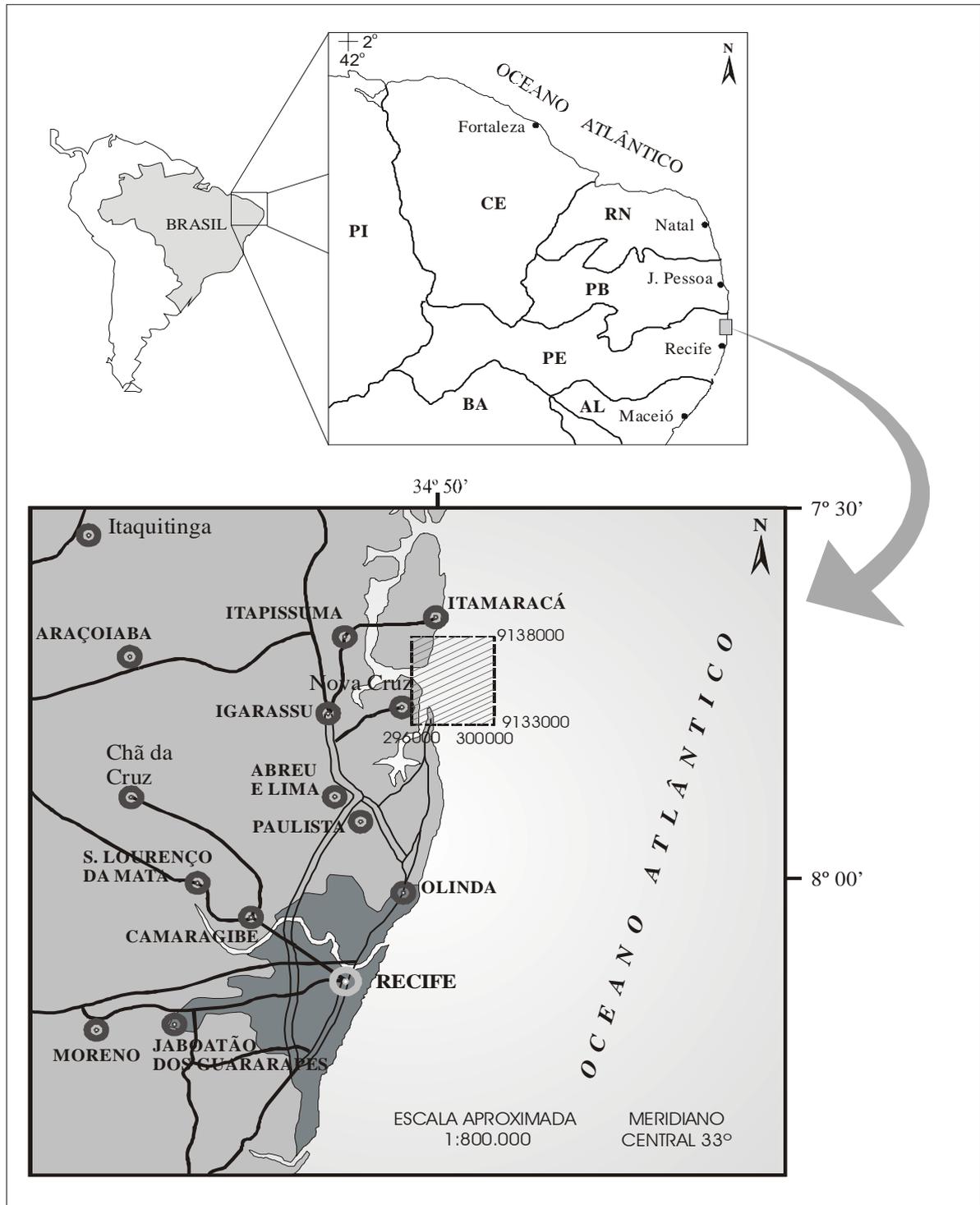


Figura 01 – Mapa de localização da área. Fonte: <http://www.licite.com.br>, modificado.

trabalhos de pesquisas e dissertações de mestrado. Lira (1975) realizou um estudo a respeito da geologia e sedimentologia no Canal de Santa Cruz e plataforma interna adjacente à Ilha de Itamaracá. França *et al* em 1976, realizaram estudos mineralógicos e químicos em amostras coletadas pelo REMAC (legs 4 e 7) entre Fortaleza e Salvador.

Na década de 80, Mont'Alverne (1982) pesquisou a textura e a geoquímica dos sedimentos biogênicos/biodetríticos da plataforma continental de Pernambuco. Freire *et al* (1984) estudaram quimicamente as amostras coletadas na Operação GEOMAR XVIII. Amaral *et al* (1990) realizou um estudo do comportamento da linha de costa atual entre o Rio Timbó e o Canal de Santa Cruz, através de fotografias aéreas.

## CAPÍTULO 2 - CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Os aspectos fisiográficos de uma determinada região são importantes, visto que servem de subsídio para o entendimento do contexto ambiental, além de funcionar como fatores que podem interferir diretamente ou indiretamente no processo sedimentação.

### 2.1 - Clima

A região apresenta segundo a classificação de *Köppen*, o clima *As'*, ou seja, tropical quente com chuvas em período definido (outono-inverno), compreendendo os meses de março a agosto. Sua temperatura média anual é de aproximadamente 26°C, com uma amplitude térmica anual em torno de 3°C. Os índices pluviométricos mensais são superiores a 100 mm, sendo a média anual cerca de 1500 mm. (Nimer, 1979). O período de seca varia de setembro a fevereiro apresentando altas temperaturas atingindo inclusive 34° C (Sudene, 1978).

### 2.2- Vegetação

A principal cobertura vegetal encontrada na área é a Mata Atlântica, que reflete a predominância do clima e do solo. Apesar de sua importância ambiental, esta vegetação foi praticamente substituída pela monocultura canavieira, restando apenas pequenas manchas sobre a Formação Barreiras e o Cristalino (Sudene, 1978).

A área estudada possui também mangues, vegetação pioneira que ocorre em áreas tropicais ou com certas características tropicais, ou seja, águas com cerca de 26°C de temperatura (Manso *et al.*, 1992). Sua distribuição ocorre nas áreas onde os rios entram em contato com o oceano. Os baixos cursos desses rios se mantêm afogados e a mercê das oscilações das marés, sem a presença de fortes ondas.

As margens lamacentas do Canal de Santa Cruz são ocupadas pelo mangue representado por espécies de *Rhizophora* (mangue vermelho), *Conocarpus* (mangue de botão) *Laguncularia* (mangue sereiba) e *Avicenia* (mangue canoé) (CONDEPE, 1982).

Nas áreas de terra firme e solo arenoso distante do alcance das águas oceânicas, surge a vegetação de praia e, logo após, a vegetação de restingas e terraços litorâneos. O agroecossistema coqueiral substitui quase totalmente o primeiro povoamento vegetacional das restingas e terraços litorâneos, que atualmente está dando lugar à especulação imobiliária.

### 2.3 - Hidrografia

A área de trabalho está inserida na região litorânea norte do estado de Pernambuco, onde foi identificado um grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos, que são influenciados por diversos fatores, tais como condições climáticas, a topografia, as características das rochas, a natureza dos solos e os tipos de vegetação.

Entretanto, a principal feição hidrográfica da região é o Canal de Santa Cruz, que possui forma de “U” alongado, com extensão aproximada 22 Km e largura máxima de 1,5 Km. Sua descarga média é de 55,9 m<sup>3</sup>, no inverno, e 0,8 m<sup>3</sup> no verão (Martins, 1997). Circunda toda a ilha de Itamaracá, separando-a do continente, o que possibilita a entrada de águas oceânicas, que penetram tanto por todo o canal quanto pelas fozes dos cursos d’água que deságuam nele. O canal se comunica com o oceano ao norte pela barra de Catuama, e ao sul pela barra Orange. Em tais locais, a profundidade pode alcançar valores superiores a 10 m (CONDEPE, 1982).

De modo secundário, podemos citar o Rio Timbó, que apresenta um regime muito regular durante todo o ano, com uma vazão que não excede 200 L/s (Brasil.Sudene, 1977 in Costa & Macêdo, 1987/89) (foto 01).



*Foto 01 – Vista do Rio Timbó, próximo ao limite sul da área estudada.  
Fonte: [www.mariafarinha.com.br](http://www.mariafarinha.com.br)*

## **2.4- Condições Oceanográficas**

### **2.4.1. Clima de ondas**

A principal variável indutora dos processos costeiros de curto e médio prazo é o clima de ondas, responsável pelo transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal à linha de costa. Em ambos o caso verifica-se uma seleção natural do material em função do tamanho das partículas e dos agentes hidrodinâmicos, especialmente do regime de ondas. Esses agentes são responsáveis pelas constantes modificações dos perfis praias. A energia das ondas e a intensidade e recorrência das tempestades comandam a dinâmica dos processos de erosão e acumulação na interface continente-oceano e fundo marinho (Cunha & Guerra, 1998).

A costa brasileira pode ser considerada como uma área calma, já que não está afetada por nenhum sistema climático capaz de gerar tormentas de grande magnitude. O maior sistema meteorológico presente no Brasil é o anticiclônico do Atlântico Sul, com características estacionárias, pois atua de forma quase permanente e, é o responsável da formação das frentes frias que se deslocam para o norte. Em geral, se observa uma redução da frequência e energia das tormentas desde a costa sul para a região nordeste.

As ondulações que chegam a costa (ondas incidentes) sofrem efeito de refração no fundo marinho, em função da diminuição de profundidade, e difração ao redor de obstáculos (ilhas, promontórios, etc). Esses fenômenos geram perturbações na direção de propagação das ondas (ortogonais), de tal modo que, quando as ortogonais convergem para um determinado local, há concentração de energia no mesmo, predominando a erosão e, por outro lado, quando as ortogonais divergem, há dispersão de energia, predominando a deposição. Em Itamaracá, estes processos são freqüentemente observados, sendo relacionadas à presença de recifes e de barras ao longo da antepraia, que ocasionam a chegada de ondas diminutas a praia, não atingindo 0,5m de altura. Outro fenômeno comum é a reflexão dos trens de ondas quando encontram um obstáculo, gerando um novo trem de ondas, que superpõe ao anterior (Souza, 1997). As ondulações podem, ainda, sofrer alterações, pelo desenvolvimento de ondas secundárias produzidas a partir do movimento e energia das ondas gravitacionais na costa.

A caracterização da onda para a região metropolitana do Recife está baseada nos registros e informes dos quatro anos de medições (1980-1984) da onda, realizadas no Porto de Suape pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH). Os resultados mostram que na região domina o tipo de ondas do tipo *sea* (tabela 01), formado por influência do campo de ventos locais, sobre o *swell*, que é uma onda formada a uma maior distância da costa. No entanto, observa-se que no passar dos anos está aumentando o percentual de *swell*, fato que no nosso ponto de vista se apresenta um pouco raro comparado com outras regiões.

*Tabela 01 – Percentual de ocorrência dos dois tipos de onda (Sea e Swell).*

<b>ANO</b>	<b>1980</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>
<i>Sea</i> (%)	82.9	76.1	64.09	56.97
<i>Swell</i> (%)	17.1	23.9	35.91	43.03

Para Itamaracá, estudos realizados por Suhayda *et al* (1977) indicaram, para a zona de arrebenção, uma altura média da onda de 0,4m, período médio de 7,5 e força da onda de  $1,30 \times 10^{10}$  ergs/s (tabela 02).

**Tabela 02 – Valores da altura (H) das ondas na zona de arrebenção para alguns pontos do litoral pernambucano.**

<b>Projeto</b>	<b>H<sub>(m)</sub></b>	<b>T<sub>(s)</sub></b>	<b>Direção</b>	<b>Obs</b>
Suape	0.85-1.0	6.5	E-SE	Porto de Suape
Domingues (1992)	1.0-1.5	5-7	E-SE	
Suhayda(1977)	0.40	7.5	E-SE	Litoral N-Pe
Boa Viagem	0.6-0.8	6-8	E-SE	
Paulista	0.5-0.9	5-9	E-SE	

#### 2.4.2 - Regimes de marés

As marés são causadas por efeitos gravitacionais exercidos sobre o oceano do sistema terra-lua-sol, com uma variação na periodicidade. A influência do sol, apesar de seu tamanho, é menos da metade da influência da lua, em virtude de sua distância em relação a terra (Morais, 1996). Variam principalmente em função da latitude, estação do ano, tamanho e profundidade das bacias oceânicas, forma da linha de costa, fase lunar entre outros. São consideradas como ondas de grandes períodos, que variam entre 12 e 24 horas, os quais se caracterizam pela subida e descida cíclica do nível do mar, denominada de ciclo de marés ou ondas de marés.

Segundo Hayes (1979), as marés podem ser classificadas de acordo com as seguintes classes: micromaré (0-1m); fraca mesomaré (1-2m); forte mesomaré (2-4m); fraca macromaré (4-5m) e macromaré (>5).

As correntes de maré apresentam um papel importante na transformação do ambiente praiar e marinho raso, o qual está diretamente relacionado com o transporte e distribuição dos sedimentos, conjuntamente com as ondas, que modificam sua topografia.

As marés que atuam na costa de Pernambuco são do tipo mesomaré, dominada por ondas e sob ação constante dos ventos alísios. São marés semi-diurnas alcançando uma variação máxima na amplitude de 1,8 m, representada por um ciclo de preamar e baixa-mar que se repete duas vezes ao dia, com diferenças pequenas de altura e duração entre sucessivas preamares e baixa-mares (Neto, 1998). Na região adjacente à Ilha de Itamaracá, devido à

presença de barras arenosas e recifes, que promovem a refração das ondas, fazendo-as chegar às praias com um tamanho reduzido, as marés exercem um papel relevante nas modificações morfológicas e sedimentológicas do seu litoral (Martins, 1997).

#### 2.4.3 - Salinidade e Temperatura

A salinidade e a temperatura das águas da plataforma continental adjacente à zona costeira da área estudada mostram de uma maneira geral um ciclo sazonal bastante definido.

A temperatura das águas no período de verão é mais elevada, atingindo o seu valor máximo de 30,8°C e durante o período de inverno é mais baixa, alcançando um mínimo de 25,7°C, denotando uma evidente estabilidade térmica da coluna de água. É conveniente frisar que as temperaturas mais baixas são observadas próximo à costa, devido provavelmente à influência das águas continentais (Manso *et al.*, 1992).

A salinidade também apresenta um ciclo sazonal semelhante à temperatura. Valores mais elevados foram observados em períodos secos, máximo de 37,16% e valores mais baixos no período chuvoso, mínimo de 28,88%. Estes valores do mesmo modo que a temperatura, apresentam flutuações próximas à costa, devido à influência do aporte dos rios costeiros (Manso *et al.*, 1992).

### **CAPÍTULO 3 – CONTEXTO GEOLOGICO E GEOMORFOLÓGICO REGIONAL**

De acordo com Mabesoone e Alheiros (1988) a região estudada está localizada na sub-bacia Olinda, pertencente à bacia sedimentar Pernambuco/Paraíba.

Segundo Manso *et al.* (1992) a seqüência sedimentar da área é constituída pelos arenitos da Formação Beberibe de idade Santoniana-Companiana (figura 02). É representada por uma seqüência continental de clastos arenosos grossos a finos, passando gradualmente, em direção da costa para arenitos calcíferos, denominados por alguns autores de Formação Itamaracá (Mabesoone, 1991). Acima encontramos os calcarenitos fossilíferos da Formação Gramame depositados durante a transgressão de idade Maastrichtiana, de coloração creme, granulação predominantemente fina a média, apresentando muitos fósseis (Leal e Sá, 1998). A fase regressiva no Paleoceno é caracterizada pelos calciclásticos finos e argilas calcíferas da Formação Maria Farinha. Capeando estas formações encontram-se os sedimentos areno-argilosos, de idade Tércio-Quaternária, da Formação Barreiras e os sedimentos quaternários que ocupam a planície costeira.

Os depósitos quaternários são representados por terraços pleistocênicos e holocênicos, depósitos de mangue e depósitos aluviais, bancos de arenitos, recifes de corais e depósitos flúvio-lagunares, que serão discutidos a seguir (figura 03).

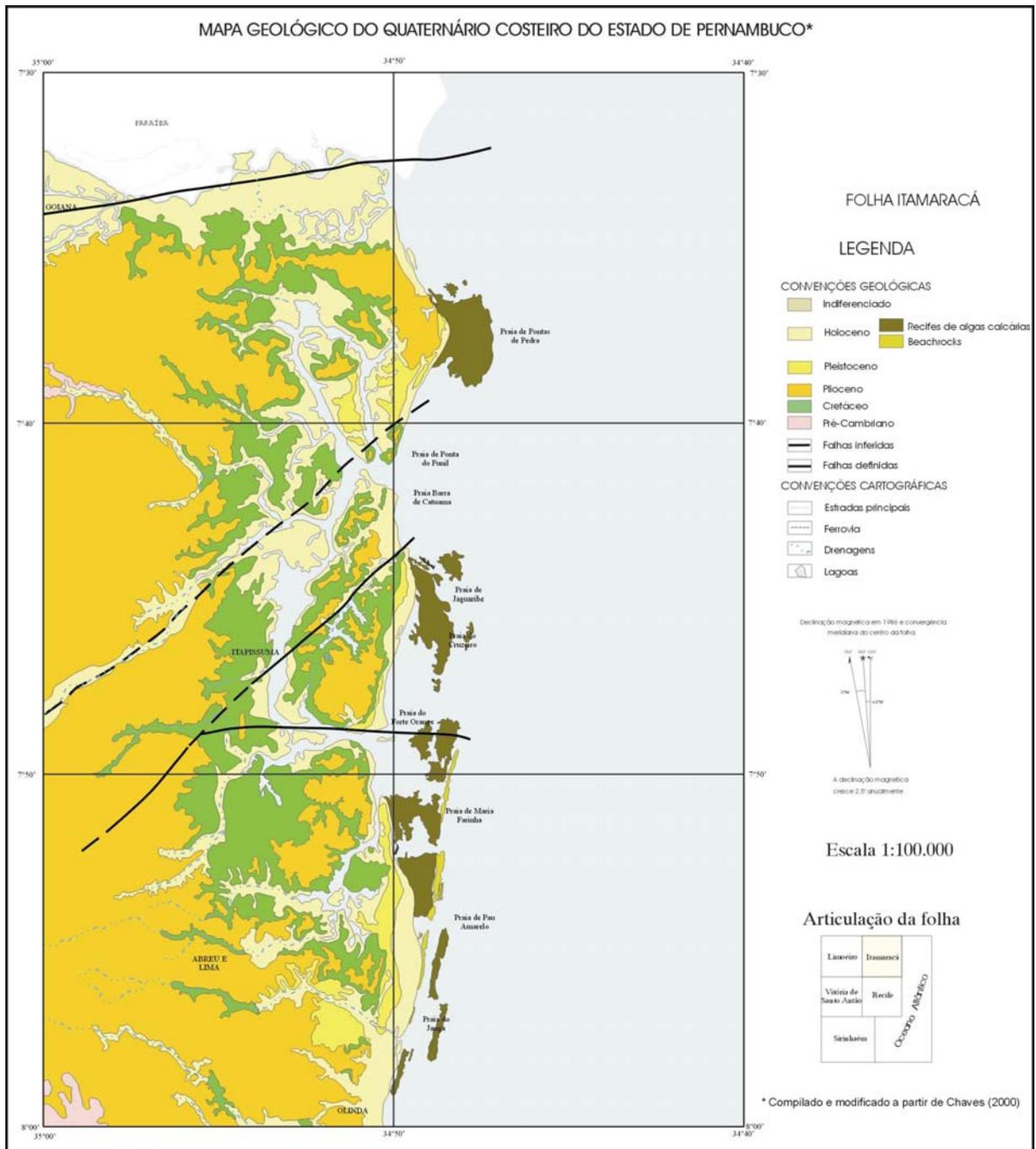
IDADES		LITOESTRATIGRAFIA DA BACIA SEDIMENTAR PERNAMBUCO-PARAÍBA			
		SUB-BACIAS NATAL - CANGUARETAMA	SUB-BACIAS ALHANDRA - OLINDA	SUB-BACIA CABO	PLATÔ DE PERNAMBUCO
TERCIÁRIO	QUATERNÁRIO	Fm. BARREIRAS			Sedimentos Pelágicos
	PLIOCENO				
	MIOCENO				
	OLIGOCENO				Turbiditos
	EOCENO				
CRETÁCEO	PALEOCENO		Fm. MARIA FARINHA		
	MAASTRICHTIANO	Fm. GUAMARÉ	Fm. GRAMAME		Seqüência Carbonática Contínua
	CAMPANIANO				
	SANTONIANO	Arenitos ?	Fm. BEBERIBE		
	CONIACIANO	? ? ?			
	TURONIANO				
	CENOMANIANO			Fm. ESTIVA	
	ALBIANO			Fm. IPOJUCA	
	APTIANO (ALAGOAS)			Fm. CABO	
	PRÉ-CAMBRIANO	EMBASAMENTO CRISTALINO			

**Figura 02 – Quadro estratigráfico da faixa sedimentar costeira Pernambuco – Paraíba, conforme dados de diversos autores (Mabesoone e Alheiros, 1988).**

### 3.1 – Geologia do Quaternário

Os depósitos quaternários costeiros são correlacionados com as variações do nível do mar e podem ser incorporadas em um modelo básico de evolução paleogeográfica, associados aos três eventos transgressivos: a transgressão mais antiga, a penúltima transgressão e a última transgressão (Bittencourt *et al.*, 1979). Este modelo com pequenas variações locais tem sido aplicado com razoável precisão para toda a costa leste brasileira.

Os sedimentos quaternários na área estudada estão agrupados em uma única unidade estratigráfica (depósitos quaternários), porém em unidades fisiográficas distintas, as quais são englobadas em três ambientes de sedimentação (continental, marinho e transicional) segundo suas características sedimentológicas e geomorfológicas.



**Figura 03 – Mapa geológico do quaternário costeiro, norte do Estado de Pernambuco.**

**Fonte: Chaves (2000).**

### 3.1.1 - Terraços Marinheiros

Os terraços marinhos são porções do terreno, geralmente paralelas à linha de costa, possuindo um topo aplainado e um rebordo abrupto que se mantém livre das investidas do mar, permanecendo enxutas mesmo durante as marés mais altas.

São reconhecidos dois conjuntos de terraços arenosos marinhos com características geomorfológicas e sedimentológicas distintas, os quais podem ser correlacionados aos terraços Pleistocênicos, com cerca de 120.000 anos A.P. e os terraços Holocênicos, com cerca de 5.100 A.P. Estes dois conjuntos estão associados a dois eventos transgressivos, respectivamente, a penúltima e a última transgressão (Bittencourt *et. al.*, 1979).

#### 3.1.1.1 - Terraços Marinheiros Pleistocênicos

Ocorrem na porção mais interna da planície costeira da área, ora no sopé das formações mais antigas, ora isoladas na planície costeira. Apresentam-se descontínuos, de forma variável, alongados ou irregulares, mais ou menos paralelas à linha de costa, de largura variável, em média de 0,5 a 1Km, com altitude variando de 3 a 8m. Estes depósitos são constituídos por areias quartzosas inconsolidadas. Encontram-se ocupados em sua maioria pela exploração imobiliária, ou pela retirada de material para construção civil.

#### 3.1.1.2 - Terraços Marinheiros Holocênicos

Estes depósitos preenchem a porção externa da planície costeira, sendo reconhecido em toda a extensão da área estudada, em forma de corpos alongados, mais ou menos contínuos, paralelos à linha de costa, de largura variável, em média de 0,5 – 1km. Apresentam altitudes médias de 1 – 3 m, constituídos, essencialmente por areias quartzosas inconsolidadas.

A características marcantes destes depósitos é a presença de antigos cordões litorâneos. Podem ser diferenciados dos terraços pleistocênicos através da mudança de textura desses depósitos e/ou por uma mudança na altitude dos mesmos.

Atualmente boa parte destes depósitos encontra-se intensamente explorado pela ocupação imobiliária, descaracterizando sua presença.

### 3.1.2 - Depósitos de Manguezais

Os manguezais são definidos como um sistema ecológico tropical costeiro, com substrato lamacento, fauna e flora típicas e distribuição geográfica pantropical e subtropical (Costa & Alcântara Filho, 1987).

Morfologicamente os manguezais acham-se limitados às planícies costeiras inferiores que representam áreas de transição entre o oceano e os níveis elevados que se situam mais para o interior. Na sua quase totalidade são constituídos de depósitos recentes, argilosos de coloração cinza-escuro a preto.

Na faixa litorânea estudada, os principais trechos ocupados por mangues são: área estuarina do Canal de Santa Cruz e do rio Timbó, localizado a sul da Ilha de Itamaracá, desaguando na praia de Maria Farinha, Município de Paulista.

### 3.1.3 - Depósitos Atuais de Praias

Estes depósitos ocorrem diretamente na linha de costa, reconhecidos em toda a extensão da área estudada, apresentando-se como uma faixa estreita, importante como elemento de proteção costeira. São constituídos de areias quartzosas bem selecionadas, inconsolidadas, sofrendo contínuo retrabalhamento pelo mar.

Na região foram observadas diversas praias onde estão ocorrendo fortes processos erosivos (Maria Farinha e Jaguaribe) devido às construções destes diques nas praias de Olinda. Esses depósitos também são utilizados para as atividades turísticas e para o lazer.

As características principais observadas nestes depósitos praias (faixas contínuas e alongadas, além da granulometria geralmente fina de seus sedimentos) devem-se, em grande parte, aos corpos recifais localizados ao longo de vários trechos da costa, os quais servem de barreira natural às investidas marinhas sobre o continente (Manso *et al.*, 1992).

### 3.1.4 – Recifes de Arenito ou *Beachrocks*

Na área estes depósitos ocorrem expostos na beira-mar, na porção sul, nas proximidades de Maria Farinha, porém são reconhecidas outras ocorrências mais ao norte, em que sua porção superior encontra-se a 1,5 – 2,0m abaixo do nível do mar.

Estes corpos apresentam-se como linha recifal composta, orientada por linhas sucessivas de corpos alongados, com embasamento de arenito, interrompidas nas vizinhanças das desembocaduras dos rios, ou barras, tendo seu eixo principal descolado nestas áreas.

Estes recifes têm uma estrutura coralínea (corais e algas calcárias incrustantes do grupo *Melobesia*, estabelecida sobre um embasamento arenítico totalmente recoberto). As partes expostas à beira-mar (sul da área) apresentam uma superfície aplainada, muito pobre em vida, principalmente com revestimento de algas moles e pouco desenvolvidas. Os recifes submersos apresentam uma densa cobertura algal com predominância de *Chlorophyceae* e de *Pheophyceae*.

### 3.1.5 - Depósitos Flúvio-Lagunares

Estes depósitos ocorrem, essencialmente, preenchendo a porção interna da planície costeira, dentro dos vales esculpidos dos principais rios da região.

São depósitos constituídos por areias finas a grossas até siltes argilosos com diferentes graus de compactação, podendo ocorrer como terraços formando planícies mais ou menos contínuas ou como terraços isolados no sopé das formações mais antigas (Manso, et al., 1992).

A expansão imobiliária desordenada ocupa, cada vez mais, estas áreas, chegando por vezes, a construir edificações no leito dos riachos, após haverem sido realizados aterros.

## 3.2 - Compartimentação Geomorfológica

Entre os compartimentos geomorfológicos detectados na região, temos ao norte o predomínio da Superfície dos Tabuleiros e da Planície Costeira; ao sul, há uma presença do Domínio Colinoso em substituição à Superfície dos Tabuleiros.

Os tabuleiros são constituídos por sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, comportando-se como um vasto glacis detrítico, de altitudes situadas entre 40-100m, sulcados pela drenagem, com interflúvios de topos aplainados. No Domínio Colinoso encontra-se a ocorrência das formações geológicas cretácicas e paleocênicas da Formação Beberibe, Gramame e Maria Farinha. Em Itamaracá, sua ocorrência dá-se na porção central, na forma de

pequenos morros isolados, estendendo-se para norte e para sul, margeando o compartimento geomorfológico dos Tabuleiros. As planícies costeiras elaboradas durante o Quaternário, constituem-se numa unidade geológico-geomorfológica de grande complexidade, tendo em vista serem ambientes de transição entre fenômenos continentais e marinhos, onde podem ser inseridos diversos sub-compartimentos geomorfológicos (Manso *et al.*, 1992). Compreendem o setor Norte do litoral de Pernambuco (Coutinho *et al.*, 1994), que corresponde à faixa situada entre Olinda e o Rio Goiana, onde a presença de sedimentos da Formação Barreiras é responsável pela existência de uma planície costeira estreita, com linha de costa de direção N-S, pouco recortada e com a presença expressiva de estuários e manguezais, particularmente ao longo do Canal de Santa Cruz, em Itamaracá.

Na região são destacados várias unidades geomorfológicas distintas, com seus respectivos tipos de sedimentos. Podemos destacar os Terraços Marinhos Superiores (pleistocênicos), Terraços Marinhos Inferiores (Holocênicos), Baixios de Maré, Flechas Litorâneas Arenosas e Recife de Barreira.

### 3.2.1 - Terraços Marinhos Superiores

Nessas planícies costeiras encontram-se dois níveis de terraços marinhos elaborados durante as oscilações do nível do mar no Quaternário. Os terraços superiores, elaborados durante a regressão que se sucedeu após o máximo da penúltima transgressão marinha (Bittencourt, *et al.*, 1979), de provável idade pleistocênica, apresentam-se em geral descontínuos, mais ou menos alongados e paralelos à linha de costa, no sopé das formações geológicas mais antigas.

Possuem largura média de 10m, com sua ocorrência na região da Ilha de Itamaracá, onde aparecem terraços contínuos, irregulares, com drenagem superimposta, formando três faixas contínuas, alcançando até 3 Km de largura. Esses terraços atingem altitudes médias em torno de 3 – 8m.

### 3.2.2 - Terraços Marinhos Inferiores

Estes terraços desenvolveram-se na última regressão marinha, após retrabalhamento das reentrâncias do relevo então existente na última transgressão e erodindo parcialmente os terraços marinhos Pleistocênicos.

Este sub-compartimento apresenta uma geometria mais regular com relação àquela observada na anterior, sendo em geral, alongados paralelos à linha de costa com altitude média de 1 – 3 m. sendo sua largura bastante variável. São separados dos anteriores por pequenas lagunas ou riachos alongados, os quais se instalaram nas cavas existentes entre alinhamentos de antigos cordões litorâneos.

### 3.2.3 - Baixios de Maré

Este sub-compartimento é encontrado nas áreas onde o gradiente de declividade é nulo, estando portanto, sujeito à ação das marés. Devido à topografia, estas áreas são ambientes favoráveis aos processos de sedimentação flúvio-marinha. São encontrados baixios de maré em todas as fozes de rios, destacando o lado oeste de Itamaracá, banhado pelo canal de Santa Cruz, que tem o seu contorno externo praticamente todo ocupado por esta sub-unidade.

### 3.2.4 - Flechas Litorâneas e Alinhamentos de Cordões

Inserido em alguns terraços Holocênicos, encontram-se marcas de antigos alinhamentos de cordões litorâneos, cuja gênese está relacionada ao encontro de águas fluviais em desembocaduras de rios, com as correntes de deriva litorânea, no caso de direção geral N-S, acarretando um obstáculo que poderá bloquear o transporte de sedimentos, proporcionando um “efeito de molhe” (Komar, 1973).

No trecho compreendido entre a foz do Canal de Santa Cruz e a praia de Maria Farinha, pode-se observar nitidamente o chamado “efeito molhe” ocorrendo atualmente, sendo gerado na foz do canal de Santa Cruz, e em grande parte responsável pela deposição e retenção de sedimentos, provindos do sul, entre as desembocaduras dos dois canais de fluxo situados neste trecho do litoral: o rio Timbó e o canal de Santa Cruz.

### 3.2.6 – Recife de Barreira

Apresentam-se como feições lineares que se estendem, às vezes, continuamente, por cerca de 10 Km. Estes bancos afloram na baixamar, sendo que alguns podem ser vistos ligeiramente acima do nível médio do mar. Ocorrem dispostos paralelamente ao litoral por longos trechos do litoral pernambucano, normalmente formando duas ou três faixas de

bancos, apresentando em média 30-60m de largura por 3-4m de espessura (Mabesoone, 1964).

Sobre alguns destes bancos de arenitos podem ser encontrados corpos de coralígenos e algálicos, com dimensões individuais que variam de 1 – 4 km de extensão, enquanto que a profundidade das águas circundantes raramente ultrapassam os 10 m (Dominguez *et al.*, no prelo).

Os recifes possuem uma importância destacada no litoral pernambucano, pois funcionam como anteparo natural às investidas do mar sobre estas áreas costeiras, que se tornam, conseqüentemente, mais preservadas.

### **3.2.7 – Coroa do Avião**

Trata-se de um banco arenoso, emerso, localizado em frente à desembocadura do Canal de Santa Cruz, ao sul da Ilha de Itamaracá. Possui uma área de aproximadamente 2,19 há, com 560m de comprimento por 80m de largura, formado nas últimas duas décadas (fotos 02 e 03). Sua origem está relacionada com a barreira hidráulica formada pelas correntes de fluxo e refluxo na Barra Orange, que trapeiam os sedimentos trazidos pela deriva litorânea. Segundo Teixeira (1991), a sedimentação das areias levaria a uma diminuição da profundidade, acarretando um aumento da incidência solar e conseqüente implantação da vegetação (holodole), que reteria nova camada de sedimentos, num processo cíclico. A presença de linhas recifais paralelas à costa, associadas a correntes de maré contribuíram para que os sedimentos arenosos não migrassem para a plataforma.

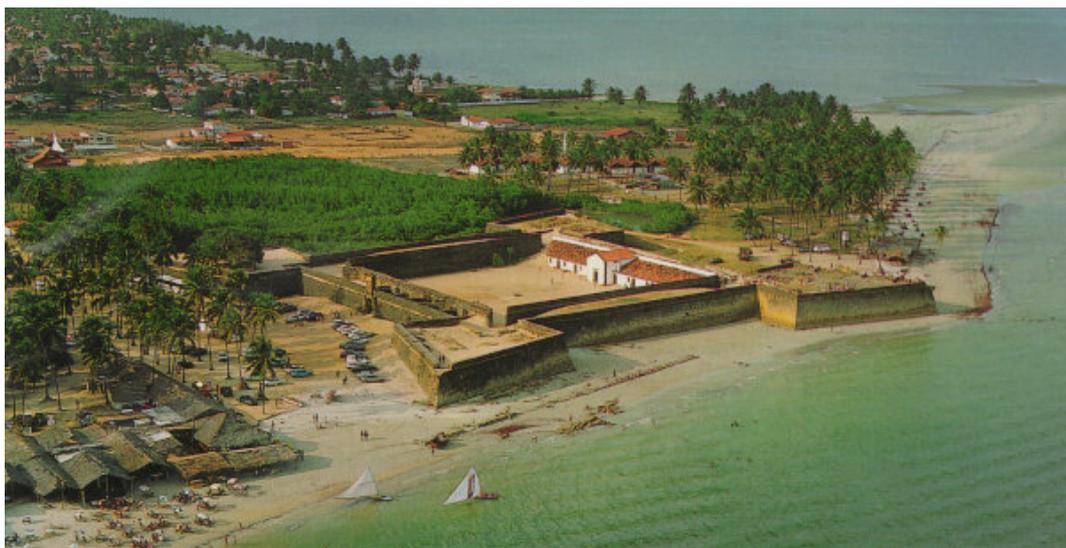
Segundo Teixeira (1991) uma conseqüência da formação da coroa do avião associada ao aterro de manguezais na margem direita do canal de Santa Cruz, foi a modificação na dinâmica das águas, decorrente do estreitamento do canal que a separa do continente, com um aumento das velocidades de fluxo e refluxo e conseqüente erosão vertical no canal e da praia à frente do forte Orange (foto 04).



*Foto 02 – Vista aérea da Coroa do Avião. Fonte: [www.metamundi.com.br](http://www.metamundi.com.br)*



*Foto 03 – Vista da “Coroa do Avião” a partir do forte Orange – Itamaracá – PE.  
Fonte: [www.frigoletto.com.br](http://www.frigoletto.com.br)*



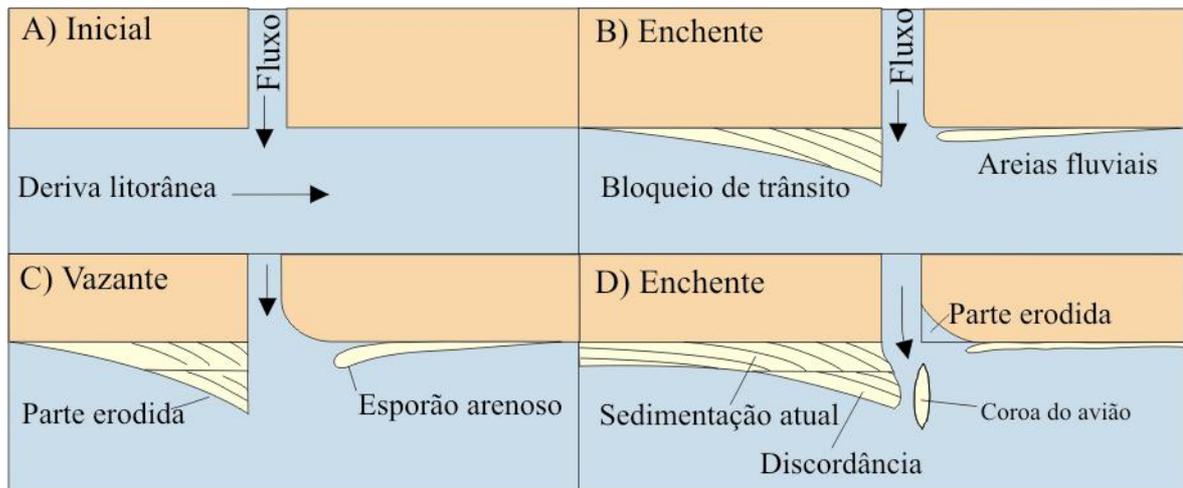
*Foto 04 – Vista aérea do Forte Orange localizado na desembocadura sul do Canal de Santa Cruz. Fonte: <http://www.helicoptercompany.com.br>*

### **3.7.1 - Características Hidrodinâmicas**

Segundo Lira (1975) a região possui uma dinâmica diferente das regiões vizinhas, ocasionado em função das pulsações periódicas do nível do mar, pelos rios que desembocam no Canal de Santa Cruz e nas áreas adjacentes e pela própria configuração da área. A área da desembocadura do rio apresenta uma hidrodinâmica complexa e conseqüentemente de grande mobilidade sedimentar na sua foz, assim como nas áreas adjacentes.

O “efeito molhe” gerado na foz do Canal de Santa Cruz é em parte responsável pela deposição e retenção de sedimentos provindos do sul em ampla área entre as desembocaduras dos dois canais de fluxo, chamado de zona de deposição atual, na qual se insere a “Coroa do Avião” (figura 04), onde observamos uma área de intensa sedimentação atual.

A formação de recifes próximo e paralelo à costa, mesmo apresentando falhas, contribuem em linhas gerais para o amortecimento das correntes de maré ao longo da costa (INPH, 1995).



*Figura 04 – Provável esquema evolutivo da formação da coroa do avião. Fonte: Suguio et al. ( 1985, modificado).*

## **CAPÍTULO 4 – MATERIAS E MÉTODOS**

Os métodos empregados nesta pesquisa seguiram técnicas convencionais e aplicadas em estudos similares, desenvolvidas no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) adequados aos objetivos do trabalho devido às disponibilidades para sua execução (figura 05).

### **4.1 – Pesquisa Bibliográfica e Cartográfica**

Inicialmente foi necessária a procura de um acervo bibliográfico disponível referentes à plataforma continental de Pernambuco, (relatórios técnicos, trabalhos científicos, publicações, mapas, etc.) para a fundamentação das bases teóricas e metodológicas. A carta que serviu de base para a maioria dos mapas que integram este trabalho, foi à carta de nucleação norte da FIDEM (2001), na escala de 1:20 000.

### **4.2 – Coleta de Amostras**

Foram realizadas três etapas de campo, com a finalidade de coletar sedimentos superficiais de fundo. A amostragem foi realizada com auxílio de um amostrador pontual do tipo Van Veen, com capacidade para cinco litros. Foi elaborada uma malha aleatória, em função da dificuldade para espacializar as amostras dentro da área (figura 06). Foram coletadas 69 amostras, sempre com uma profundidade inferior a 10 m, sendo posteriormente acondicionadas em sacos plásticos e etiquetados. Seus pontos foram todos georeferenciados, através do Sistema de Posicionamento Global - GPS (Garmin 12).



*Figura 05 – Fluxograma do método empregado para a análise granulométrica.*

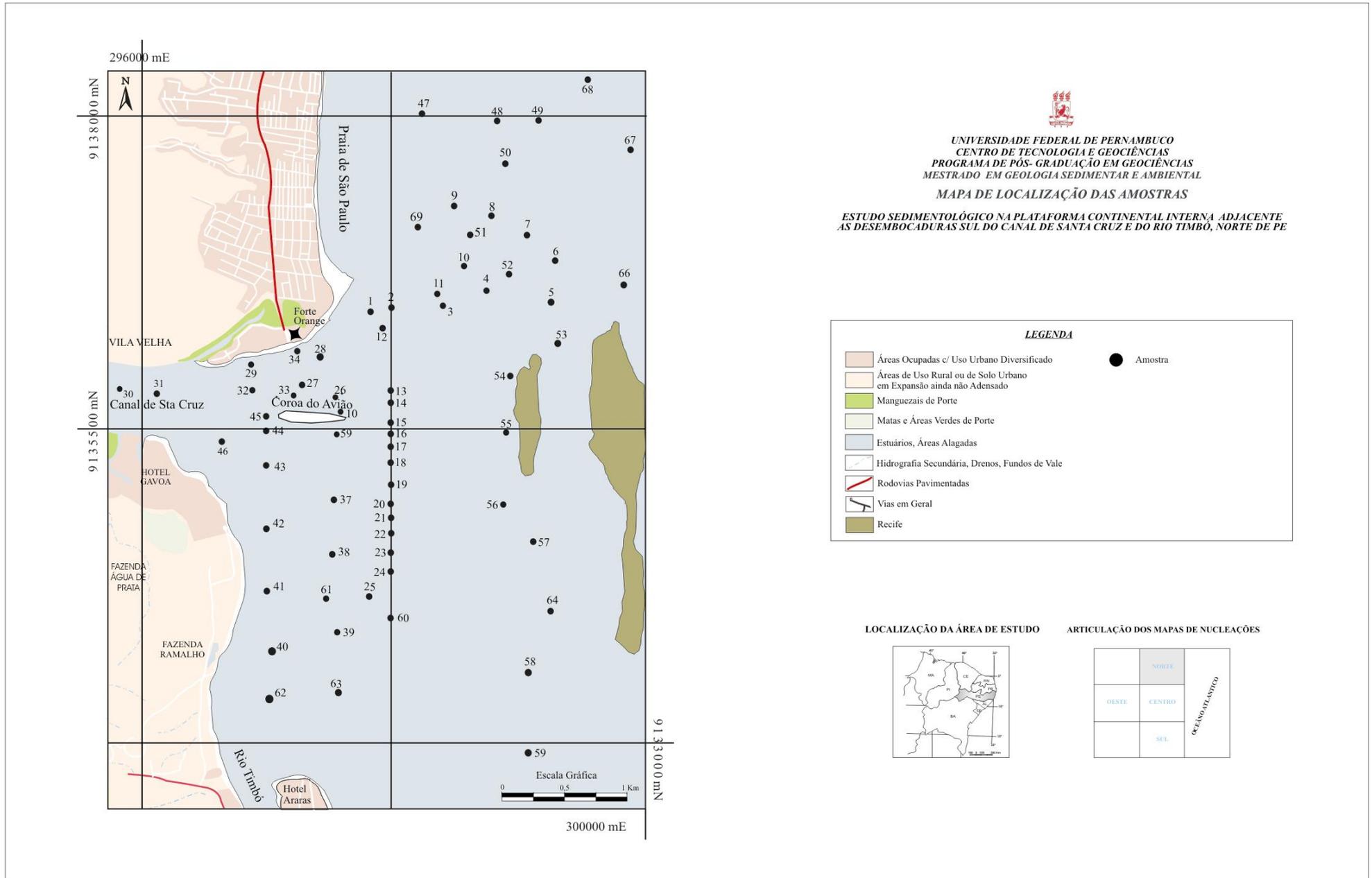


Figura 06 - Localização das amostras na área estudada.

### **4.3 – Trabalhos de Laboratório**

#### 4.3.1 – Análise Granulométrica

Em laboratório, as amostras foram estudadas segundo os métodos adotados pelo LGGM (Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha), baseado na metodologia de Suguio (1973). Inicialmente o material foi seco e depois colocado à estufa para secagem a uma temperatura de aproximadamente 60<sup>0</sup> C. Posteriormente foi quarteada e retirada 100 gramas para o peneiramento úmido utilizando as peneiras de 2mm e 0,062mm, separando assim as frações cascalho, areia e lama (silte e argila). As frações arenosa e cascalhosa foram pesadas, sendo a primeira para realização do peneiramento mecânico. Com a diferença entre as frações pesadas obteve-se a fração lamosa. Na peneiragem mecânica foi usado um agitador de peneiras (*rot-up*) durante 10 minutos com intervalo de um *phi* entre as frações (escala de *Udden-Wentworth*). As frações retidas em cada peneira foram pesadas em balança até a segunda casa decimal.

#### 4.3.2 – Análise Morfoscópica e Composicional

Foram escolhidas 43 amostras representativas, distribuídas por toda a área de estudo para a análise das propriedades morfoscópicas dos grãos (arredondamento, esfericidade e textura superficial). Este estudo foi realizado com ajuda de uma lupa trinocular sobre a amostra total e as frações de 1  $\phi$  (*phi*) e 2  $\phi$  (*phi*). Posteriormente foi realizada a separação de 100 grãos de cada amostra selecionada para determinação da sua composição.

### **4.4 – Trabalho de Gabinete**

Os dados resultantes das análises granulométricas são convertidos em informações numéricas ou gráficas que caracterizam as amostras analisadas e servem para descrições texturais, para comparações entre amostras, para o desenvolvimento ou teste de comportamento dos sedimentos durante o transporte e deposição, para interpretação das condições de gênese e para mapeamento das variações das características sedimentológicas (Ponzi, 1995). Os pesos de cada classe textural foram utilizados para o cálculo dos parâmetros estatísticos utilizados segundo *Folk e Ward* (1957). Para tal foi utilizado o programa *Sysgram*, que fornece os valores do diâmetro médio, desvio padrão, curtose e assimetria para cada

amostra. A obtenção das frações granulométricas permitiu a classificação das amostras segundo o diagrama de Shepard (1954).

Para caracterização das condições ambientais da área, principalmente as hidrodinâmicas ocorridas no ambiente deposicional foi realizada a análise discriminatória multivariada, segundo a metodologia de Sahu (1964), para as sessenta e nove amostras coletadas. Através da fórmula  $Y = 0,2852 Mz - 8,7604 \delta^2 - 4,8932 SK_1 + 0,004 Kg^*$ , foram conhecidas as influências marinho-raso ou fluvial dos sedimentos.

Com os dados da classificação textural, dos parâmetros estatísticos envolvidos e também da análise discriminatória multivariada, foram confeccionados mapas de isolinhas correspondentes às informações anteriormente citadas através do programa *Surfer* com o método de interpolação *Kriging*.

Com a finalidade de mostrar as características físicas, morfológicas e composicional dos sedimentos são apresentados gráficos de grau de esfericidade, arredondamento e percentual de quartzo e bioclásticos.

\* Mz = Diâmetro Médio  $\delta$  = Variância  $SK_1$  = Assimetria  $Kg$  = Curtose

## CAPÍTULO 5 – PLATAFORMA CONTINENTAL DE PERNAMBUCO

### 5.1. Aspectos Gerais

A origem da plataforma está diretamente relacionada a atividades erosivas e deposicionais, que por sua vez, estão correlacionadas a uma série de transgressões e regressões marinhas, ocorridas nas épocas de glaciação global (Chaves, 2000).

Caracteriza-se por apresentar largura reduzida, pouca profundidade, declive suave, águas relativamente quentes, além de elevada salinidade. Destaca-se também, por possuir uma importante produção ativa carbonática orgânica, que se traduz pelo grande desenvolvimento de fundo de algas calcárias, sendo quase inteiramente coberta por sedimentos biogênicos. Sua largura média é de aproximadamente 35 km e profundidade de quebra em torno de 50 a 60 m (Coutinho, 1995). É uma das poucas plataformas abertas e estáveis do mundo. Possui pequena quantidade de corais, comparada ao grande desenvolvimento de algas (Mabesoone & Coutinho, 1970). O crescimento de corais está restrito aos substratos litificados, representados pelas antigas linhas de praias ou estruturas de recifes algálicos. Outra característica é a ausência de oóides ou outras formas precipitantes de carbonatos (França, *et al.*, 1976).

### 5.2. Morfologia

Como província fisiográfica, a plataforma pernambucana pertence à morfologia da margem continental passiva, segundo Heeze & Menard (1966, in Manso, 1997), sendo definida como extensão submarina do bloco continental, apresentando-se mais ou menos plana e com mergulho desde a praia até uma acentuada mudança de gradiente, conhecida como borda ou ruptura de plataforma.

Coutinho (1976) baseando-se na morfologia e na distribuição dos tipos de sedimentos na plataforma do Nordeste, divide a mesma em três segmentos: plataforma interna corresponde à área entre a linha de praia e a isóbata de 20 m; plataforma média, situada entre as isóbatas de 20 e 40 m, com relevo bem mais irregular e a plataforma externa, a partir de 40 m até a borda (figura 07).

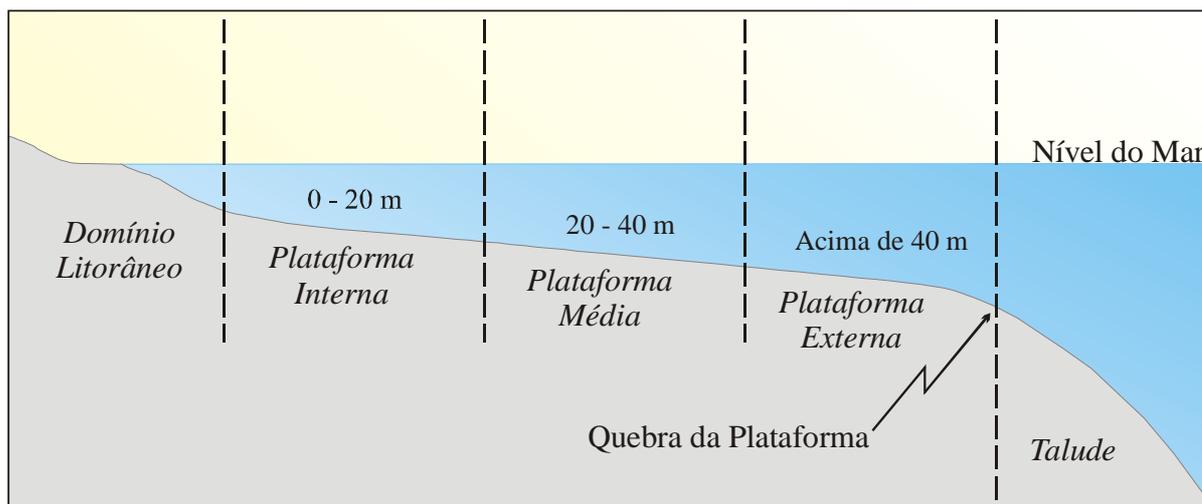


Figura 07 – Diagrama esquemático do perfil da plataforma continental do Nordeste. Fonte: Galloway e Hobday, 1983 in Chamley, 1990, modificado.

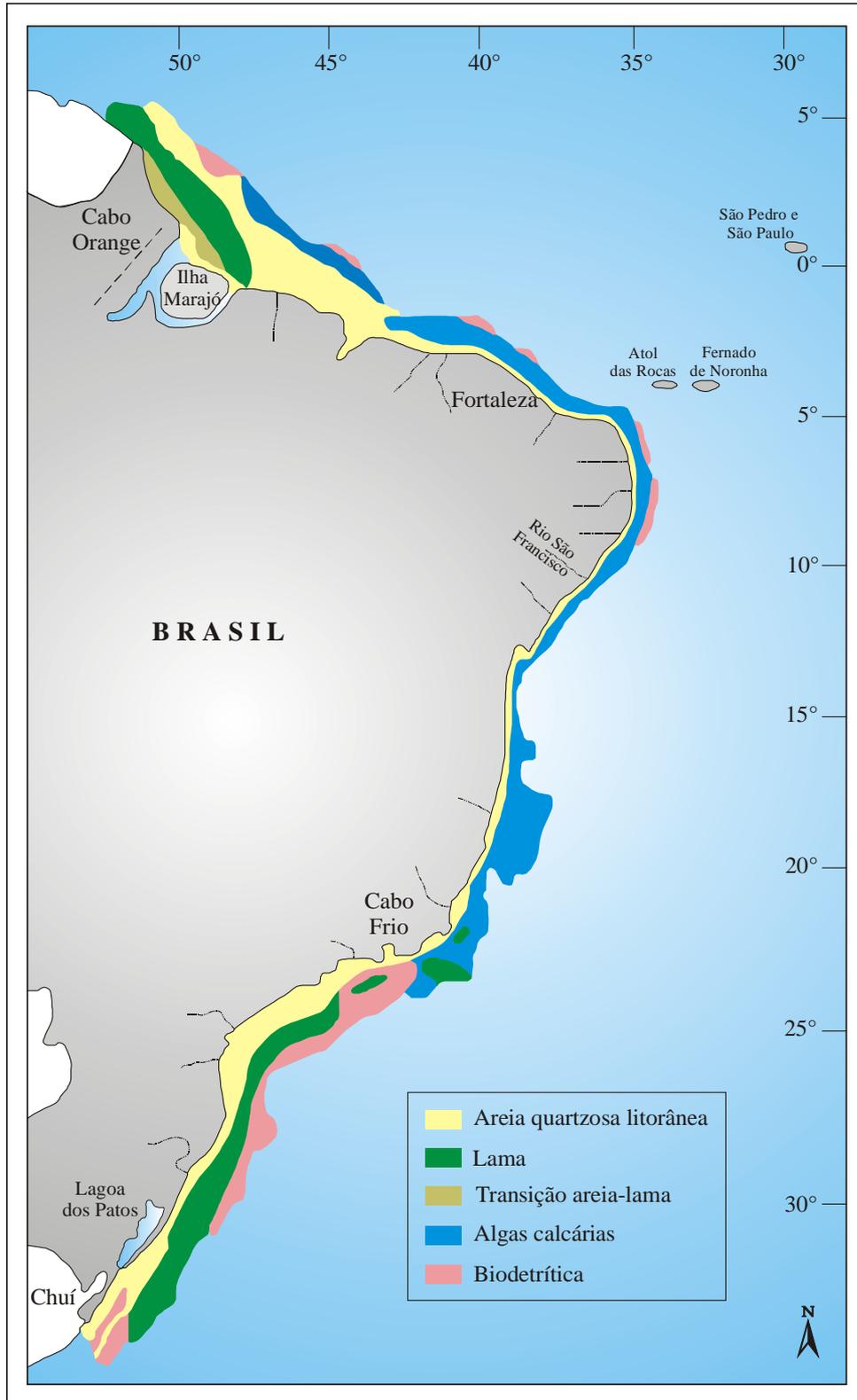
### 5.3. Composição dos Sedimentos

A composição dos sedimentos das plataformas continentais depende em parte, do material fornecido pelo continente, especialmente pelos rios e da contribuição organógena. A distribuição granulométrica destas partículas está intimamente relacionada a vários fatores, principalmente, condições hidrodinâmicas, relevo de fundo e fatores físicos e químicos (Coutinho, 1976).

O fato de a maior parte dos sedimentos encontrados nas plataformas modernas ser relíquia (Emery, 1968) sugere que o material transportado pelos rios não permanece na plataforma. A ausência relativa da sedimentação atual de material fino nas plataformas é o resultado da combinação de fatores representados pela retenção dos sedimentos finos nos estuários e pelo *by-passing* do material que é acumulado no talude ou regiões profundas e, ainda, pelo tempo relativamente curto da atual posição do nível do mar (Coutinho, 1981).

A fraca potência dos cursos d'água que drenam a região costeira, restringem a sedimentação terrígena ao domínio litorâneo, ao longo da plataforma interna e mais proeminente as áreas de influência dos rios (Mont'Alverne, 1984). Devido a esta falta de sedimentação terrígena atual, a fonte primária de sedimentos modernos para as plataformas atuais é o material carbonático. O conteúdo de carbonato de cálcio dos sedimentos das plataformas é inicialmente, função do fornecimento dos sedimentos terrígenos, e em segundo lugar da temperatura da água e da produtividade carbonática (Milliman, 1974).

Martins *et al* (1972) consideram quatro tipos distintos de regimes sedimentares para plataforma Atlântica Sul-Americana, enquadrando a plataforma continental de Pernambuco no modelo de plataformas com diminuto aporte de terrígenos e grande atividade orgânica. Segundo Coutinho (1996) a cobertura sedimentar da plataforma pernambucana está constituída por três tipos principais: fácies de areia quartzosa, fácies de algas calcárias e fácies biodetrítica (figura 08). Nesta distribuição, verifica-se um nítido limite entre as areias quartzosas terrígenas e os depósitos de algas calcárias coralinas que coincide, aproximadamente, com a isóbata de 20m, marcando assim a transição a plataforma interna e a média (Coutinho, 1981).



**Figura 08** – Mapa de distribuição de fácies na plataforma continental brasileira, segundo a classificação de Coutinho (1975). Fonte: Coutinho (1996, modificado).

## CAPÍTULO 6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plataformas continentais representam um mosaico de sedimentos, ou seja, uma variedade de depósitos terrígenos, biotróficos e originados por precipitação iônica. Em consequência desta diversidade de origens, estes sedimentos podem apresentar as mais variadas granulometrias.

### 6.1 – Distribuição Granulométrica

Através da análise granulométrica por peneiramento úmido de todas as amostras, obteve-se as seguintes frações: cascalho, areia e lama (tabela 03 – vide anexo I).

#### 6.1.1 – Fração Cascalho

Representa a fração grossa, com granulometria superior a 2mm (-1 $\phi$ ). Ocorre em toda a área em quantidades pequenas, quase sempre inferiores a 3% (figura 09). No entanto, nas proximidades do Canal de Santa Cruz, onde ocorre provavelmente um elevado índice energético, algumas amostras apresentaram proporções maiores do que 10%. É constituída basicamente por grande porcentagem de fragmentos de algas (*Halimeda*), além de conchas e pequena proporção de quartzo.

#### 6.1.2 – Fração Areia

Esta fração é dominante em toda a região estudada, com a maior parte das amostras apresentando valores superiores a 90% (figura 09). Possui tanto componentes terrígenos (principalmente quartzo) quanto bioclásticos (algas, foraminíferos, briozoários e outros) em diversas proporções.

#### 6.1.3 – Fração Lama (Silte/Argila)

Fazem parte desse grupo os sedimentos muito finos, ou seja, com granulometria inferior a 0,062mm (5 $\phi$ ). Foi observado que os teores de lama são muito baixos, com a maior parte das amostras apresentando proporções menores que 3%. Distribui-se praticamente em

toda a área, com uma maior concentração ao sul da Coroa do Avião, em local mais abrigado de ação de ondas e correntes onde podemos encontrar valores superiores a 9% (figura 09).

Segundo os dados de Lira (1975) estes depósitos lamosos são constituídos predominantemente de caulinita e pequena quantidade de ilita.

## **6.2 – Distribuição de fácies texturais**

A distribuição das amostras no diagrama de Shepard (1954) mostra a existência de duas classes (figura 10), segundo a nomenclatura do mesmo autor, sendo a maior parte (99%) das amostras classificadas como areia, existindo apenas uma amostra (1%), classificada como areia cascalhosa (figura 11).

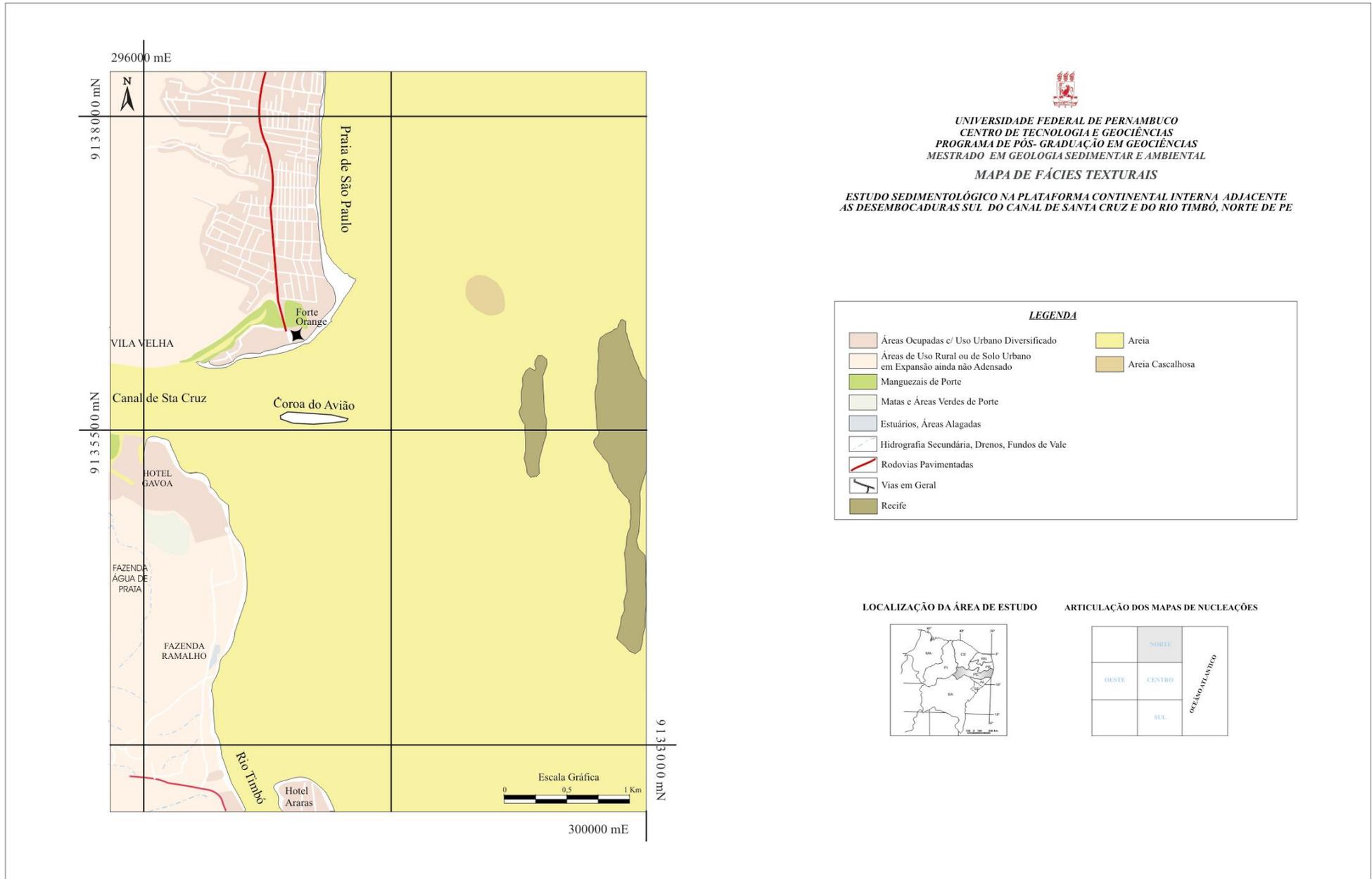
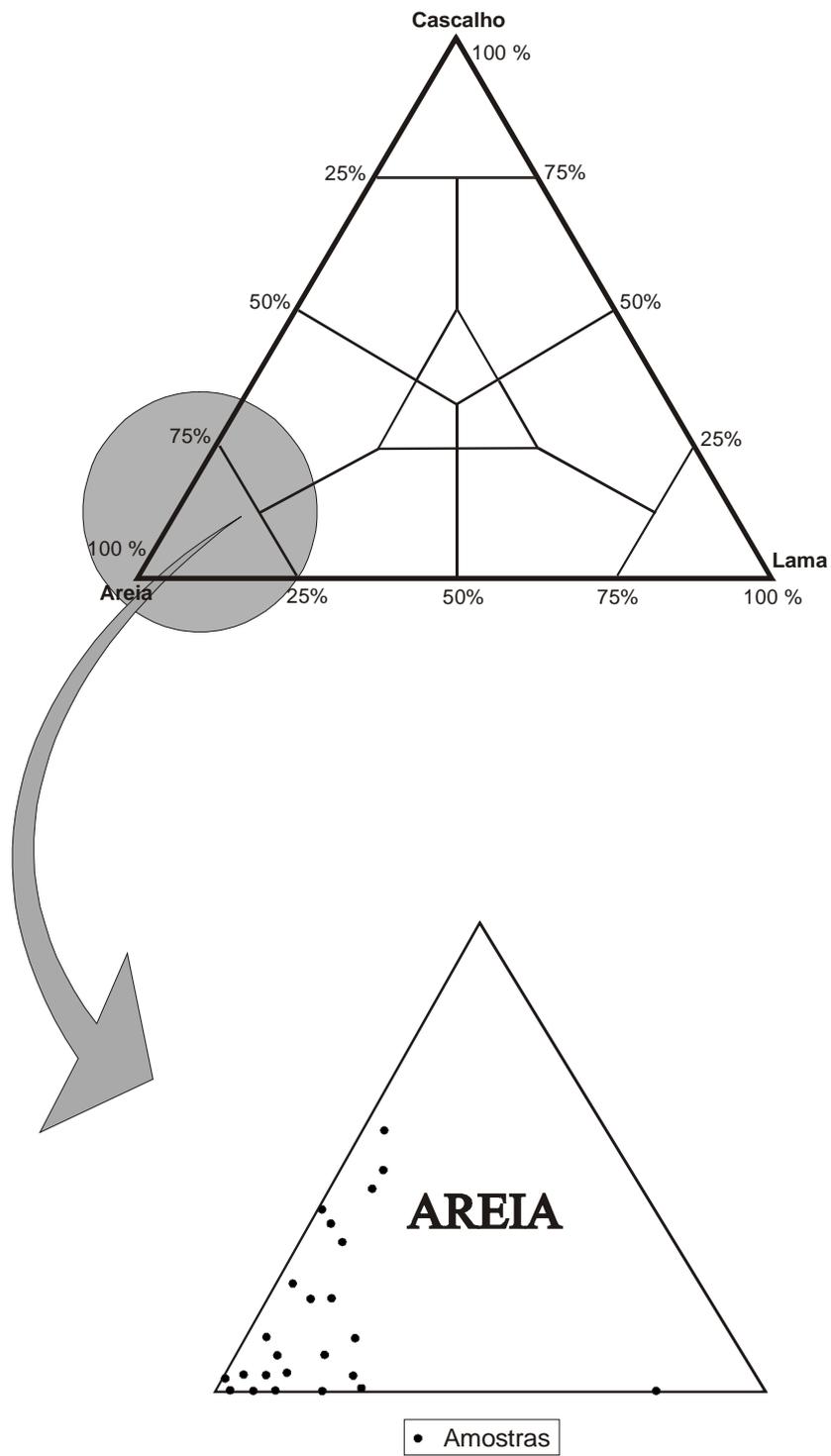


Figura 11 - Mapa de fácies texturais.



*Figura 10 – Diagrama triangular de Shepard (1954) com a representação das amostras coletadas na área de estudo.*

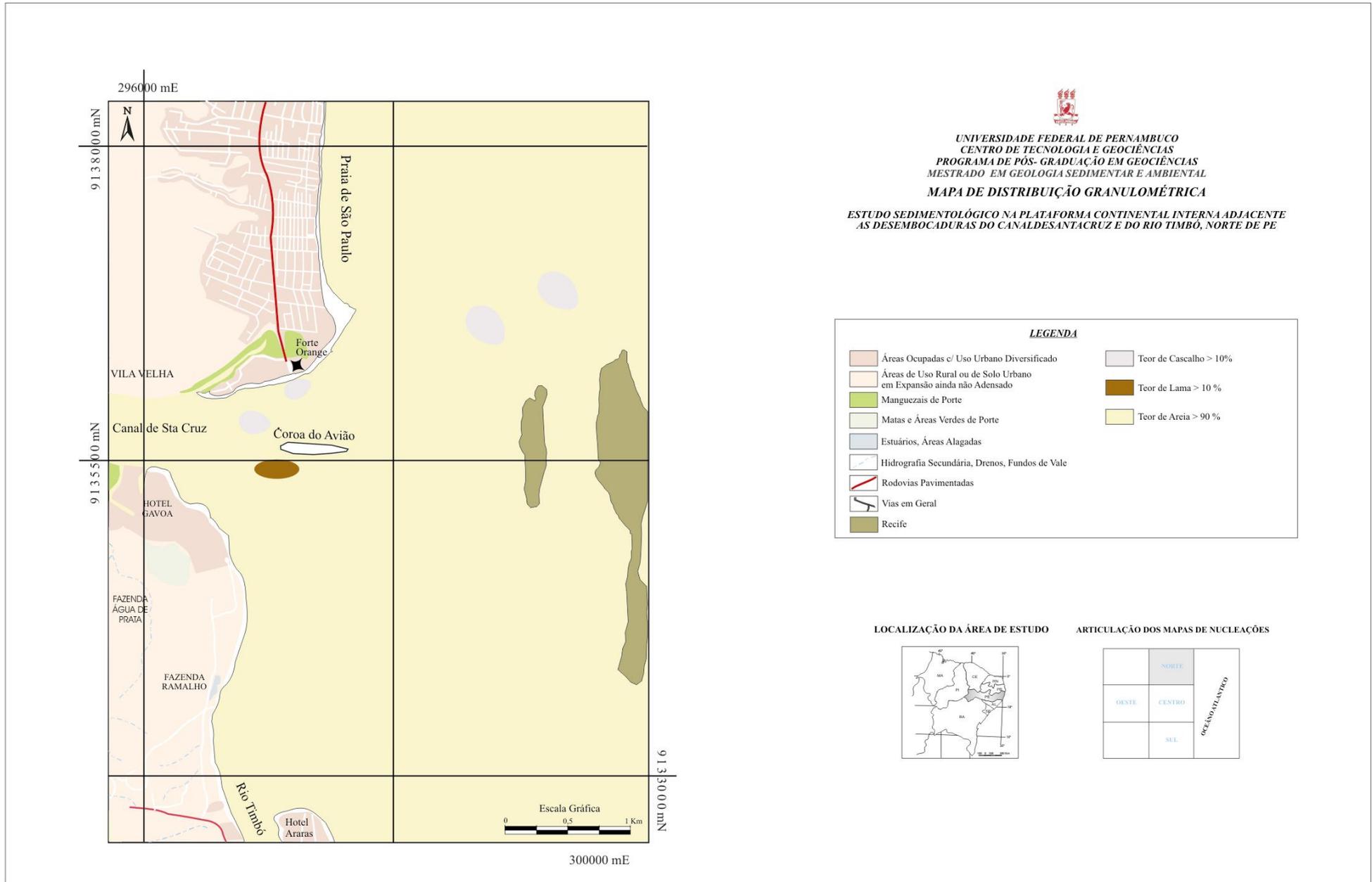


Figura 09 - Mapa de distribuição granulométrica.

### 6.3 – Variações nos Parâmetros Estatísticos

A determinação das propriedades físicas de tamanho dos sedimentos é fundamental no estudo da geologia sedimentar, tanto em termos de classificação dos depósitos sedimentares, como também para estabelecimento dos mecanismos dinâmicos atuantes durante a deposição, o transporte e a sua classificação (Correia, 1980).

As características sedimentares relativas ao tamanho do grão podem ser representadas graficamente, através de histogramas ou de curvas de frequência acumulada.

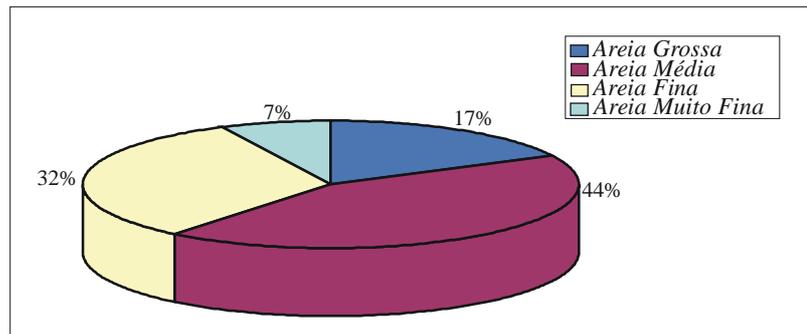
#### 6.3.1 - Variações no Diâmetro Médio

O diâmetro médio é sem dúvida o melhor parâmetro estatístico em sedimentologia. Do ponto de vista geológico ele reflete a média geral de tamanho de grãos, os quais são afetados pela fonte de suprimento de material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente (Manso, 1997). A granulação média pode ser útil na comparação das amostras coletadas segundo o sentido de transporte dos sedimentos ao longo de uma praia, através da interpretação de valores

médios em função da distância. O diâmetro médio pode ser usado também para inferir a direção da dispersão sedimentar, com a diminuição do tamanho do grão a partir da área fonte.

Segundo Sahu (1964) o tamanho médio representa a energia cinética média do agente de deposição, embora seja também dependente da distribuição de tamanho de grão dos materiais disponíveis na fonte. O tamanho do grão depende das características da rocha fonte, do processo de intemperismo, abrasão, e uma exclusiva seleção durante o transporte (Lewis & MacConchie, 1994).

A distribuição espacial do diâmetro médio do grão nas 69 amostras coletadas indicou a existência de quatro populações distintas na área, ou seja, areia grossa a cascalhosa, areia média, areia fina, areia muito fina (figura 12).



*Figura 12 – Percentual do diâmetro médio das areias.*

A população de areia grossa a cascalhosa ocorre como manchas isoladas em diversos locais da área, com maior expressão em frente à desembocadura do Canal de Santa Cruz (figura 13) e, mais a sul, nas proximidades da desembocadura do Rio Timbó. As areias média e fina prevalecem, sendo que a primeira concentra-se nas proximidades das desembocaduras, formando, entre o Canal de Santa Cruz e o Rio Timbó, um banco arenoso que se torna emerso com a baixa-mar. A fração areia muito fina está localizada na parte mais externa da área onde a hidrodinâmica (fluvial e marinha) é menor e onde ocorre uma área protegida pelos recifes.

Estes resultados indicam que a região estudada possui elevado nível energético, não favorecendo a deposição de material pelítico. Observamos também, que existe uma tendência à diminuição da granulometria em direção à plataforma média. Os locais onde foi observada uma maior concentração de areia grossa podem representar um paleo-canal.

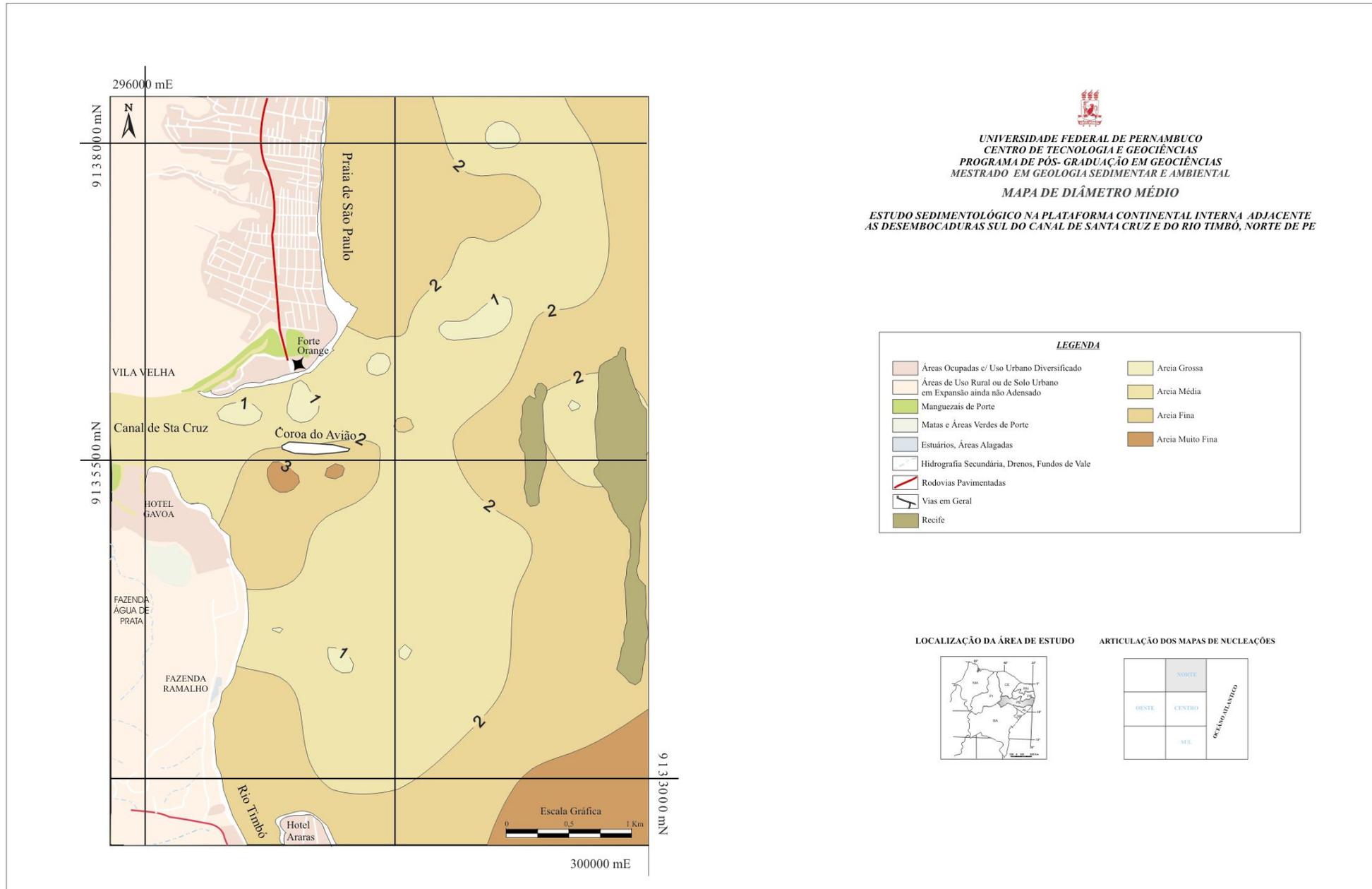


Figura 13 - Mapa de diâmetro médio.

### 6.3.2 - Variações do Desvio Padrão

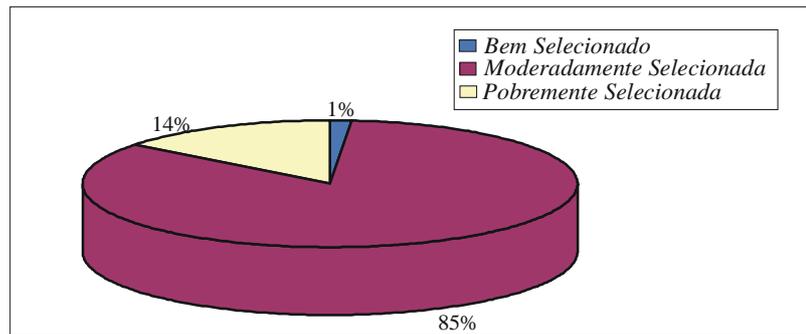
Do ponto de vista geológico, o desvio padrão significa a tendência de os grãos se distribuírem em torno de um determinado valor médio, ou seja, relaciona-se com a competência dos diferentes agentes geológicos em selecionar com maior, ou melhor, eficácia um determinado tamanho de grão. Um sedimento bem selecionado significa, um sedimento com pequena dispersão dos seus valores granulométricos (Toldo Junior, 1998).

Segundo Sahu (1964), o grau de selecionamento dos grãos nas amostras é um aspecto importante nas análises granulométricas dos sedimentos. O desvio padrão mede o nível de seleção dos sedimentos indicando as flutuações do nível energético, do agente responsável pela deposição e a capacidade de classificar os sedimentos. Entretanto é necessário que ocorra disponibilidade de diferentes tamanhos de grãos na deposição.

Alguns agentes geológicos são mais efetivos como agentes selecionadores, e isto pode se manifestar nos sedimentos de maior ou menor seleção das partículas em função das suas granulações. Na natureza ocorrem variados graus de dispersão em virtude das flutuações na velocidade das correntes, na forma dos grãos, na densidade dos grãos, etc. (Suguio, 1973).

De acordo com Russell (1939, in Suguio, 1973), a seleção pode se processar pela ação de três tipos de mecanismos diferentes: seleção local (durante a deposição), seleção progressiva (durante o transporte) ou ambas ao mesmo tempo. O terceiro caso é o mais comum, mas parece existirem sempre situações em que uma predomina sobre a outra.

Conforme os dados obtidos, verificamos na área a predominância de sedimentos com grau moderadamente selecionado compreendendo 85% das amostras, ou seja, com um relativo índice de selecionamento. Já os sedimentos pobremente selecionados, correspondem a 14 % do total (figura 14).



*Figura 14 – Percentual do grau de seleção das areias.*

O mapa de distribuição do desvio padrão (figura 15) mostra claramente que os sedimentos moderadamente selecionados estão distribuídos na maior parte da área onde a dinâmica marinha é mais intensa inibindo assim a deposição de material mais fino. Os sedimentos de classificação pobrememente selecionados localizam-se nas proximidades do Rio Timbó e em alguns pontos próximos ao Canal de Santa Cruz, indicando possivelmente uma dinâmica marinha menos intensa.

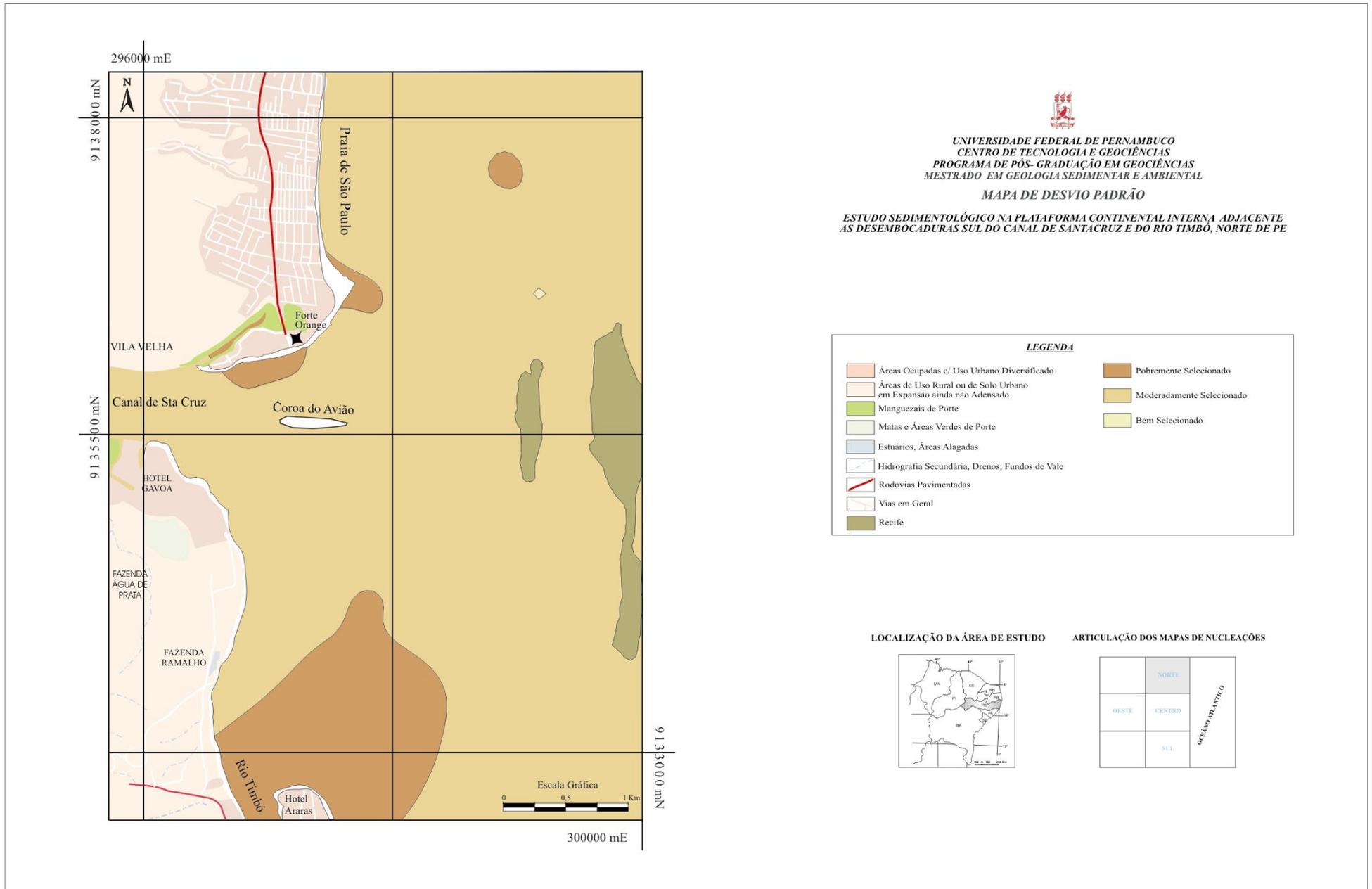


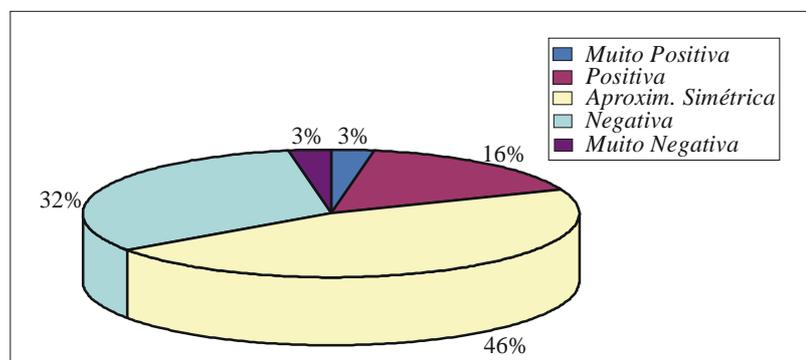
Figura 15 - Mapa de desvio padrão.

### 6.3.3 - Variações da Assimetria

De acordo com Suguio (1973) o grau de assimetria de um sedimento é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana. Em uma distribuição simétrica, o diâmetro médio e a mediana coincidem, e, portanto não há assimetria. A assimetria é controlada mais pelo processo deposicional do que por condições de transporte.

Os valores de assimetria são representados como negativos quando normalmente verifica-se um desvio tendente para o material mais grosso, e positivo quando há tendência de valores mais finos. Pode ocorrer também, o desenvolvimento de assimetria negativa pelo ingresso de uma fração mais grossa. Do mesmo modo, podemos ter o desenvolvimento da assimetria positiva por adição de finos. Este é um parâmetro estatístico utilizado para caracterizar ambientes de sedimentação, correlacionando ao regime ou nível energético atuante (Santos, 1998).

De acordo com os dados obtidos, observamos graus de assimetria variando de muito positivo a muito negativo (figura 16).



**Figura 16 – Percentual do grau de assimetria.**

Os sedimentos com valores assimétricos negativos a muito negativos (35% das amostras) distribuem-se na desembocadura do Canal de Santa Cruz, na parte norte e também mais ao sul na porção mais externa da área (figura 17). Segundo Martins (2003), valores negativos a muito negativos estão normalmente associados à ambiente costeiro. Estes valores caracterizam um ambiente de sedimentação relacionado a uma intensa hidrodinâmica capaz de retirar o material mais fino e o depositar em locais mais calmos. Os valores aproximadamente simétricos que correspondem a 46% das amostras, distribuem-se tanto para

norte quanto para sul da área. Uma ocorrência em frente ao Rio Timbó também é encontrada. São indicativos também de uma hidrodinâmica relativamente alta. Os sedimentos com assimetria positiva a muito positiva são menos freqüentes, (19% das amostras) ocorrem como manchas a norte do Canal de Santa Cruz e também ao sul, compreendendo a região adjacente ao Rio Timbó. Nestes locais a hidrodinâmica é mais baixa, do que nos casos anteriores. Possuem normalmente mais influência fluvial.

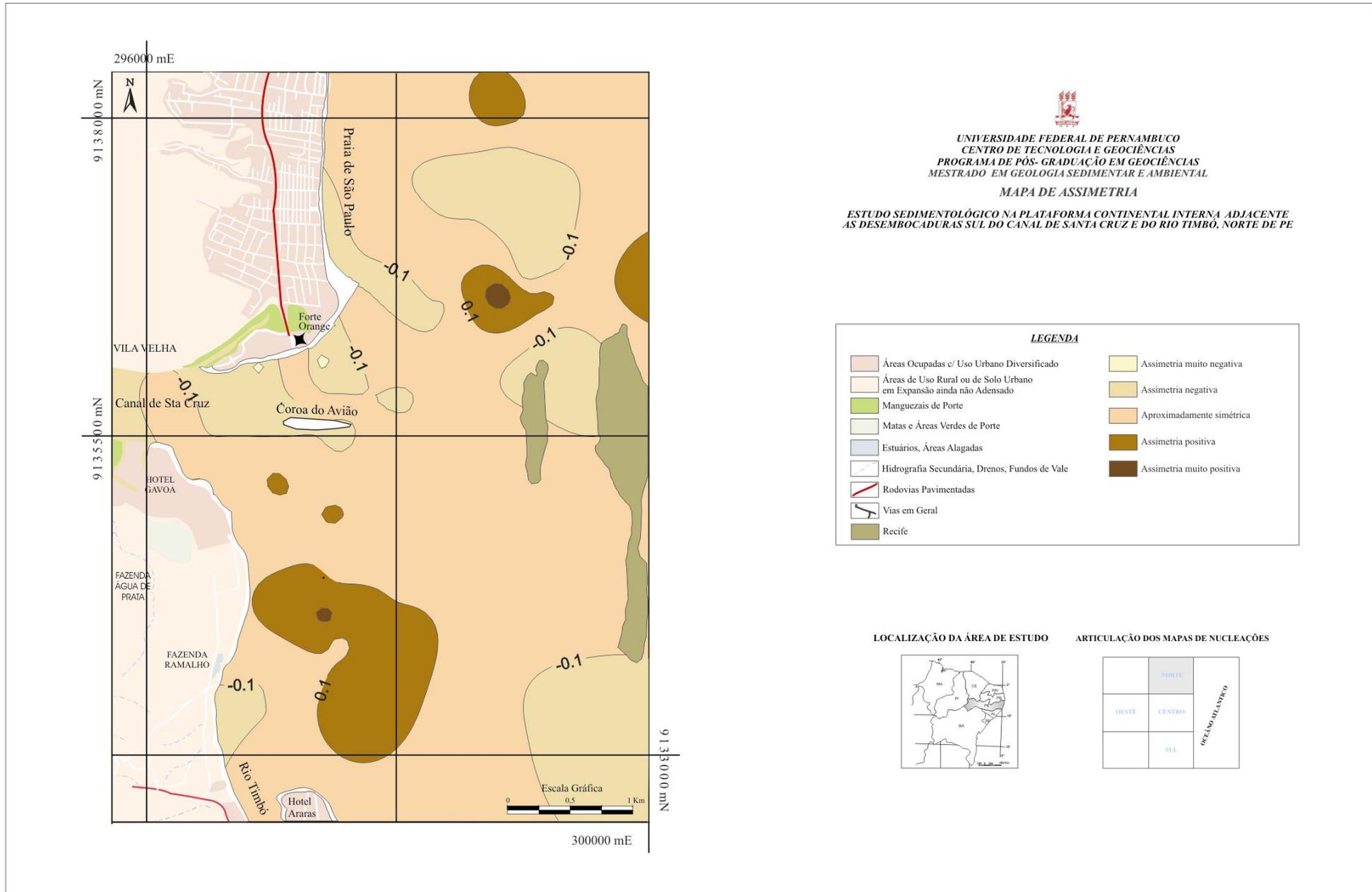


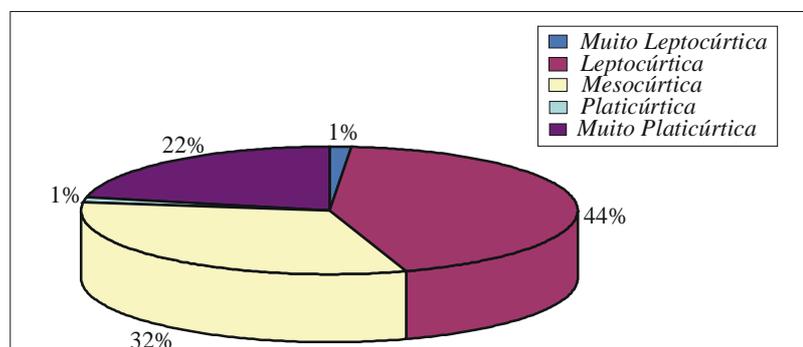
Figura 17 - Mapa de assimetria

#### 6.3.4 - Variações da Curtose

Segundo Folk e Ward (1957) a curtose mede a seleção dos extremos da distribuição com a seleção feita na parte central da amostragem, revelando desta forma os níveis em porcentagem da distribuição. A análise da variação da curtose permite determinar o grau de mistura de diferentes populações dentro de um mesmo ambiente sedimentar.

A curtose pode ser utilizada como parâmetro para diferenciação de ambientes, sugerindo que exista um processo agindo no sentido de alterar as caudas de distribuição. Ela mede o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência. As distribuições leptocúrticas representam sedimentos unimodais, ou seja, um sedimento relativamente bem selecionado na parte central da distribuição, representando um ambiente de maior movimento, enquanto as distribuições platicúrticas correspondem a sedimentos bimodais ou polimodais, ou seja, indicando baixa movimentação.

De acordo com as amostras analisadas verificamos a predominância de distribuições leptocúrticas a muito leptocúrticas (45%) e mesocúrticos (32%), enquanto as platicúrticas a muito platicúrticas representam apenas 23% do total (figura 18).



**Figura 18 – Percentual do grau de curtose.**

O mapa de curtose (figura 19) releva que as distribuições leptocúrticos à muito leptocúrtica e mesocúrtica, ocorrem de maneira mais expressiva na parte norte e sul da região estudada, indicando assim a dominância de um agente geológico atuante com alta energia. Os valores platicúrticos a muito platicúrticos representam pouca relevância na área, distribuindo-se principalmente nas proximidades do Canal de Santa Cruz, onde possivelmente há uma mistura maior entre as populações em função das distintas direções de fluxos atuantes.

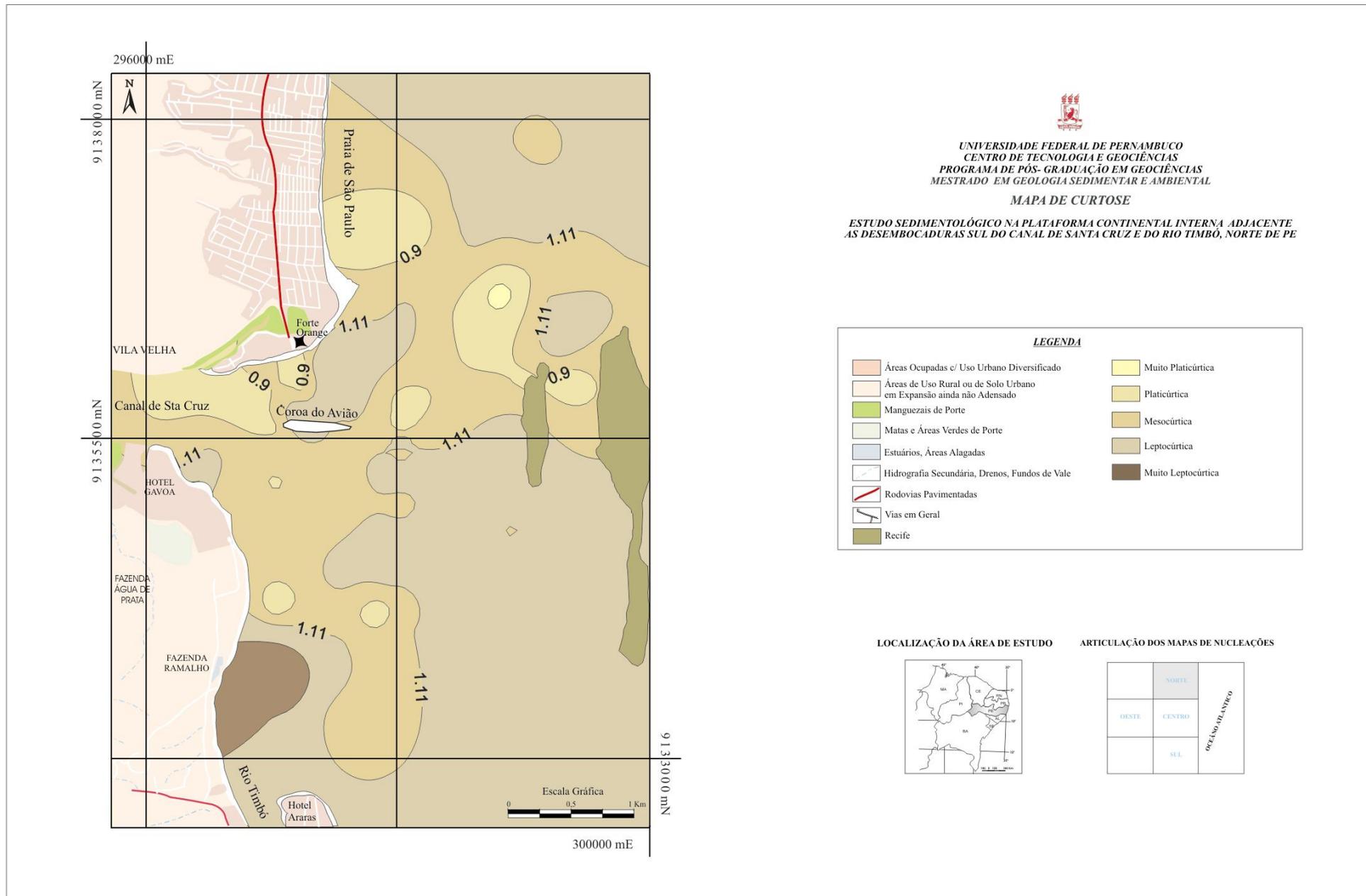


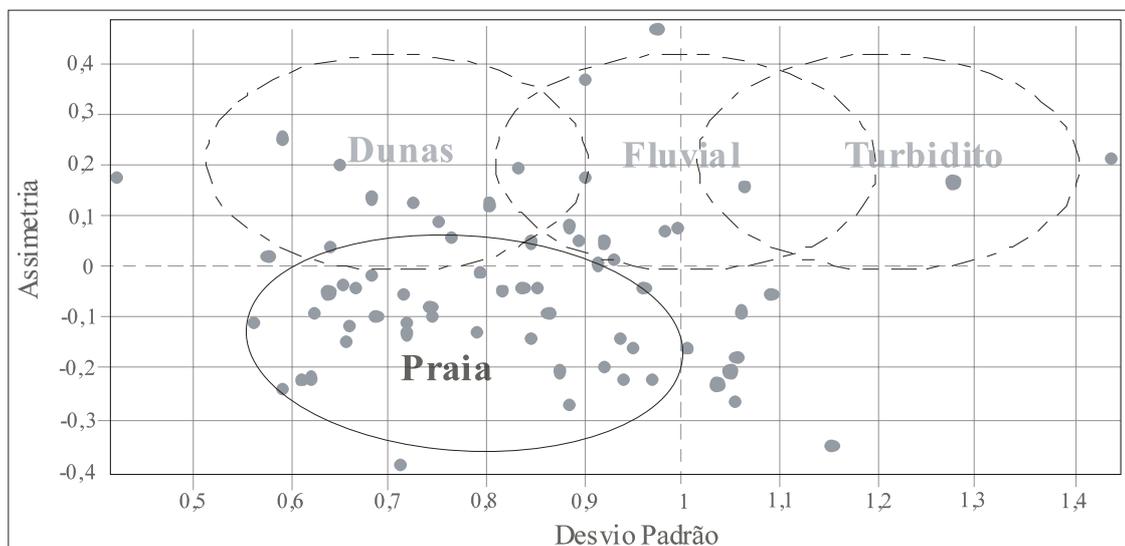
Figura 19 - Mapa de curvose.

## 6.4 - Relação entre os Parâmetros Estatísticos

Para uma melhor visualização do comportamento global dos parâmetros estatísticos que caracterizam as distribuições granulométricas dos sedimentos de fundo da área estudada, foram elaborados diagramas dispersos dos parâmetros estudados (média aritmética, desvio padrão, assimetria e curtose), porém, os resultados não mostraram-se satisfatórios. Apenas o diagrama desvio/assimetria será comentado.

### 6.4.1 – Desvio Padrão/Assimetria

Este diagrama de dispersão é normalmente construído fundamentalmente para distinção entre areias marinhas, dunares ou fluviais. Este método segundo Bjorlykke (1984 in Lewis & McConchie, 1994) utiliza campos aproximados para diferentes ambientes. Verificamos que a maioria das amostras estudadas são oriundas de depósitos costeiros ou praias (figura 20).



**Figura 20** – Diagrama de dispersão – assimetria/desvio padrão dos sedimentos da área estudada.

## 6.5 – Análise Discriminatória Multivariada

O método de análise discriminatória multivariada de sedimentos modernos, proposto por Sahu (1964), permite distinguir condições ambientais, partindo-se do pressuposto que as variações dos parâmetros estatísticos de um dado sedimento são concordantes com as variações sofridas pelo ambiente deposicional, tanto no tempo como no espaço (Jost, 1972). Pode também caracterizar as condições ambientais principalmente as hidrodinâmicas. Em outras palavras, quando um depósito inconsolidado, resultante da convergência de um grupo de fatores físicos, é submetido a um novo grupo de fatores físicos, ele mostrará tendência a adquirir uma distribuição granulométrica característica, pelo menos compatível com as novas condições.

O princípio básico da análise discriminatória multivariada proposta por Sahu (1964) parte das seguintes premissas: cada ambiente sedimentar pode ser considerado como caracterizado fisicamente por níveis energéticos peculiares; cada ambiente sedimentar tem flutuações de energia dentro de certos limites críticos, e estas podem variar no tempo e no espaço; a “fossilização” das características de energia de ambiente e suas flutuações está condicionada à disponibilidade de quantidades suficientes de material clástico de todas as granulometrias selecionáveis ao receberem o impacto das variações de energia do ambiente; cada ambiente tem nos caracteres texturais de seus depósitos um conjunto de elementos que reflete um intervalo de condições físicas, segundo o que, tendo um, é possível dar a ordem de grandeza do outro.

Conforme os valores obtidos (tabela 05 – vide anexo I), foi observado que a maior parte dos sedimentos depositados sobre a plataforma continental interna mostram influência marinho-raso. Já a influência fluvial é mais restrita, indicando assim que sua atuação na sedimentação atual da região é pequena, abrangendo alguns locais como o Canal de Santa Cruz até as imediações da Coroa do Avião e também no canal do Rio Timbó, prolongando-se mais a norte da área, devido a influência de um pequeno curso da água situado mais acima (figura 21). Também podemos encontrar uma considerável porção no setor norte da área.

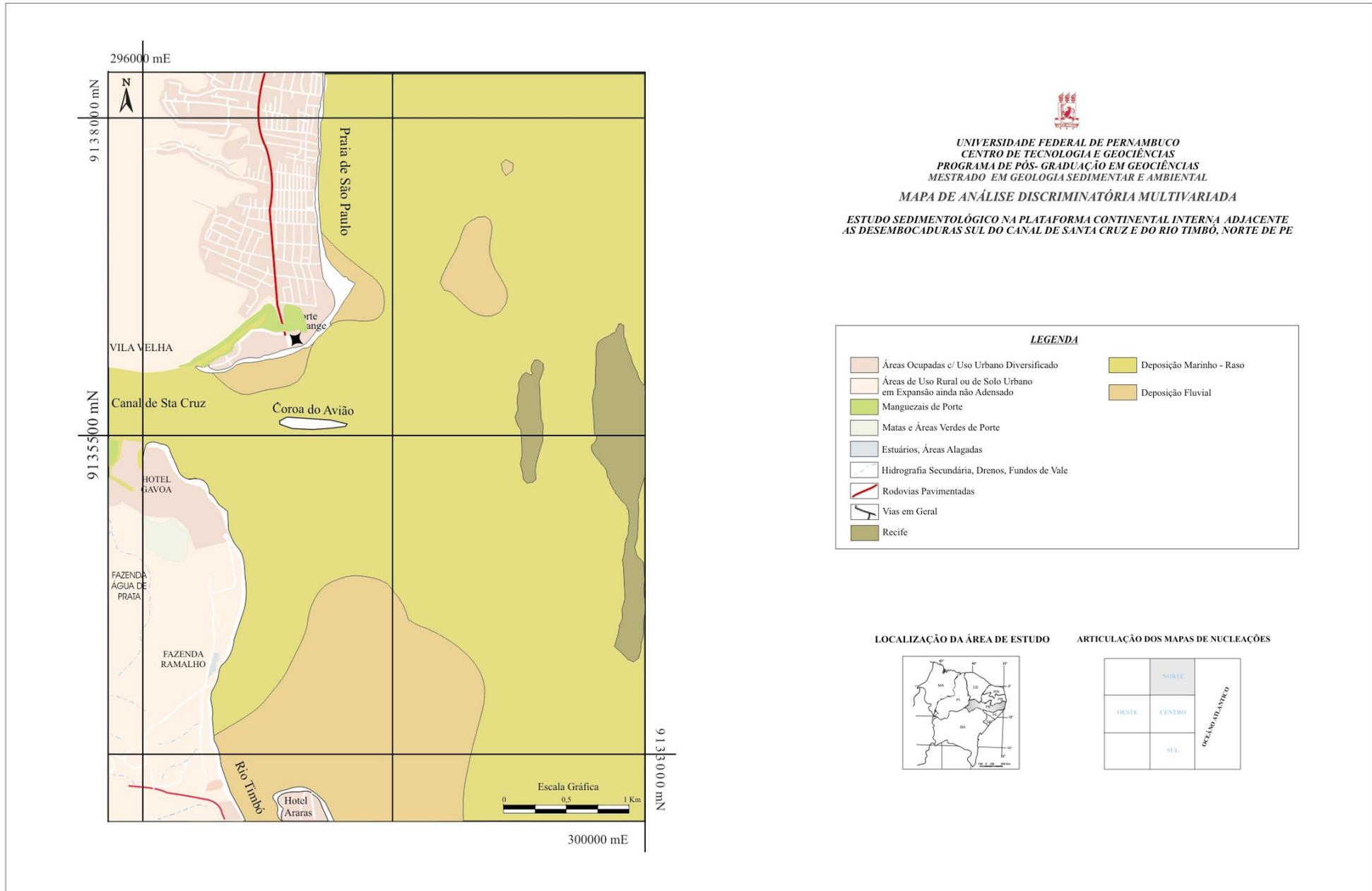


Figura 21 - Mapa de análise discriminatória multivariada.

## 6.6 – Análise Morfoscópica e Composicional

A análise morfoscópica é um método que se refere ao estudo das propriedades (forma, esfericidade e arredondamento) e a textura superficial (brilho e fosqueamento) das partículas sedimentares. Estas propriedades são ferramentas importantes no conhecimento dos processos responsáveis pelo transporte dos grãos.

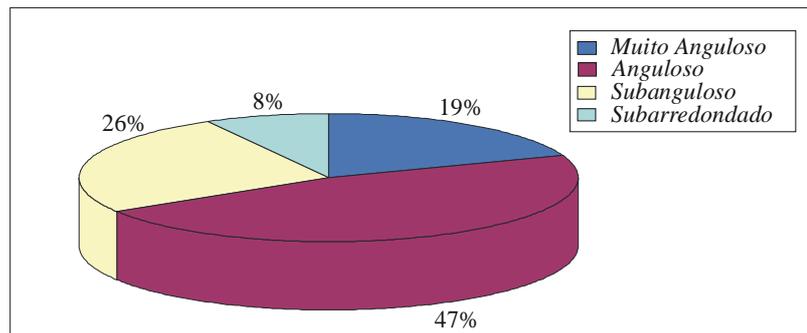
### 6.6.1 – Arredondamento

O exame do grau de arredondamento de uma partícula é realizado através da observação da presença ou não de angularidade na superfície externa do grão (Toldo Jr, 1998). O arredondamento indica um bom índice de maturidade de um sedimento. De uma maneira geral, o grau de arredondamento, aumenta com a duração do transporte e retrabalhamento. Normalmente, todas as classes granulométricas possuem o mesmo arredondamento quando os sedimentos não são derivados de sedimentos pré-existentes e onde o transporte ocorre por uma curta distância. Já os produtos de abrasão prolongada, por outro lado, mostram diferenças marcantes entre os graus de arredondamento das diferentes granulações, pois partículas maiores são mais bem arredondadas que os grãos menores (Suguio, 1973). A frequência de distribuição do arredondamento nas partículas sedimentares difere bastante em função das diferentes fontes sedimentares e dos processos abrasivos atuantes (Pyökäri, 1999).

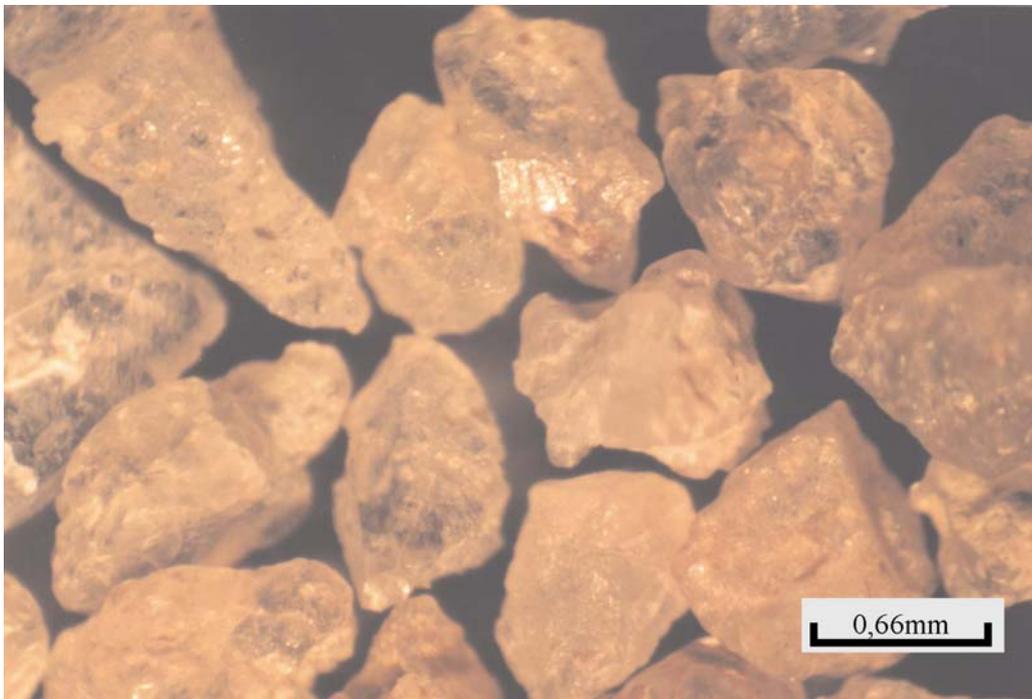
O arredondamento característico dos grãos pode ser herdado e uma intensa abrasão pode conduzi-lo ao fraturamento formando grãos angulosos (Tucker, 1991).

O arredondamento dos grãos detríticos nos sedimentos analisados varia de muito anguloso a subarredondado (figura 22). O arredondamento de partículas bioclásticas geralmente é muito melhor do que o das detríticas, em função da fragilidade do material constituinte ( $\text{CaCO}_3$ ). Porém, não consideramos neste trabalho esta característica pelo fato daquelas partículas já se encontrarem um tanto fragmentadas.

Os dados obtidos em diferentes pontos da área estudada (foto 05) apontaram uma predominância de grãos angulosos a muito angulosos (66%), nas frações mais finas ( $>3 \phi$ ), indicando assim uma intensa abrasão capaz de fraturar os grãos de quartzo maiores, que segundo Blatt (1970, in Mclane, 1995) não conseguem mais ficar bem arredondados e/ou um transporte pouco eficiente.

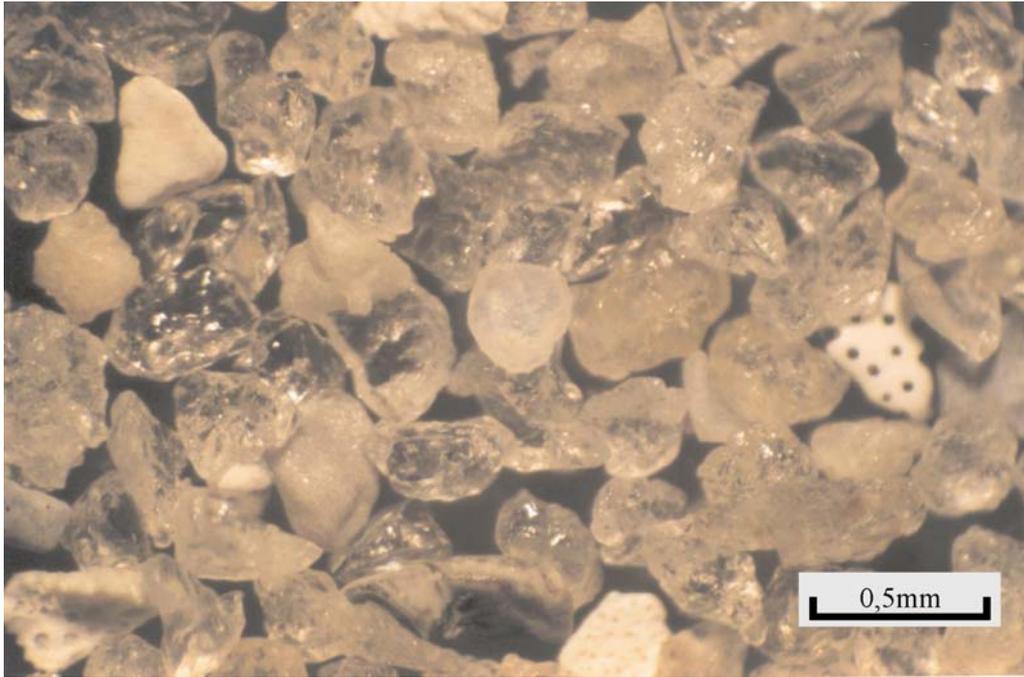


**Figura 22 – Percentual do grau de arredondamento dos grãos (amostra total).**



**Foto 05 – Grãos de quartzo angulosos (fração 1  $\phi$ ).**

A fração de 2  $\phi$  (0,25mm), apresenta um equilíbrio, ou seja, uma transição entre grãos angulosos e subarredondados (foto 06). Para os tamanhos de 1  $\phi$  (0,5mm), foi confirmado que a grande maioria é subanguloso a subarredondado.

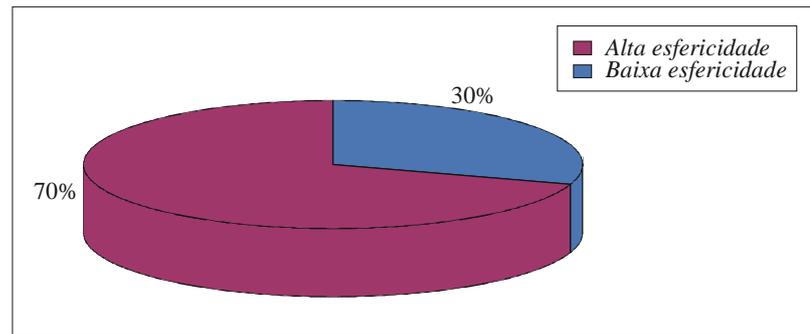


*Foto 06 – Grãos de quartzo subangulosos a subarredondados (fração 2  $\phi$ ).*

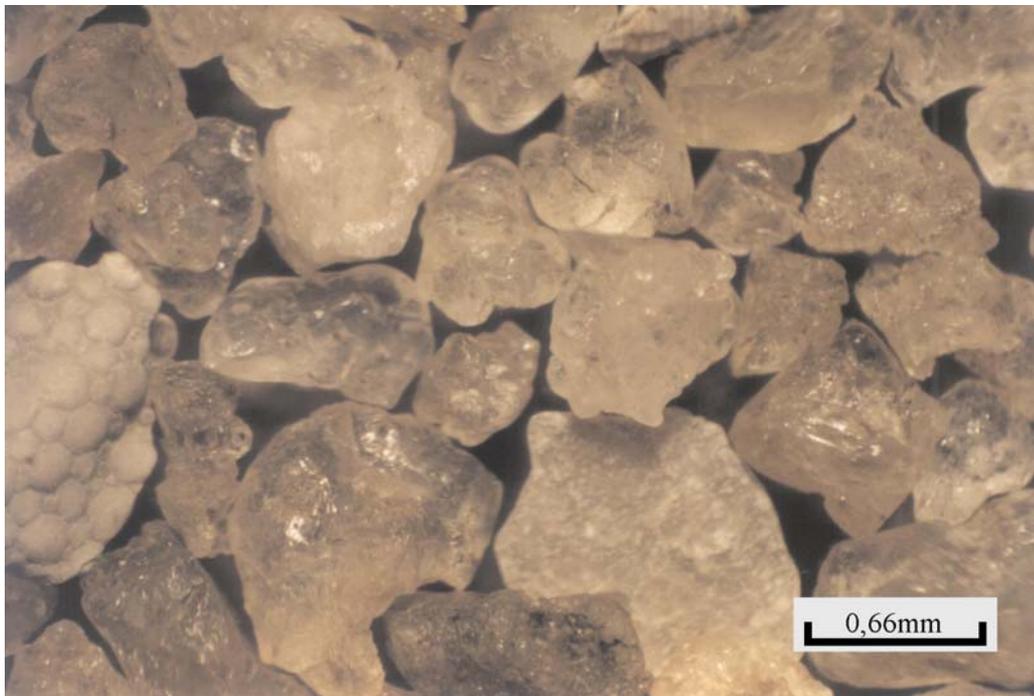
#### 6.6.2 – Esfericidade

É uma grandeza que expressa numericamente o grau de aproximação da forma de uma partícula tamanho areia com aquela de esfera perfeita. A esfericidade reflete as condições de deposição no momento da acumulação, embora em grau mais limitado seja modificada também pela abrasão. Embora a esfericidade seja menos significativa para relatar a abrasão dos sedimentos, é um importante fator na história do selecionamento granulométrico das partículas. (Suguio, 1973).

Verificamos que na maioria das amostras a alta esfericidade é predominante (figura 23 e foto 07) principalmente dos grãos maiores (1 e 2  $\phi$ ), comprovando a afirmação de Reineck & Singh (1980) em que os grãos de areia tornam-se mais esféricos com o aumento do desgaste e da quebra durante o transporte e que a esfericidade aumenta com o aumento do tamanho do grão.



*Figura 23 – Percentual do grau de esfericidade dos grãos nas amostras estudadas (amostra total).*



*Foto - 07 – Grãos quartzo com alta esfericidade (fração 1  $\phi$ ).*

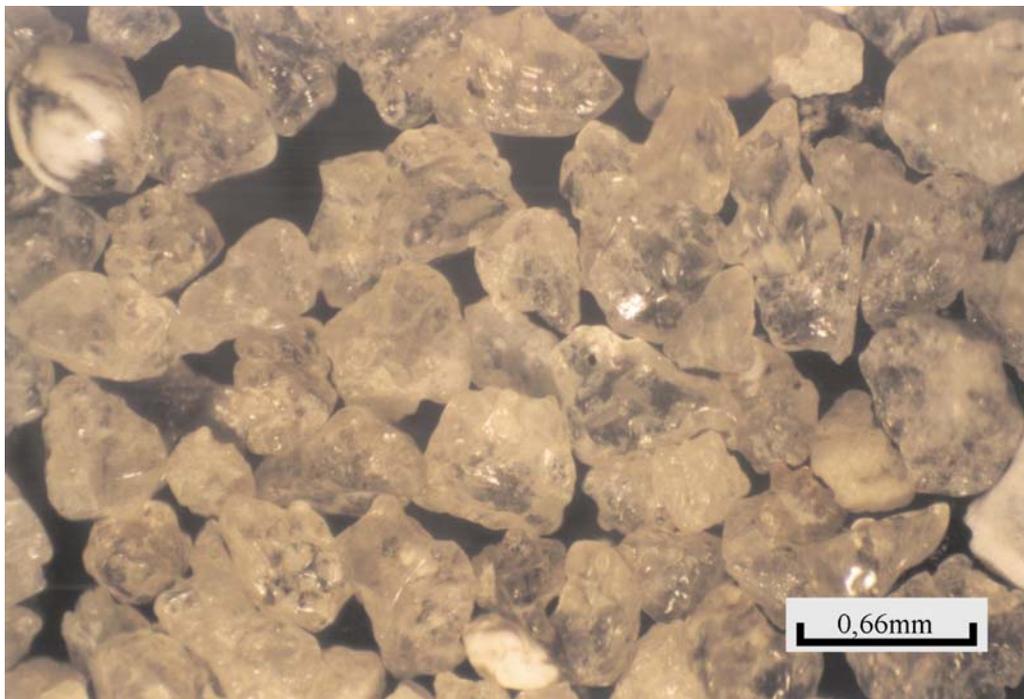
### 6.6.3 – Textura Superficial

Refere-se às feições na superfície dos grãos e que por serem tão pequenas, não afetam significativamente a forma dos mesmos (Mclane, 1995). É expressa pela ornamentação das faces dos grãos e pela presença ou ausência de brilho.

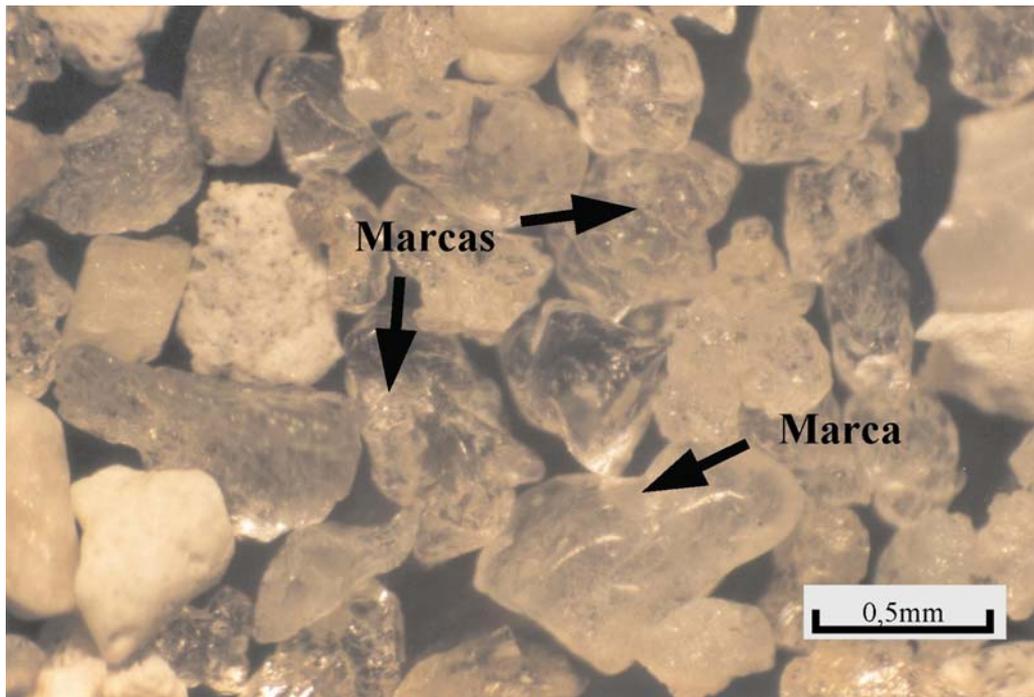
O estudo da textura superficial de areias atuais mostra que há características que são produzidas por mecanismos de transporte e que podem ser ambientalmente diagnosticados.

Os grãos de areia de praia/plataforma interna mostram pequenas marcas de percussão em forma de “V”, indicando um intenso processo de transporte (Tucker, 1991).

Com relação as areias estudadas, constatamos presença de brilho em praticamente todas as amostras, indicando que tais sedimentos são realmente retrabalhados em ambiente sub-aquoso (foto 08). Foram identificadas em grãos mais grossos, algumas feições que possivelmente representam marcas de percussão (foto 09) e que têm sido atribuído a fluxos de alta velocidade. Observamos ainda a presença de película de argila (foto 10) sobre os grãos de quartzo dando a falsa aparência de fosqueamento. Os grãos bioclásticos não apresentam indícios de dissolução nem tampouco oxidações.



*Foto 08 – Presença de brilho nos grãos de quartzo (fração 2  $\phi$ ).*



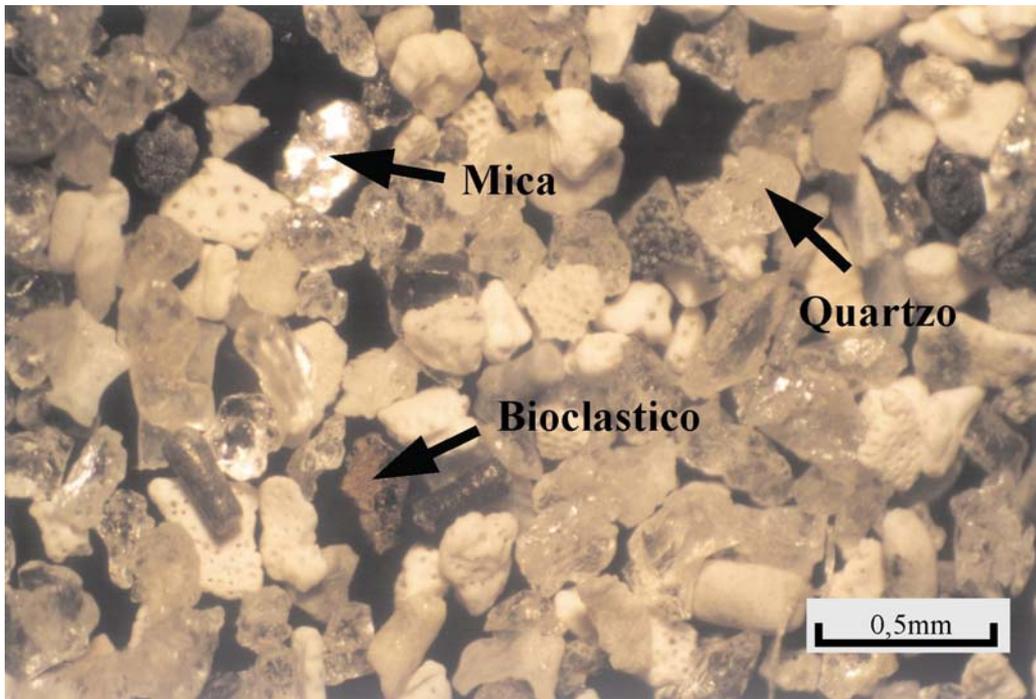
*Foto 09 – Presença de prováveis marcas de percussão observadas nos grãos de quartzo (fração 2  $\phi$ ).*



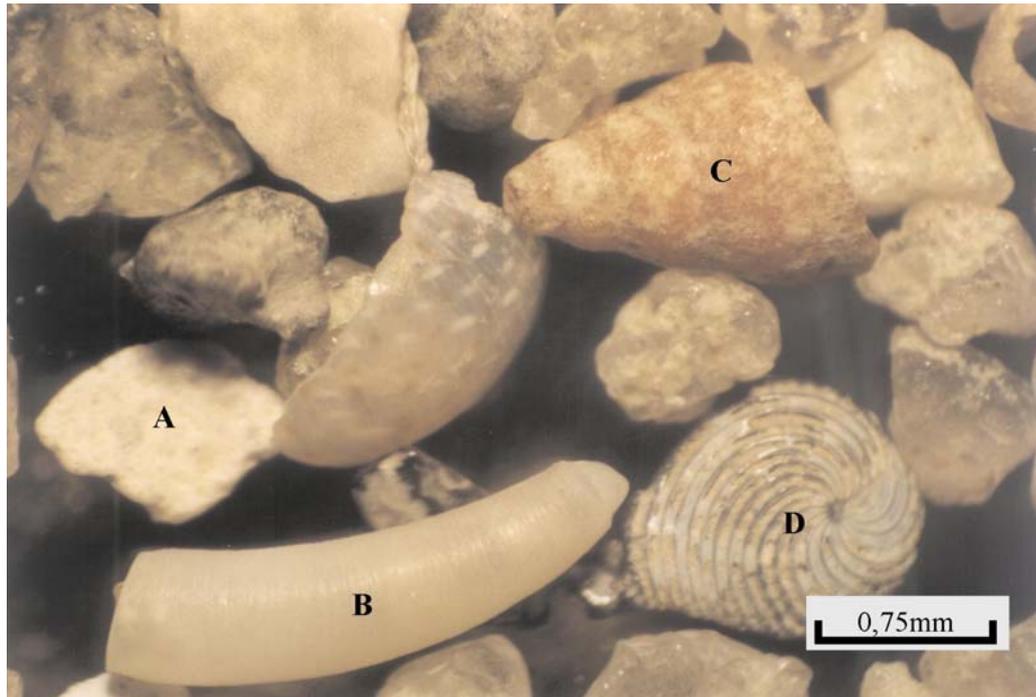
*Foto 10 – Presença de película de argila nos grãos de quartzo (fração 2  $\phi$ ).*

#### 6.6.4 – Composição dos grãos

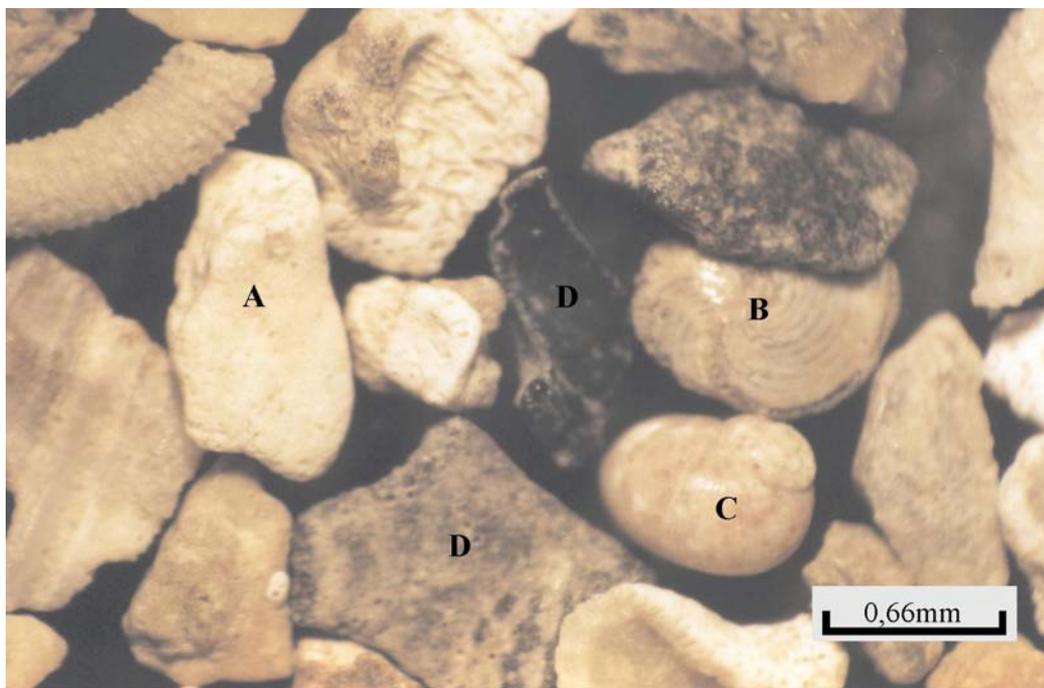
Verificamos a presença de dois tipos principais de componentes: os bioclásticos e os detríticos (foto 11). Os primeiros são constituídos basicamente por artigos de algas (*Halimeda*), conchas inteiras e fragmentos de gastrópodes, microgastrópodes, bivalves, microbivalves, foraminíferos, tubos de vermes e outros (fotos 12 e 13). Os detríticos são representados praticamente por quartzo, com baixíssimas quantidades de micas e alguns minerais acessórios (fotos 14 e 15).



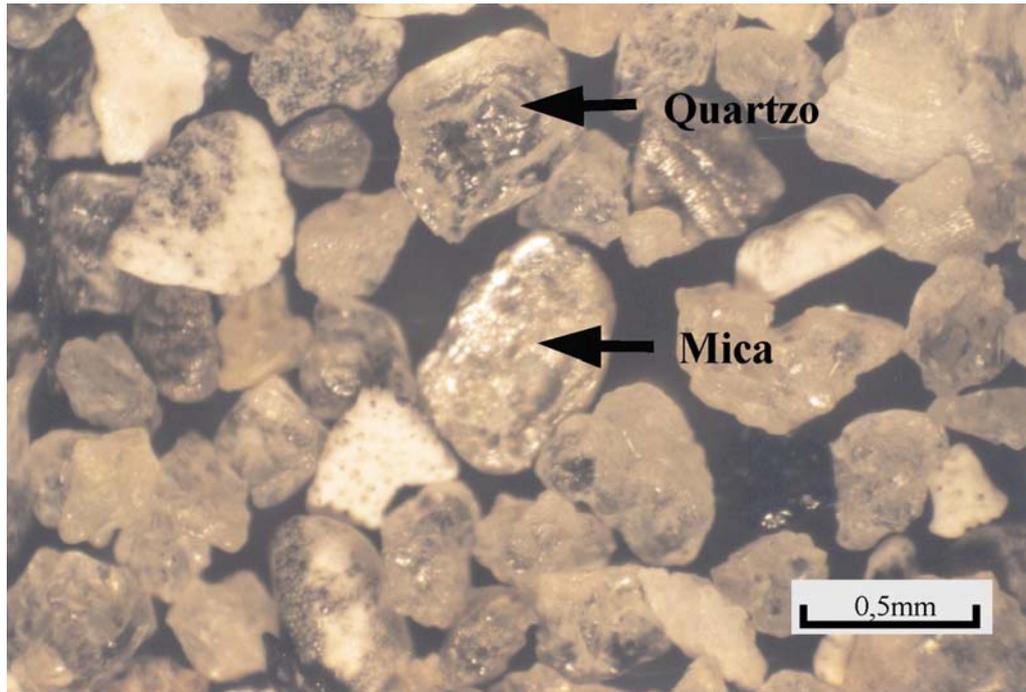
*Foto 11 – Presença de variadas proporções de grãos detríticos e bioclásticos (fração 3  $\phi$ ).*



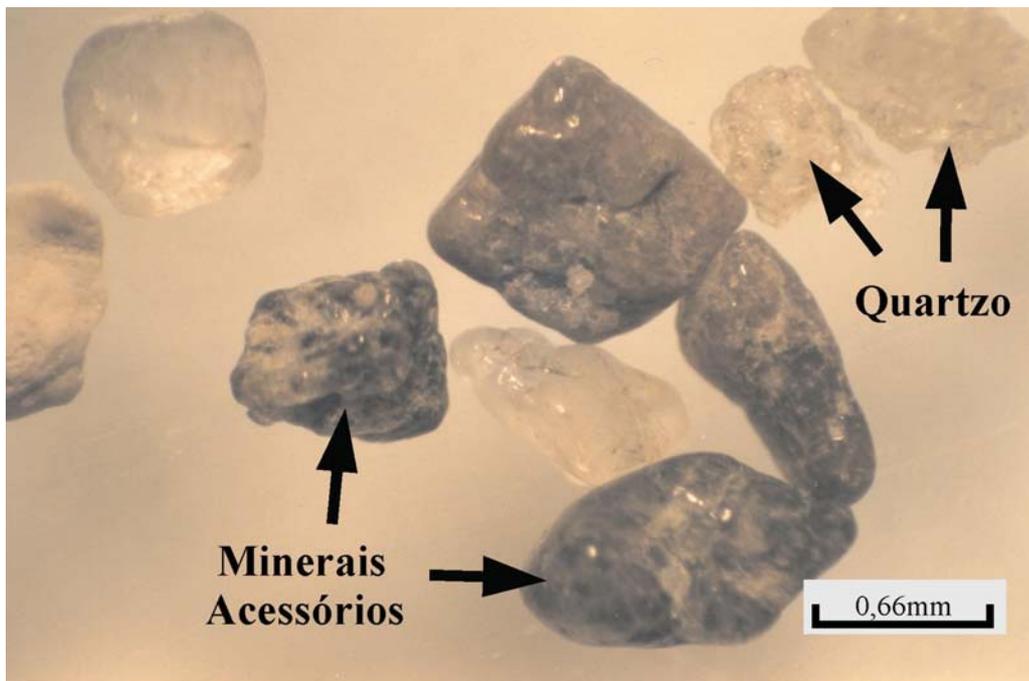
**Foto 12 – Grãos bioclásticos: artículos de *Halimeda* (A), tubo de verme (B) gastrópodes (C) e foraminífero (D) (fração 1  $\phi$ ).**



**Foto 13 – Grãos bioclásticos: artículo de *Halimeda* (A), foraminífero (B), gastrópode (C), fragmentos de algas (D) e outros (fração 2  $\phi$ ).**



*Foto 14 – Grãos detríticos de quartzo e mica (fração 2  $\phi$ ).*

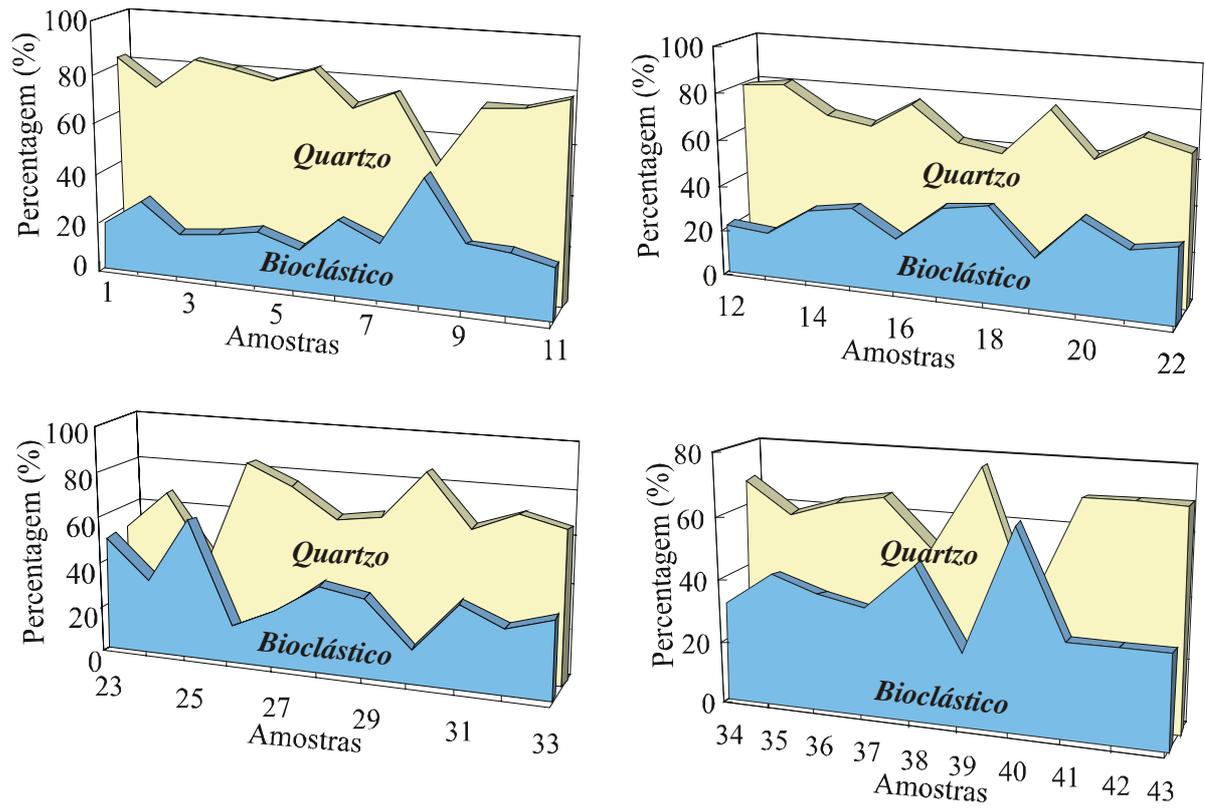


*Foto 15 – Grãos detríticos de quartzo e minerais acessórios (fração 1  $\phi$ ).*

As proporções entre os grupos nas amostras analisadas variam consideravelmente, em função da área onde estão localizadas. Entretanto, verificamos quase sempre a predominância dos grãos detríticos, como podemos visualizar na figura 23. Porém a quantidade de bioclásticos está associado principalmente a presença de recifes algálicos existente na região. Sua distribuição pode está relacionada com a influência de elementos terrígenos, condições de substrato, iluminação e a hidrodinâmica (Lira, 1975).

Os grãos bioclásticos apresentam cor predominantemente branco (95%). Subordinadamente observou-se pretos, amarelos e marrons. Segundo Leão & Machado (1989) a presença de grãos com cores variadas, ou combinações dessas cores, depende da história deposicional do sedimento e da estrutura do grão. Assim, a predominância de grãos brancos pode significar uma taxa de sedimentação muito rápida quando muito material novo foi adicionado ou uma taxa extremamente lenta quando todo o material, longamente exposto foi totalmente oxidado, e/ou a ausência de ferro. Um alto teor de grãos pretos indica uma alta taxa de bioturbação removendo os grãos escurecidos da camada redutora que deve estar muito próxima à superfície do sedimento e a predominância de grãos marrons pode indicar uma taxa de deposição lenta acompanhada de uma extensa, porém, não rápida, ação de bioturbadores que, trazendo à superfície os grãos pretos, estes são rapidamente oxidados.

Os grãos bioclásticos estudados são caracterizados pela presença de organismos pouco fragmentados e com coloração esbranquiçada dominante, evidenciando assim, um ambiente moderno.



*Figura 24 – Proporção entre grãos de quartzo e bioclásticos (amostra total).*

## CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O estudo sedimentológico na região estudada, constitui-se em mais uma contribuição para o conhecimento das características sedimentológicas da área, além de fornecer subsídios para futuros trabalhos sobre o tema em questão.

Foram confeccionados e analisados mapas de análise granulométrica, de fácies texturais, dos parâmetros estatísticos e da análise discriminatória multivariada com a finalidade de melhor conhecer e visualizar a área de estudo.

Foram identificadas duas fácies: areia e areia cascalhosa. A fácies areia é dominante e sua distribuição é controlada pela dinâmica tanto fluvial quanto marinha.

O diâmetro médio dos sedimentos encontrados na área de estudo varia de grossa à muito fina, existindo a predominância das areias média e finas. De maneira genérica, as areias médias são encontradas na parte mais proximal, enquanto as mais finas, na parte mais distal. A fácies areia é predominantemente quartzosa, possuindo variadas proporções de material bioclástico, proveniente do ambiente marinho raso.

Foi evidenciado a predominância de sedimentos moderadamente selecionados, com grau de assimetria aproximadamente simétricos. Estes valores caracterizam um ambiente de sedimentação ligado a uma intensa hidrodinâmica representada pela ação de ondas, correntes de maré, de deriva litorânea e fluviais, que retiram o material mais fino, e os depositam em locais mais calmos. A curtose apresenta a dominância de distribuição mesocúrticas e leptocúrticas, nos indicando a unimodalidade das amostras, ou seja, há uma predominância de uma população sobre as demais.

Com base na relação desvio padrão/assimetria, utilizada para distinguir a origem dos depósitos, verifica-se que grande parte dos sedimentos analisados são de origem costeira. Essas areias são possivelmente provenientes das áreas em erosão das praias ao sul do litoral do Município de Paulista.

A análise multivariada permitiu caracterizar as condições ambientais, principalmente hidrodinâmicas, ocorridas no ambiente deposicional, tendo sido reconhecidos os processos marinhos como os mais atuantes no sistema.

As análises morfoscópias apontaram uma predominância de grãos angulosos a muito angulosos (66%) na amostra total, enquanto nas frações  $2\phi$  são angulosos e subarredondados e as frações de  $1\phi$  varia de subangulosos a subarredondados.

Quanto a composição verificamos a presença de dois tipos de grãos: os bioclásticos e os detríticos. Os primeiros são constituídos principalmente por fragmentos de algas, fragmentos de conchas inteiras de gastrópodes, foraminíferos, bivalves e outros. Os detríticos são basicamente quartzo, com pequenas quantidades de micas e minerais acessórios. Os grãos bioclásticos são caracterizados pela presença de carapaças de organismos pouco fragmentadas e com coloração esbranquiçada, evidenciando um ambiente moderno.

Recomendações para futuros estudos realizados são feitas para um melhor entendimento dos processos atuantes nas desembocaduras e plataformas continentais internas:

- Obtenção de dados hidrodinâmicos, com maior periodicidade, visando conhecer sua influência no ambiente estudado.
- Medição das atuais taxas de sedimentação, para futuros prognósticos sobre seu estágio evolutivo.
- Levantamentos batimétricos com a finalidade de correlacionar a dinâmica dos sedimentos com a morfologia e profundidade do fundo.
- Amostragem mais detalhada, para uma melhor caracterização sedimentológica do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, R.F.; Lima, A.F.; Assis, H.M.B., Manso, V.A.V. 1990. *Estudo do comportamento da linha de costa entre as desembocaduras do rio Timbó e do Canal de Canal de Santa Cruz – Paulista*. In: Cong. Bras. Geologia., 36. Natal, 1990, Anais do Congresso. Natal, SBG v.2, 676-689p.
- Bittencourt, A.C.S.P. Martin.L., Villas Boas, G.S. *et al.*, 1979. *Quaternary marine formations of the coast of the state of Bahia (Brazil)*. In. International symposium on coastal evolution in the Quaternary. 1979, São Paulo (SP). 232-253p.
- Chamley, H. 1990. *Sedimentology*. Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg. 285p.
- Chaves, N.S. 2000. *Mecanismo de cimentação em sedimentos marinhos recentes, exemplo beachrocks do Litoral Pernambucano*. Rio Claro. UNESP. Tese de Doutorado, 236p.
- CONDEPE, 1982. *Estudos para controle ambiental nas áreas estuarinas de Pernambuco, Canal de Santa Cruz*. Recife: PER-CONDEPE. 133p.
- Correia, I.C.S, 1980. *Distribuição dos sedimentos modernos da plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina*. Pesquisas. 13:109-141.
- Costa, K.M.F., & Macêdo, S.J. 1987/89. *Estudo hidrológico do Rio Timbó (Pernambuco-Brasil)*. Trabs. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, 20 (1967-69) : 07-25.
- Costa R.S. & Alcântara Filho, P. 1987. *Contribuição ao conhecimento dos manguezais do nordeste do Brasil*. Coleção ESAM. v.5. 1-51p.
- Coutinho, P.N. 1976. *Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe*. UFPE, Recife. Centro de Tecnologia e Geociências. Tese Livre Docência, 112p.
- Coutinho, P.N. 1981. *Sedimentação na plataforma continental Alagoas – Sergipe*. Arq. Ciên. Mar, 21 (1/2): 1-18. Fortaleza – CE.
- Coutinho, P.N., 1995. *Sedimentos carbonáticos da plataforma continental brasileira*. Revista Geologia, Fortaleza. 65 – 73

- Coutinho, P.N. 1996. *Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos marinhos do Brasil*. Oceanografia Geológica. 68p.
- Coutinho, P.N., Manso, V.A.V., Lima Filho, M.F., Lima, A.T.O., Medeiros, A.B., Pedrosa, F.J., Martins, M.H.A., Chaves, N.S., Sampaio, A.S., LIRA, A.R.A., Menezes, M.C.B., & Brito, M.F., 1994. *Coastal Quaternary of Pernambuco*. Brazil. 14th International Sedimentological Congress. Atas..., Recife, Abstracts. D-31.
- Coutinho, P.N. & Morais, J.O., 1970. *Distribución de los sedimentos en la plataforma continental norte y nordeste Del Brasil*. Arq. Ciê. Mar, 10 (1) : 79-90 (Fortaleza, Ceará).
- Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. 1998. *Geomorfologia do Brasil*. Bertrand Brasil. 388p.
- Domingues, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P. e Martins, L. 1983. *O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ)*. Revista Brasileira de Geociências. 13(2).
- Dominguez, J.M.L., Bittencourt, A.C.S.P., Leão, Z.M.S.N., Azevedo, A.E.G. *Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco* (no prelo).
- Emery, K.O. 1968. *Relict Sediments on Continental Shelves of the World*, A.A.P.G. Bulletin, Tulsa, Okla. 52: 445-64.
- FIDEM, 1987. *Proteção dos mananciais*. Série de desenvolvimento urbanos e meio ambiente. Recife, 188p.
- FIDEM, 2001. *Carta de Nucleação Norte – Região Metropolitana do Recife*. Escala 1:20000.
- Frigoletto. Aulas de campo. Forte Orange – Itamaracá. Disponível em: <<http://www.frigoletto.com.br>>. Acesso em: 10 de maio de 2003.
- Folk, R.L & Ward.W.C., (1957). *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journal of Sedimentary Petrology. Tulsa, Okla., 27:3-27.
- França, A.M.C., Coutinho, P.N. & Summerhayes, C.P., 1976. *Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira*. Revista Brasileira de Geociências, (6):71-88.
- Hayes, M.O. 1979. *Barriers island morphology as a function of tidal and waves regime*. Leatherman, S.P. ed., Barrier island from the Gulf of Mexico. Academic Press. N.Y. pp. 1 – 27.

Helicopter Company Táxi Aéreo. Turismo. Forte Orange. Disponível em: <<http://www.helicoptercompany.com.br>>. Acesso em: 10 de maio de 2003.

INPH., 1995. *Estudos e projetos executivos de proteção costeira do litoral de Paulista – PE*. Rio de Janeiro. Relatório Técnico. 43p.

Kempf, M. 1970. *Plataforma Continental de Pernambuco (Brasil). Nota preliminar sobre a natureza do fundo*. Trabs. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, Recife, 9/11 (1967-69) : 111-124.

Kempf, M., Coutinho, P.N., Morais, J.O., 1970. *Plataforma Continental do Norte e Nordeste do Brasil. Nota preliminar sobre a natureza do fundo*. Trabs. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, Recife, 9/11 (1967-69) : 9-26.

Komar, P.D. 1973. *Computer models of delta growth due to sediment input from rivers and longshore transport*. Geol. Soc. Amen. Bulletin. 84: 2217-2226.

Jost, H. 1972. *Estudo sobre a análise discriminatória multivariada e sua aplicação a mecanismos deposicionais*. Pesquisas, 1: 37-42.

Laborel, J. 1965. *Note préliminaire sur les récifs de grés et les récifs de coraux dans le Nord-Est brésilien*. Bulletin 37, n. 53, p: 341-344.

Leal e Sá, T.L. 1998. *Levantamento Geológico-Geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa – PB*. UFPE, Recife. Centro de Tecnologia e Geociências. Dissertação de Mestrado, 127p.

Leão, Z.M.A.N & Machado, A.J. 1989. *Varição da cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais*. Revista Brasileira de Geociências, 19 (1):87-91.

Lewis, D.W. & McConchie, D. 1994. *Analytical Sedimentology*. Chapman & Hall. New York. 197p.

Licitação em Pernambuco. Pernambuco (conheça PE). Mapa Rodoviário de PE. Disponível em: <<http://www.licite.com.br>>. Acesso em: 26 de abril de 2003.

Lira, L. 1975. *Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarina adjacente a Ilha de Itamaracá – PE*. Porto Alegre. UFRGS/IG. Dissertação de Mestrado, 102p.

Mabesoone, J.M. 1964. *Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeast Brazil)*. Journal Sedimentary Petrology, 34: 715-726

- Mabesoone, J.M., & Coutinho, P.N., 1970. *Litorral and shallow marine geology of northern and northeastern Brazil*. Trabalhos Oceanográficos. Universidade Federal de Pernambuco, (7/8):151-186.
- Mabesoone, J.M. 1991. *Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e a parte do Rio Grande do Norte – Sedimentos do Grupo Paraíba*. Estudos Geológicos, Série B. Recife. vol. 10. p. 63-71.
- Mabesoone, J.M., & Alheiros, M. M., 1988. *Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba*. Ver. Bras. Geoc. 18: 476-821.
- Maclane, M. 1995. *Sedimentology*. Oxford University Press. New York. 423p.
- Manso, V.A.V., Lima Filho, M.F., A.T.O., Medeiros, A.B., Pedrosa, F.J., Martins, M.H.A., Menezes, M.O.B., Chaves, N.S., Kater, K., Coutinho, P.N., Lira, A.R.A. & Oliveira, L.A., 1992. *Macrozoneamento costeiro do litoral de Pernambuco – Folha Itamaracá (SB-25-Y-C-VII)*. Convênio LGGM-DEMI-UFPE/CPRH. Relatório Técnico. 45p + 4 mapas em anexo.
- Manso, V.A.V., Corrêa, I.C.S., Barros, C.E. e Baitelli, R., 1997. *Sedimentologia da Plataforma Continental entre Aracaju (SE) e Maceió (AL)*. An. Acad. Bras. Ciê., (1997) 69 (4) 505 -520.
- Manso, V.A.V. 1997. *Geologia da planície costeira e da plataforma continental interna adjacente da região entre Porto de Galinhas e Tamandaré – Litoral Sul de Pernambuco*. Porto Alegre. UFRGS/IG. Tese de Doutorado, 171p.
- Maria Farinha. Fotos. Disponível em: <<http://www.mariafarinha.com.br>>. Acesso em: 10 de maio de 2003.
- Martins, L.R., Urien, C., & Butler, L.W. (1972) *Províncias fisiográficas e sedimentos da margem continental atlântica da América do Sul*. Anais XXVI Congresso Sociedade Brasileira de Geologia., v.2, 105-114.
- Martins, M.H.A. 1997. *Caracterização morfológica e vulnerabilidade do Litoral da Ilha de Itamaracá – PE*. UFPE, Recife. Centro de Tecnologia e Geociências. Dissertação de Mestrado, 108p.
- Martins, L.R. 2003. *Recent Sediments and Grain-Size Analysis*. Gravel, 1: 90-105.
- Metamundi On Line. Litoral Norte. Coroa do Avião. Foto: Startes Consultoria Fotográfica. Disponível em: <<http://www.metamundi.com.br>>. Acesso em: 10 de maio de 2003.

- Milliman, J.D. 1974. *Marine Carbonate*. Springer – Verlag. New York.. 375p
- Mont'Alverne, A.A.F. 1982. *Estudo dos calcários na plataforma continental de Pernambuco*. UFPE, Recife. Centro de Tecnologia e Geociências. Dissertação de Mestrado, 196p.
- Mont'Alverne, A.A.F. 1984. *Sedimentos na Plataforma Continental de Pernambuco – Trecho Candeias/Pontas de Pedras*. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro. v. 4, 1577-1588.
- Morais, J.O, 1970. *Contribuição ao estudo dos “beach rocks” do Nordeste do Brasil*. Trabs. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, Recife, 9/11 (1967-69) : 79-94.
- Neto, F.F.P. 1998. *Variação Nictemeral e sazonal do zooplâncton no Canal de Santa Cruz – Itamaracá-PE*. UFPE, Recife. Depto de Oceanografia. Dissertação de Mestrado, 146p.
- Nimer, E. 1979. *Pluviometria e Recursos Hídricos dos Estados de Pernambuco e Paraíba*. IBGE, Rio de Janeiro, 128p.
- Ponzi, V.R.A. 1995. *Métodos de análises sedimentológicas de amostras marinhas. Representação de resultados através de Gráficos e Mapas*. UFF. Notas de Aula. 52p.
- Pye, K. 1994. *Sediment transport and depositional processes*. Blackwell Science. 397p.
- Pyökäri, M. 1999. *Beach Sediments of Crete: Texture, Composition, Roundness, Source and Transport*. Journal of Coast Research. 15(2): 537-553.
- Reineck, H.E. & Singh, I.B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag. New York. 549p.
- Sahu, B.K., (1964). *Depositional mechanisms from the analysis of clastic sediments*. Journal of Sedimentary Petrology. Tulsa. Okla., 73-83.
- Santos, R.C.A.L. 1998. *Estudo sedimentológico e geoambiental no sistema lagunar Mundaú – Alagoas*. UFPE, Recife. Centro de Tecnologia e Geociências. Dissertação de Mestrado, 127p.
- Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Derze, G.R., Asmus, H.E., 1984. *Geologia do Brasil*. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Brasília. 501p.
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand- silt- clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology. V.24. p. 51 – 80.

- Souza, C.R.G. 1997. *A note on the controls of beach type and change, with S.E. Australian examples*. Journal Coast Reserch. Charlottesville, v.3, n.3, p. 387-395.
- Sudene, 1978. *Inventário Hidrogeológico básico do Nordeste: Folha nº21, Recife – NO*. Recife, 183p.
- Sudene, 1963. *Normas climatológicas da área da SUDENE*. Recife. SUDENE. 83p.
- Suhayda, J.N., Hsu, S.A., Roberts, H.H.& Short, A.D. 1977. *Documentation and analysis of coastal processes, northeast coast of Brasil*. Lousiana State University. Technical Report. n.238. 98p.
- Suguio, K., 1973. *Introdução à sedimentologia*. Edgar Blucher, São Paulo, 317p.
- Suguio, K., Martin, L., Bittencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M.L., Flexor, J. M., Azevedo, A.E.G., 1985. *Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira*. Revista Brasileira de Geociências, 15 (4):273-286.
- Teixeira, A.L. 1991. *Aspectos da caracterização ambiental da Coroa do Avião (Itamaracá-PE)*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Monografia de Graduação. 113p.
- Toldo Jr, E. 1998. *Sedimentologia I*. Notas de Aula. 52p.
- Tomazelli, L.J. 1998. *Ambientes de Sedimentação*. UFRGS. Notas de Aula. 102p.
- Tucker, M. E. 1991. *Sedimentary petrology*. Blackwell Science. 260p.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. *Geologia costeira do Rio Grande do Sul*. Notas técnicas. 8:1-45.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I**

**Tabela 03 – Valores da distribuição granulométrica e das fácies texturais na área estudada, segundo Shepard (1954).**

<b>Amostras</b>	<b>Latitude(UTM)</b>	<b>Longitude(UTM)</b>	<b>Casc. %</b>	<b>Areia %</b>	<b>Lama %</b>	<b>Fácies Texturais</b>
PI - 01	297803	9136471	0,54	97,39	2,07	Areia
PI - 02	298002	9136497	0,08	97,32	2,6	Areia
PI - 03	298314	9136527	2,94	95,75	1,31	Areia
PI - 04	298779	9136621	34,04	64,62	1,34	Areia c/ cascalho
PI - 05	299140	9136584	0	98,97	1,03	Areia
PI - 06	299207	9136863	12,42	85,49	2,09	Areia
PI - 07	299082	9137085	2,9	95,99	1,11	Areia
PI - 08	298707	9137246	1,15	97,65	1,2	Areia
PI - 09	298450	9137324	0,39	97,82	1,79	Areia
PI - 10	298544	9136840	0,32	98,08	1,6	Areia
PI - 11	298301	9136615	1,39	96,64	1,97	Areia
PI - 12	297829	9136320	0,89	97,88	1,23	Areia
PI - 13	298000	9134138	0,04	98,2	1,76	Areia
PI - 14	298000	9135684	0,14	98,34	1,52	Areia
PI - 15	298000	9135568	0,06	98,86	1,08	Areia
PI - 16	298000	9135475	0,14	97,69	2,17	Areia
PI - 17	298000	9135361	0,41	97,73	1,86	Areia
PI - 18	298000	9135221	0,18	98,35	1,47	Areia
PI - 19	298000	9135015	0,3	97,35	2,35	Areia
PI - 20	298000	9134855	1,69	95,75	2,56	Areia
PI - 21	298000	9134745	0,23	97,95	1,82	Areia
PI - 22	298000	9134606	0,35	98,14	1,51	Areia
PI - 23	298000	9134442	0,38	96,69	2,93	Areia
PI - 24	298000	9134303	1,71	95,76	2,53	Areia
PI - 25	297800	9134138	0,19	97,75	2,06	Areia
PI - 26	297487	9135719	0,29	98,06	1,65	Areia
PI - 27	297223	9135841	8,14	89,97	1,89	Areia
PI - 28	297347	9136076	0,74	98,83	0,43	Areia
PI - 29	296893	9136023	4,79	93,24	1,97	Areia
PI - 30	295714	9135732	5,76	93,03	1,21	Areia
PI - 31	296062	9135800	0,56	97,51	1,93	Areia
PI - 32	296808	9135881	13,39	85,31	1,3	Areia
PI - 33	297177	9135706	1,05	97,48	1,47	Areia
PI - 34	297185	9136088	10,66	87,52	1,82	Areia
PI - 35	297500	9135624	0,03	97,85	2,12	Areia
PI - 36	297500	9135424	0,03	90,15	9,82	Areia
PI - 37	297500	9134900	0,38	97,28	2,34	Areia
PI - 38	297500	9134402	0,61	96,93	2,46	Areia
PI - 39	297500	9133900	4,72	93,48	1,8	Areia
PI - 40	297000	9133660	3,37	92,19	4,44	Areia
PI - 41	297000	9134160	0,33	98,09	1,58	Areia
PI - 42	297000	9134660	0,17	94,59	5,24	Areia
PI - 43	297000	9135160	0,15	97	2,85	Areia
PI - 44	297000	9135460	0,02	80,31	19,67	Areia
PI - 45	297000	9135560	0,04	98,18	1,78	Areia
PI - 46	296500	9135350	0,18	99,05	0,77	Areia
PI - 47	298160	9138046	0,11	98,38	1,53	Areia
PI - 48	298730	9138011	0,27	97,47	2,26	Areia
PI - 49	299005	9137851	1,04	97,86	1,1	Areia
PI - 50	298870	9137640	0,17	96,85	2,98	Areia
PI - 51	298576	9137106	1,21	97,29	1,5	Areia
PI - 52	298986	9136778	0,12	98,59	1,29	Areia
PI - 53	299235	9136240	0,45	96,62	2,93	Areia

PI - 54	298977	9135929	0,23	98,8	0,97	Areia
PI - 55	298903	9135505	0,05	97,8	2,15	Areia
PI - 56	298877	9134746	0,16	98,46	1,38	Areia
PI - 57	299161	9134457	0,07	98,43	1,5	Areia
PI - 58	299120	9133458	0,08	98,09	1,83	Areia
PI - 59	299131	9132900	0,11	92,49	7,4	Areia
PI - 60	298025	9134000	2,08	96,43	1,49	Areia
PI - 61	297403	9134080	0,82	97,94	1,24	Areia
PI - 62	297000	9133304	0,86	93,55	5,59	Areia
PI - 63	297504	9133330	5,22	92,38	2,4	Areia
PI - 64	299259	9134040	0,06	98,12	1,82	Areia
PI - 65	299350	9135947	9,02	89,77	1,21	Areia
PI - 66	299944	9136711	0,26	97,98	1,76	Areia
PI - 67	299952	9137807	0,09	98,03	1,88	Areia
PI - 68	299440	9138346	0,22	98,02	1,76	Areia
PI - 69	298105	9137162	0,05	98,24	1,71	Areia

**Tabela 04 – Parâmetros estatísticos dos sedimentos de fundo da plataforma interna entre as desembocaduras do Canal de Santa Cruz (Sul) e do Rio Timbó - PE.**

<b>Amostras</b>	<b>Latitude(UTM)</b>	<b>Longitude(UTM)</b>	<b>Md</b>	<b>Mz</b>	<b>Dp</b>	<b>SKI</b>	<b>Kg</b>
PI - 01	297803	9136471	2,255	2,24	1,092	-0,05879	0,9679
PI - 02	298002	9136497	2,266	2,126	0,8759	-0,2077	1,161
PI - 03	298314	9136527	0,9603	0,9314	0,8479	-0,1412	0,9507
PI - 04	298779	9136621	0,3351	0,5396	0,9755	0,4639	0,5234
PI - 05	299140	9136584	2,555	2,555	0,4247	0,1695	1,116
PI - 06	299207	9136863	1,197	0,9763	1,006	-0,1645	0,9284
PI - 07	299082	9137085	1,343	1,242	0,9516	-0,1616	1,197
PI - 08	298707	9137246	2,274	2,131	0,9413	-0,2266	1,188
PI - 09	298450	9137324	2,266	2,129	0,9232	-0,2	1,158
PI - 10	298544	9136840	1,672	1,712	0,9851	0,06594	1,071
PI - 11	298301	9136615	1,08	1,073	0,9327	0,01346	1,044
PI - 12	297829	9136320	0,5992	0,6918	0,7266	0,1257	1,339
PI - 13	298000	9134138	2,194	2,128	0,6608	-0,1187	0,8045
PI - 14	298000	9135684	1,968	1,94	0,7938	-0,132	0,8865
PI - 15	298000	9135568	1,95	1,967	0,6407	0,03663	0,739
PI - 16	298000	9135475	1,441	1,375	0,7182	-0,05477	1,32
PI - 17	298000	9135361	1,797	1,832	0,8195	-0,04954	0,9616
PI - 18	298000	9135221	1,509	1,509	0,578	0,01858	1,431
PI - 19	298000	9135015	1,254	1,182	0,7953	-0,0186	1,004
PI - 20	298000	9134855	1,565	1,564	0,9616	-0,04393	1,101
PI - 21	298000	9134745	1,42	1,37	0,6254	-0,09176	1,367
PI - 22	298000	9134606	1,446	1,41	0,6411	-0,05174	1,438
PI - 23	298000	9134442	1,516	1,546	0,8854	0,077	1,422
PI - 24	298000	9134303	1,169	1,14	0,8953	0,04525	1,028
PI - 25	297800	9134138	1,354	1,446	1,063	0,1601	0,7742
PI - 26	297487	9135719	1,467	1,43	0,6678	-0,04279	1,41
PI - 27	297223	9135841	0,7784	0,813	0,7946	-0,01345	0,8814
PI - 28	297347	9136076	1,335	1,192	0,7137	-0,388	1,283
PI - 29	296893	9136023	1,878	1,68	1,154	-0,3544	1,068
PI - 30	295714	9135732	1,268	1,086	1,037	-0,2319	1,084
PI - 31	296062	9135800	1,054	1,036	0,6845	-0,01596	0,7689
PI - 32	296808	9135881	0,9966	0,681	1,057	-0,1799	0,7376
PI - 33	297177	9135706	1,404	1,329	0,6585	-0,1464	1,371
PI - 34	297185	9136088	0,8151	0,8871	1,278	0,1636	0,7285
PI - 35	297500	9135624	2,305	2,209	0,7195	-0,1124	1,053
PI - 36	297500	9135424	3,339	3,242	0,7196	-0,1282	1,083
PI - 37	297500	9134900	1,1	1,096	0,8037	0,1182	0,9873
PI - 38	297500	9134402	1,536	1,563	0,9196	0,04725	1,22
PI - 39	297500	9133900	0,8306	0,9086	0,9969	0,07197	1,156
PI - 40	297000	9133660	2,52	2,551	0,8651	-0,09041	2,171
PI - 41	297000	9134160	0,8182	0,9092	0,6523	0,1986	0,7776
PI - 42	297000	9134660	2,626	2,654	0,9162	0,00236	1,029
PI - 43	297000	9135160	2,765	2,849	0,6855	0,1312	0,8723
PI - 44	297000	9135460	3,399	3,351	0,8397	-0,04434	1,025
PI - 45	297000	9135560	2,267	2,177	0,6233	-0,2188	0,8316
PI - 46	296500	9135350	1,364	1,283	0,6893	-0,09887	1,168
PI - 47	298160	9138046	2,474	2,445	0,8541	-0,0417	1,228
PI - 48	298730	9138011	0,6256	0,7416	0,8347	0,1919	1,295
PI - 49	299005	9137851	1,072	1,068	0,8472	0,04562	0,9709
PI - 50	298870	9137640	2,831	2,737	1,056	-0,2695	1,186
PI - 51	298576	9137106	1,551	1,56	0,986	0,0005	1,173
PI - 52	298986	9136778	1,297	1,21	0,5941	-0,2418	0,8944
PI - 53	299235	9136240	2,903	2,9	0,9716	-0,2243	1,329

PI - 54	298977	9135929	2,289	2,2	0,6123	-0,2249	0,8572
PI - 55	298903	9135505	2,573	2,65	0,7657	0,05676	1,318
PI - 56	298877	9134746	1,648	1,74	0,7529	0,0861	1,088
PI - 57	299161	9134457	2,481	2,46	0,6539	-0,04021	1,419
PI - 58	299120	9133458	2,446	2,37	0,9374	-0,1437	1,41
PI - 59	299131	9132900	3,441	3,43	0,5638	-0,1137	1,377
PI - 60	298025	9134000	0,8428	0,94	0,9038	0,17	1,09
PI - 61	297403	9134080	0,8207	1,01	0,9038	0,3654	0,9543
PI - 62	297000	9133304	2,532	2,51	1,062	-0,09204	1,465
PI - 63	297504	9133330	1,028	1,28	1,438	0,2091	0,958
PI - 64	299259	9134040	2,491	2,47	0,8152	-0,04803	1,347
PI - 65	299350	9135947	1,004	0,8	0,886	-0,272	0,7665
PI - 66	299944	9136711	2,638	2,72	0,5919	0,2487	1,09
PI - 67	299952	9137807	2,438	2,36	0,7451	-0,078	1,315
PI - 68	299440	9138346	2,426	2,34	0,7458	-0,1009	1,353
PI - 69	298105	9137162	3,043	3,02	0,6405	-0,05225	0,7393

**Tabela 05 - Valores dos parâmetros estatísticos utilizados para obtenção do parâmetro “Y”, segundo Sahu (1964), para os sedimentos da plataforma continental interna entre as desembocaduras do Canal de Santa Cruz e do Rio Timbó - PE ( M = marinho raso agitado, F = fluvial).**

<b>Amostra</b>	<b>Lat.(S)</b>	<b>Long.(E)</b>	<b>Mz</b>	<b><math>\sigma^2</math></b>	<b>SK<sub>1</sub></b>	<b>Kg</b>	<b>Y</b>	<b>Interpretação</b>
PI - 01	297803	9136471	2,24	1,19	-0,06	0,97	-9,45	F
PI - 02	298002	9136497	2,13	0,77	-0,21	1,16	-5,04	M
PI - 03	298314	9136527	0,93	0,72	-0,14	0,95	-5,3	M
PI - 04	298779	9136621	0,54	0,95	0,46	0,52	-10,44	F
PI - 05	299140	9136584	2,56	0,18	0,17	1,12	-1,62	M
PI - 06	299207	9136863	0,98	1,01	-0,16	0,93	-7,74	F
PI - 07	299082	9137085	1,24	0,9	-0,16	1,2	-6,63	M
PI - 08	298707	9137246	2,13	0,89	-0,23	1,19	-5,99	M
PI - 09	298450	9137324	2,13	0,85	-0,2	1,16	-5,82	M
PI - 10	298544	9136840	1,71	0,97	0,07	1,07	-8,28	F
PI - 11	298301	9136615	1,07	0,87	0,01	1,04	-7,33	M
PI - 12	297829	9136320	0,69	0,53	0,13	1,34	-4,97	M
PI - 13	298000	9135793	2,13	0,44	-0,12	0,8	-2,6	M
PI - 14	298000	9135684	1,94	0,63	-0,13	0,89	-4,28	M
PI - 15	298000	9135568	1,97	0,41	0,04	0,74	-3,18	M
PI - 16	298000	9135475	1,38	0,52	-0,05	1,32	-3,8	M
PI - 17	298000	9135361	1,83	0,67	-0,05	0,96	-5,07	M
PI - 18	298000	9135221	1,51	0,67	0,02	1,43	-2,51	M
PI - 19	298000	9135015	1,18	0,63	-0,02	1,0	-5,07	M
PI - 20	298000	9134855	1,56	0,92	-0,04	1,1	-7,4	M
PI - 21	298000	9134745	1,37	0,39	-0,09	1,37	-1,92	M
PI - 22	298000	9134606	1,41	0,41	-0,05	1,44	-2,88	M
PI - 23	298000	9134442	1,55	0,78	0,08	1,42	-6,74	M
PI - 24	298000	9134303	1,14	0,8	0,04	1,03	-6,86	M
PI - 25	297800	9134138	1,45	1,13	0,16	0,77	-10,23	F
PI - 26	297487	9135719	1,43	0,45	-0,04	1,41	-3,22	M
PI - 27	297223	9135841	0,81	0,63	-0,01	0,88	-5,19	M
PI - 28	297347	9136076	1,19	0,51	-0,39	1,28	-2,16	M
PI - 29	296893	9136023	1,68	1,33	-0,35	1,07	-9,4	F
PI - 30	295714	9135732	1,09	1,07	-0,23	1,08	-7,93	F
PI - 31	296062	9135800	1,04	0,47	-0,02	0,77	-3,69	M
PI - 32	296808	9135881	0,68	1,12	-0,18	0,74	-8,67	F
PI - 33	297177	9135706	1,33	0,43	-0,15	1,37	-2,63	M
PI - 34	297185	9136088	0,89	1,63	0,16	0,73	-14,82	F
PI - 35	297500	9135624	2,21	0,52	-0,11	1,05	-3,76	M
PI - 36	297500	9135424	3,24	0,52	-0,13	1,08	-2,94	M
PI - 37	297500	9134900	1,1	0,67	0,12	0,99	-6,11	M
PI - 38	297500	9134402	1,56	0,85	0,05	1,22	-7,14	M
PI - 39	297500	9133900	0,91	0,99	0,07	1,16	-8,74	F
PI - 40	297000	9133660	2,55	0,75	-0,09	2,17	-5,28	M
PI - 41	297000	9134160	0,91	0,42	0,2	0,78	-4,4	M
PI - 42	297000	9134660	2,65	0,83	0,002	1,03	-6,51	M
PI - 43	297000	9135160	2,85	0,47	0,13	0,87	-3,9	M
PI - 44	297000	9135460	3,35	0,7	-0,04	1,02	-4,96	M
PI - 45	297000	9135560	2,18	0,39	-0,22	0,83	-1,67	M

---

PI - 46	296500	9135350	1,28	0,47	-0,09	1,17	-3,25	M
PI - 47	298160	9138046	2,44	0,73	-0,04	1,23	-5,43	M
PI - 48	298730	9138011	0,74	0,69	0,19	1,29	-6,78	M
PI - 49	299005	9137851	1,07	0,72	0,05	0,97	-6,16	M
PI - 50	298870	9137640	2,74	1,11	-0,27	1,19	-7,564	F
PI - 51	298576	9137106	1,56	0,97	0,0005	1,17	-8,02	F
PI - 52	298986	9136778	1,21	0,35	-0,24	0,89	-1,52	M
PI - 53	299235	9136240	2,9	0,94	-0,22	1,33	-6,28	M
PI - 54	298977	9135929	2,2	0,37	-0,22	0,86	-1,52	M
PI - 55	298903	9135505	2,65	0,59	0,06	1,32	-4,59	M
PI - 56	298877	9134746	1,74	0,57	0,08	1,08	-4,84	M
PI - 57	299161	9134457	2,46	0,43	-0,04	1,42	-2,77	M
PI - 58	299120	9133458	2,37	0,88	-0,14	1,41	-6,25	M
PI - 59	299131	9132900	3,43	0,32	-0,11	1,38	-1,18	M
PI - 60	298025	9134000	0,94	0,82	0,17	1,09	-7,66	F
PI - 61	297403	9134080	1,01	0,82	0,36	0,95	-8,61	F
PI - 62	297000	9133304	2,51	1,13	-0,09	1,46	-8,63	F
PI - 63	297504	9133330	1,28	2,07	0,21	0,96	-19,54	F
PI - 64	299259	9134040	2,47	0,66	-0,05	1,35	-4,82	M
PI - 65	299350	9135947	0,8	0,78	-0,27	0,77	-5,28	M
PI - 66	299944	9136711	2,72	0,35	0,25	1,09	-3,74	M
PI - 67	299952	9137807	2,36	0,55	-0,08	1,31	-3,74	M
PI - 68	299440	9138346	2,34	0,56	-0,1	1,35	-3,70	M
PI - 69	298105	9137162	3,02	0,41	-0,05	0,74	-2,44	M

---

**ANEXO II**

