

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ- UFPA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG
FACULDADE DE GEOLOGIA–FAGEO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**GEOLOGIA AMBIENTAL E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO DO
RIO DENDÊ, BARCARENA, PARÁ**

IGOR HENRIQUE COELHO ALVES

**Belém - Pará
Fevereiro 2012**

IGOR HENRIQUE COELHO ALVES

**GEOLOGIA AMBIENTAL E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO
DO RIO DENDÊ, BARCARENA, PARÁ**

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

Orientador: Prof. Dr. Luis Ercílio do Carmo
Faria Junior.- FAGEO/UFPA

Belém - Pará
Fevereiro 2012

IGOR HENRIQUE COELHO ALVES

**GEOLOGIA AMBIENTAL E SEDIMENTOLOGIA DO ESTUÁRIO
DO RIO DENDÊ, BARCARENA, PARÁ**

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

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis Ercílio do Carmo Faria Junior - Orientador
Doutor em Ciências Naturais – Geologia – Uni. Würzburg - Alemanha
FAGEO - Universidade Federal do Pará _ UFPA

Prof. Dr. Maamar El-Robrini- Relator
Doutor em Geologia Marinha – Sorbone-França
FAOC - Universidade Federal do Pará - UFPA

Prof. Dr. Gundysalvo Morales - Convidado
Doutor em Hidrogeoquímica – PPGG/IG/UFPA
CCNT - Universidade Estadual Pará - UEPA

Dedico este trabalho a minha mãe, maior
responsável por seu início, meio e
finalização!

AGRADECIMENTOS

À todas as entidades e pessoas que tiveram participação no transcorrer e finalização deste trabalho:

À Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências e seus Diretores, e à Faculdade de Geologia e seus professores, que foram meus mestres.

A minha família, principalmente a minha Mãe (Maria Domingas Pereira Coelho) e meu Pai, que abriram o caminho para que eu chegasse até aqui, pois sem o esforço deles nada disso seria possível. Aos meus irmãos Ingra e Iago, os quais agradeço por todo apoio.

Ao meu amorzão (Kelle Vanzeler), que esteve em todos os momentos do meu lado.

Ao Prof. Dr Luis Ercílio do Carmo Faria Junior, uma pessoa extraordinária que me ajudou muito, e de todas as formas possíveis: científica, financeira e psicológica.

Ao Seu Lopes, técnico do Laboratório de Sedimentologia do IG, pelo tempo dispensado e paciência, que foram de grande ajuda.

Ao Prof Dr. Gundysalvo Morales (UEPA), pelo apoio e acompanhamento nos estudos hidrogeoquímicos.

Aos meus queridos amigos da Geologia, em especial ao James Ratis, Leonardo Coutinho, Nayan Cesar, Francisco Abrantes Junior.

A Deus, pelo Dom da Vida.

Nada é permanente como a mudança!

Heráclito de Éfeso

Resumo

Neste trabalho são apresentadas as características hidrodinâmicas, sedimentológicas, geomorfológicas, físico-químicas, fisiográficas e mineralógicas do estuário do rio Dendê, um pequeno afluente pela margem direita do rio Pará, que nasce no Baixo Platô Costeiro ou Terra Firme, a partir da interseção da topografia local com a zona saturada de água subterrânea dos sedimentos do Grupo Barreiras, aproximadamente 10 metros acima do nível médio das marés, no município de Barcarena, no Estado do Pará. O Estuário do rio Dendê é do tipo “vale afogado”, normal, bem misturado, tendo sua circulação controlada tanto pelo rio quanto pelas fortes correntes das marés locais, que são semi-diurnas e variam de amplitude, mensal e sazonalmente, entre 2,5m e um máximo em torno de 3m, sendo que as maiores ocorrem durante os períodos de sizíguas e equinócios. Os processos de transporte sedimentar e de deposição na foz do Estuário do rio Dendê geram barras de desembocadura, em pontal e “sandwaves” (bancos de areia) de dimensões métricas, sobre a superfície das quais se desenvolvem marcas onduladas simétricas de médio porte. Referidos bancos arenosos se encontram alongados e orientados preferencialmente na direção NW-SE. Os sedimentos que foram encontrados e estudados nos estuários dos rios Pará e Dendê são predominantemente arenosos, variando de pobremente selecionados a bem selecionados, por vezes com pelitos associados. A mineralogia dominante nas areias compõe-se de grãos de quartzo e fragmentos lateríticos. Na assembléia de minerais pesados estão presentes estaurolita, zircão, turmalina, rutilo, cianita, andaluzita e silimanita. Os sedimentos pelíticos são compostos essencialmente por kaolinita, ilita e quartzo. A sedimentação na desembocadura do rio Dendê ocorre sob condições hidrodinâmicas fortes, típicas da zona de intermaré da planície local. Por outro lado, nas áreas mais internas do estuário, as análises dos sedimentos argilo-arenosos, presentes nos barrancos desse rio, formados pela erosão da planície de inundação, demonstraram menor energia nas condições hidrodinâmicas. O Modelo Paleogeográfico proposto para a área considera a Transgressão Flandriana, iniciada por volta de 18.000 A.P., como momento inicial para a elevação do nível do mar e o afogamento das drenagens e formação dos estuários na Região Costeira Norte do Brasil. A progressiva elevação do nível do mar, prevista para os próximos tempos, indica que os processos erosivos na costa paraense tenderão a aumentar e se forem considerados os próximos 1.000 anos. O

Modelo de Previsão Futura para a área de estudo demonstra que a erosão deverá arrasar, nos próximos 1.000 anos, a superfície atual até a cota dos 7 a 10m, o que implicará numa abertura da foz do rio Dendê, aproximadamente de mais 50m de cada margem, atingindo os portos de embarque de minério, situados na sua margem esquerda e, do lado direito, a Vila do Conde.

Palavras-chave: Geologia Ambiental; Sedimentologia; Estuário; Rio Dendê; Barcarena-Pará.

ABSTRACT

This work presents characteristics hydrodynamic, sedimentological, geomorphological, physicochemical, mineralogical and physiographic of the Dendê estuary, a small tributary on the right bank of the Pará river, which rises in the “Baixo Platô Costeiro ou Terra Firme”, from the intersection of the local topography with the saturated zone of the groundwater in sediments Barreiras Group, approximately 10 meters above the average level of the tides, in Barcarena, in Pará river estuary. The Dendê is a “drowned valley”, normal, well-mixed, and its movement controlled by both the river and the strong local tidal currents, which are semi-diurnal amplitude and vary monthly and seasonally, between 2.5 m and a maximum of around 3m, and the highest occur during the syzygies and the equinoxes. The processes of sediment transport and deposition in the Dendê estuary, generate tidal sand bars, sand spits and sandwaves of metric dimensions, on the surface of which occur symmetrical ripple marks develop midrange. Referred sandbanks are elongated and preferentially oriented in NW-SE direction. The studied sediments of rivers Pará and Dendê are predominantly sandy, poorly selected ranging from well selected, sometimes associated with pelites. The dominant mineralogy in sand composed of quartz and lateritic fragments. The heavy minerals dominant are staurolite, zircon, tourmaline, rutile, kyanite, andalusite and sillimanite. The pelitic sediments are composed mainly of kaolinite, illite and quartz. The sedimentation in the mouth of the Dendê estuary occurs under strong hydrodynamic conditions, typical of the intertidal areas of the tidal flat. On the other hand, in the inside areas of the Dendê estuary, the clay sandy sediments are present in the margins of this river, formed by erosion of the floodplain, showed less energy in hydrodynamic conditions. The paleogeographic Model proposed for the area considering the Flandrian Transgression, beginning around 18,000 BP, as a starting point for sea level rise and the drowning of drainage and formation of estuaries in North Coastal Region of Brazil. The increasing sea level, planned for the near future, indicates that the erosion on the Para coast will tend to increase and are considered the next 1,000 years. The future Model to study area shows that the erosion will occur in the next 1000 years, the today surface to the level of 7 to 10m, which will mean an opening of the mouth of the Dendê river approximately 50m more each margin, reaching the ports of shipment of ore, situated on its left bank and right side, the Vila do Conde, a small city on the Pará river.

Keywords: Environmental Geology; Sedimentology; Dendê river; Estuary; Barcarena-Pará

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
EPIGRAFE.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
SUMÁRIO.....	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiv
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 A QUESTÃO GEOLÓGICA	19
1.2 PROBLEMÁTICA LOCAL.....	20
1.3 OBJETIVOS.....	23
1.4 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO.....	24
2 METODOLOGIA, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS.....	25
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E LEVANTAMENTOS DE DADOS SECUNDÁRIOS.....	25
2.2 CAMPANHAS DE CAMPO.....	27
2.2.1 Estudos das propriedades das águas dos rios Dendê e Pará.....	27
2.2.1.1 Análises <i>in situ</i> e de laboratório.....	28
2.2.1.2 Preservação das amostras.....	29
2.2.2 Coletas de sedimentos.....	30
2.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO.....	31
2.3.1 Análise dos parâmetros físico-químicos das águas.....	31
2.3.2 Peneiramento.....	33
2.3.3 Separação dos Minerais Pesados.....	33
2.3.4 Identificação dos minerais argilosos.....	34
3 DIAGNÓSTICO DO MEIO SOCIOECONÔMICO.....	35
3.1 OCUPAÇÃO ANTRÓPICA E O MEIO SOCIOECONÔMICO.....	35
3.2 INDICADORES ECONÔMICOS.....	38
3.3 ATIVIDADES PORTUÁRIAS.....	38
4 GEOLOGIA E ECOSSISTEMAS DE BARCARENA.....	41
4.1 GEOLOGIA.....	41
4.1.1 Geologia Regional.....	41
4.1.1.1 Formação Pirabas.....	41
4.1.1.2 Grupo Barreiras.....	42
4.1.1.3 Sedimentos Quaternários e Formações Lateríticas.....	43
4.1.2 Geologia local.....	43
4.2 GEOMORFOLOGIA.....	44
4.2.1 O Baixo Platô Amazônico – A “Terra Firme”	45
4.2.1.1 Os Terraços.....	45
4.2.1.2 Os Tabuleiros.....	45
4.2.2 Planície Fluvial Amazônica – A Várzea.....	46
4.2.2.1 Várzea Alta.....	46
4.2.2.2 Várzea Baixa.....	46
4.2.2.3 Igapó.....	46
4.3 CLIMA.....	47
4.4 HIDROLOGIA.....	50
4.5 HIDROGEOLOGIA.....	51
4.5.1 Hidrogeologia Regional.....	51

4.5.1.1	Aqüíferos do Grupo Barreiras.....	51
4.5.1.2	Aqüíferos da Formação Pirabas.....	52
4.5.2	Hidrogeologia local.....	52
4.6	MARÉS E ONDAS.....	53
4.7	ECOSSISTEMA TERRESTRE.....	55
4.7.1	Flora.....	56
4.7.2	Fauna.....	60
4.7.2.1	Ornitofauna.....	60
4.7.2.2	Herpetofauna (Anfíbios e Répteis)	61
4.7.2.3	Mastofauna.....	62
4.8	ECOSSISTEMA AQUÁTICO.....	63
4.8.1	Ictiofauna.....	63
4.8.2	Comunidade Planctônica.....	64
4.8.3	Fitoplâncton.....	64
4.8.4	Zooplâncton.....	65
4.8.5	Perífiton.....	65
5	ESTUÁRIOS.....	66
5.1	CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	66
5.2	CLASSIFICAÇÃO E TIPOS.....	67
5.2.1	Classificação baseada no modo de formação da bacia.....	67
5.2.1.1	Vale de rios afogados.....	68
5.2.1.2	Fjords.....	68
5.2.1.3	Estuários Construídos por Barras.....	68
5.2.1.4	Estuários formados por processos tectônicos.....	69
5.2.2	Classificação baseada nos Processos Físicos.....	69
5.2.3	Classificação baseada no Padrão de Circulação Estuarina.....	69
5.2.3.1	Estuários típicos ou normais.....	69
5.2.3.2	Estuários Hipersalinos.....	70
5.2.3.3	Estuários Fechados.....	70
5.3	ECOSSISTEMA ESTUARINO – FONTE DE ENERGIA.....	71
5.4	ECOLOGIA DOS ESTUÁRIOS.....	72
6	O RIO DENDÊ – RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	75
6.1	CARACTERÍSTICAS, MICROBACIA E DRENAGEM.....	75
6.2	O ESTUÁRIO DO RIO DENDÊ.....	78
6.3	AS PLANÍCIES DE MARÉS.....	79
6.3.1	Praias de Vila do Conde e do Caripi.....	81
6.3.1.1	Zona de Supramaré.....	81
6.3.1.2	Zona de intermaré.....	84
6.4	SEDIMENTOLOGIA DO RIO DENDÊ.....	86
6.4.1	Zona de Intermaré - Barras arenosas da foz do rio Dendê.....	86
6.4.2	Zona de Supramaré – Margem direita do rio Dendê – Localização X: 0748272 e Y: 9826566.....	90
6.4.3	Solo na foz do Rio Dendê – Localização X: 0748136 e Y: 9826800).....	94
6.4.4	Barranco no Rio Dendê - Localização X: 0748558 e Y: 9825894.....	97
6.5	MINERALOGIA DOS SEDIMENTOS DO RIO DENDÊ.....	100
6.5.1	Descrição dos Minerais Pesados Transparentes.....	100
6.6	PARÂMETROS GEOQUÍMICOS.....	102
6.6.1	pH.....	106
6.6.2	Temperatura.....	107

6.6.3	Turbidez.....	108
6.6.4	Cor.....	109
6.6.5	STD.....	110
6.6.6	Condutividade.....	111
6.6.7	DBO.....	112
6.6.8	DQO.....	114
6.6.9	OD.....	115
6.6.10	Coliformes Totais e Fecais.....	116
6.6.11	Classificação das águas dos rios Dendê e Pará.....	117
7	EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DO ESTUÁRIO DO RIO DENDÊ.....	118
7.1	RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA.....	118
7.2	MODELO DE PREVISÃO FUTURA.....	120
8	CONCLUSÕES	121
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem de satélite composta. Observar nos círculos, a configuração dos vales afogados dos rios, no interior das bacias hidrográficas do rio Amazonas e na região costeira do Pará.....	20
Figura 1 - Localização da área de pesquisa.....	22
Figura 3 - Mapa de amostragem da área de pesquisa.....	26
Figura 4 - Comportamento da maré na desembocadura do rio Dendê em 27/11/2010.	27
Figura 5 - Localização dos pontos de amostragem de Água.....	32
Figura 6 - Principais corredores de exportação da Amazônia oriental	40
Figura 7 - Média da Variação de temperatura dos meses de Ago-Out de 2010-2011.....	48
Figura 8 - Mapas dos domínios Climáticos da Região nordeste e do Marajó no Estado Do Pará.....	49
Figura 9 - Ação das ondas no processo de resuspensão de sedimentos na zona de inframaré, Praia da Vila do Conde..	55
Figura 10 - Diagrama de energia de um estuário. M, microrganismos; N, nitrogênio; P, fósforo; Dejetos: matéria orgânica morta e micróbios; bentos, animais do fundo: certo tipo de ostras, caranguejos de rio, e minhocas.....	72
Figura 11 - Nascente do Rio Dendê.....	76
Figura 12 - Ponto médio do rio Dendê, próximo do limite com a Albras.....	76
Figura 13 - Foz do Rio Dendê.....	77
Figura 14 - Margem direita na foz do rio Dendê, onde são mapeáveis as zonas de supramaré e intermaré.	80
Figura 15 - Praia de Vila do Conde na margem direita rio Pará. Observa-se, no primeiro plano, a zona de intermaré, e, ao fundo, a zona de supramaré e a falésia	81
Figura 16 - Resultado da análise da frequência acumulada nas amostras Vc-02 e Cp-02 da zona de supramaré.....	82
Figura 17 - Distribuição granulométrica nas amostras Vc-02 e Cp-02.....	82
Figura 18 - Histogramas das amostras Vc-02 e Cp-02 da Zona de supramaré.....	83
Figura 19 - a) Plotagem dos resultados das análises das amostras Vc-02 e Cp-02 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos e b) no gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica do meio.....	83
Figura 20 - Praias de a) Vila do Conde e b) Caripi.....	84
Figura 21 - Frequência acumulada dos sedimentos da zona de intermaré.....	84
Figura 22 - Média da distribuição granulométrica das amostras Vc-01, Vc-03, Cp-01.	85
Figura 23 - Histograma das amostras a)Vc-01, b) Vc-03, c) Cp-01 aprestando a assimetria negativa das amostras.	85
Figura 24 - a) Plotagem dos resultados das análises das amostras Vc-01, Vc-03 e Cp-01 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos e b) no gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.	86
Figura 25- Marcas onduladas na superfície de barra arenosa na desembocadura do rio Dendê. Como referência de escala, a pá de amostragem no primeiro plano.	87
Figura 26 - Frequência acumulada das amostras Dd-01 e Dd-02 da foz do rio Dendê	88
Figura 27 - Histogramas das amostras Dd-01 e Dd-02 da Foz do rio Dendê.....	88

Figura 28 - a) Plotagem dos resultados das análises na amostra Dd-01 e Dd-02 no gráfico de Shepard (1954) para a caracterização dos sedimentos e b) no gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.	89
Figura 29 - Difratoograma evidenciando a presença de kaolinita e ilita na amostra Dd-01.....	89
Figura 30 - Gráfico de Reynolds onde a área marcada em azul corresponde ao tipo de formas de leito encontrado na foz do rio Dendê e sua respectiva velocidade de fluxo.	90
Figura 31 - Margem direita da foz do rio Dendê onde estão marcadas duas preamares.....	91
Figura 32 - Margem direita da foz do rio Dendê, onde o desnível entre as zonas de supramaré e intermaré atinge 1,80m.	92
Figura 33 - Resultado da análise granulométrica da amostra Dd-03.....	92
Figura 34 - Curva de frequência acumulada das amostras Dd-01 e Dd-02 da foz do Rio Dendê.....	92
Figura 35 - a) Plotagem dos resultados da análise da amostra Dd-03 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos, e b) gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.	93
Figura 36 - Solo arenoargiloso no lado direito da foz do Rio Dendê.....	94
Figura 37 - a) Frequência acumulada do material sedimentar na Dd-04 do solo na foz do rio Dendê; b) Distribuição granulométrica dos sedimentos na amostra Dd-04.....	95
Figura 38 - Plotagem dos resultados das análises na amostra Dd-04, no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos.	96
Figura 39 - Difratoograma da amostra Dd-04, revelando a presença da kaolinita e da ilita.....	96
Figura 40 - Barranco na margem esquerda do rio Dendê resultado da erosão da planície de inundação	97
Figura 41 - a) Frequência acumulada da Foz do Rio Dendê das amostras Dd-07, b) Distribuição granulométrica da amostra Dd-07.....	98
Figura 42 - a) Plotagem dos resultados das análises da amostra Dd-07 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos. b) gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.....	99
Figura 43 - Difratoograma revelando a quantidade de kaolinita e de ilita na amostra Dd-07.....	99
Figura 44 – Gráficos mostrando as medidas de pH durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	107
Figura 45 – Gráficos mostrando as medidas de temperatura durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	108
Figura 46 – Gráficos mostrando as medidas de turbidez durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	109
Figura 47 - Gráficos mostrando as medidas de Cor durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	110
Figura 48 - Gráficos mostrando as medidas de STD durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	111
Figura 49 - Gráficos mostrando as medidas de Condutividade durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	112

Figura 50 - Gráficos mostrando as medidas de DBO durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	113
Figura 51 - Gráficos mostrando as medidas de DQO durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	114
Figura 52 - Gráficos mostrando as medidas de OD durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.....	115
Figura 53 - Gráficos mostrando as medidas de CT e CF durante o 4º trimestre de 2010 e 2011.	116
Figura 54 - Evolução do Estuário do Rio Dendê.....	119
Figura 55 - Imagem da evolução do rio Dendê, a) 17.000 Anos, b) Atualmente e c) 1.000 depois do presente.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização de georeferenciamento dos pontos de amostragem de água nos corpos hídricos da área de trabalho	28
Tabela 2- Parâmetros a serem analisados, preservação das amostras e prazo de análise (CETESB, 1987; APHA-AWWA-WPCF, 1980)	29
Tabela 3 - Pontos de coletas de sedimentos.....	30
Tabela 4 - Parâmetros analisados.....	31
Tabela 5 - Trajetória da dinâmica demográfica em Barcarena.....	37
Tabela 6 - PIB do município de Barcarena no período de 2000 a 2004 em relação aos setores econômicos.....	38
Tabela 7 - Amplitude média da maré na Região Nordeste do Estado do Pará.....	53
Tabela 8 - Parâmetros de maré para o Porto de Vila do Conde.....	54
Tabela 9 – Espécies vegetais comumente registradas nos ambientes de Igapó da área do Distrito Industrial de Barcarena.....	58
Tabela 10 – Espécies vegetais comumente registradas nos ambientes de várzea da área do Distrito Industrial de Barcarena.....	58
Tabela 11 - Espécies vegetais comumente registradas nos ambientes de Capoeira da área do Distrito Industrial de Barcarena.....	59
Tabela 12 - Localização dos pontos de controle da maré na área de abrangência da área de trabalho.....	77
Tabela 13 - Comportamento da maré no porto Vila do Conde/ PA (Latitude: 01°33', 9S Longitude: 048°46' W).....	77
Tabela 14 - Amplitude de maré.....	77
Tabela 25 - Resultados analíticos obtidos em amostras de águas superficiais coletadas durante o controle de maré (Out/2010-2011).....	103
Tabela 16 - Resultados analíticos obtidos em amostras de águas superficiais coletadas durante o controle de maré (Nov/2010-2011).....	104
Tabela 17 - Resultados analíticos obtidos em amostras de águas superficiais coletadas durante o controle de maré (Dez/2010-2011).....	105

1 INTRODUÇÃO

1.1 A QUESTÃO GEOLÓGICA

A elevação gradativa do nível do mar no oceano Atlântico, associada à Transgressão Flandriana, iniciada no Holoceno, há cerca de 18.000 anos (PINHEIRO, 1987), segundo evidências na região costeira brasileira, vem sofrendo pequenas variações para cima e para baixo dos níveis atuais, desde os últimos 7.000 anos (SUGUIO et al, 1985).

Segundo Milankovitch (apud FARIA JUNIOR, 2010), tais variações decorreram, prioritariamente, de Ciclos Astronômicos de curta (séculos) a média (milhares de anos) duração, os quais determinaram mudanças climáticas globais culminando com o atual aquecimento das camadas mais inferiores da atmosfera terrestre após um longo período glacial.

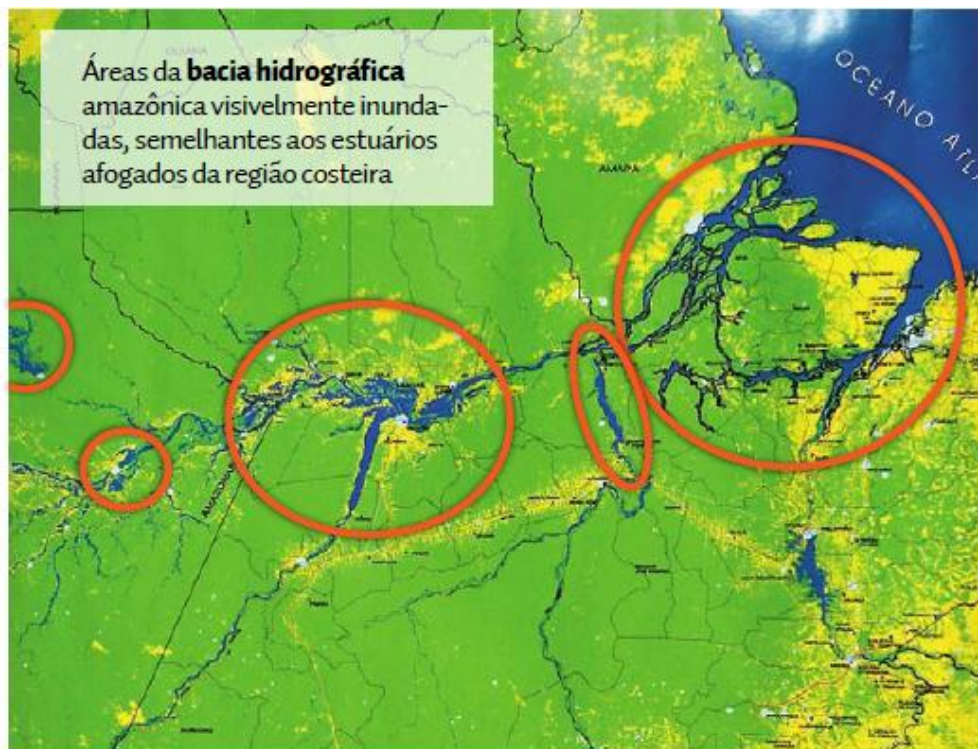
Devem ser considerados, também, para a submersão das regiões costeiras Brasileiras e da Plataforma Continental da América do Sul, os processos tectônicos decorrentes da distensão da margem passiva da Placa Sulamericana.

Na Região Costeira Norte do Brasil, que abrange os estados do Maranhão, Pará e Amapá, o avanço das águas oceânicas sobre o continente está claramente retratado na sua fisiografia, composta de falsas “rias”, reentrâncias, “furos”, ilhas, baías, golfões e amplos vales fluviais “afogados”.

Os rios presentes na Região Costeira do NE do Estado do Pará, os quais deságuam no oceano Atlântico, possuem características comuns que são: a foz ampla e alargada, baixa profundidade e o estreitamento de suas calhas, continente adentro, alcançando algumas dezenas de quilômetros da costa. Todos sofrem forte influência das macromarés oceânicas, definindo um conjunto de sistemas flúvio-estuarinos muito importantes, quer do ponto de vista sócio econômico para as populações das cidades e vilas situadas na costa e no interior, quer sob a ótica de seus ecossistemas.

No interior da Placa Sulamericana, na Região Amazônica, a configuração da Bacia Hidrográfica do rio Amazonas e seus afluentes, em particular no encontro com os rios Xingú e Tapajós, pela margem direita, e com os rios Trombetas e Nhamundá, pela margem esquerda, demonstram o “afogamento” desses grandes sistemas fluviais, de forma semelhante aos grandes estuários da região costeira, com destaque para o rio Pará, no Golfão Marajoara (Fig.1) (FARIA JUNIOR, 2010).

Figura1 - Imagem de satélite composta. Observar nos círculos, a configuração dos vales afogados dos rios, no interior das bacias hidrográficas do rio Amazonas e na região costeira do Pará



Fonte: Faria Junior (2010)

1.2 PROBLEMÁTICA LOCAL

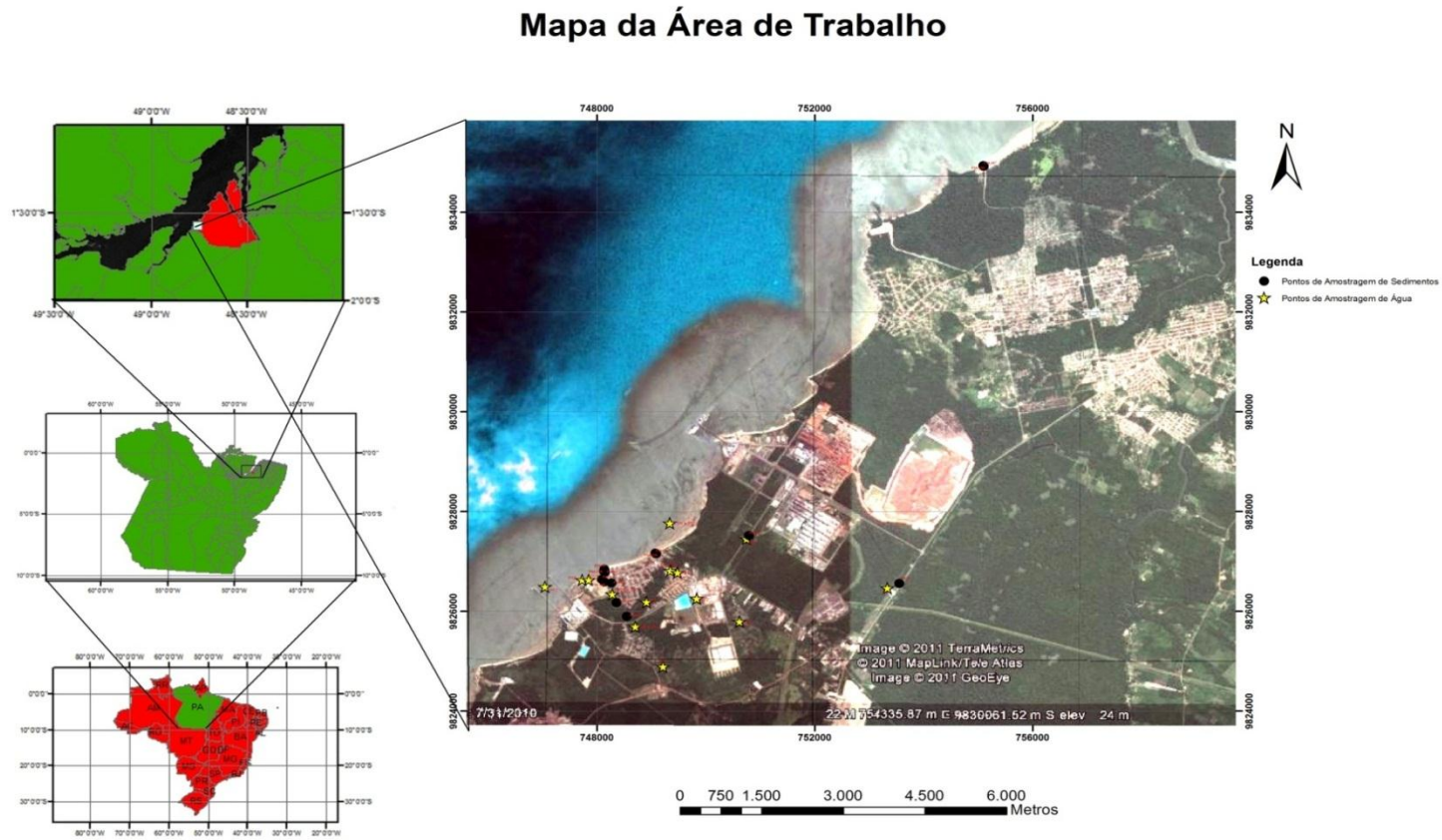
Pesquisas sobre a hidrodinâmica e os processos sedimentares nos estuários da Região Costeira do Pará ainda são restritas a alguns exemplos, com destaque para o rio Maracanã, Curuçá, Caeté, Arari, Pauacuru, Arienga (BARBOSA, 2008). O incremento de estudos científicos nessas áreas torna-se importante para fornecer subsídios para o entendimento dos processos atuantes. Do mesmo modo, referidos estudos devem permitir avaliar as interferências antrópicas na ocupação da zona costeira e contribuir para futuros programas de monitoramento, conservação e proteção das regiões estuarinas no Estado do Pará.

Estuários ou sistemas flúvio-estuarinos são diferenciados levando-se em consideração vários fatores, destacando-se a geomorfologia da costa, as características hidrodinâmicas das marés, suas correntes e ondas, da configuração do curso dos rios, das propriedades físicas, químicas e biológicas das águas e dos processos sedimentares, sendo possível ocorrerem, na mesma região, vários tipos.

A partir das considerações de Gregório e Mendes (2009), pode-se afirmar que no Estuário do rio Pará, fortemente influenciado pelas macromarés atlânticas, os principais fatores que controlam os processos geológicos são a topografia, com baixas altitudes dos terraços costeiros e com extensas planícies, o grande aporte fluvial e a atuação das marés e suas correntes multidirecionais.

O rio Dendê, um pequeno afluente da margem direita do rio Pará, sofre as consequências do “afogamento” regional, na escala de sua dimensão e localização, além disso, sua microbacia se encontra fortemente pressionada por processos antrópicos ligados à presença de indústrias de transformação mineral e afins e, também, de inúmeros aglomerados populacionais, com destaque para a Vila do Conde.

Figura 1 - Localização da área de pesquisa



Fonte: Google Earth (2010)

1.3 OBJETIVOS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso – TCC tem por objetivo maior cumprir com o que estabelece a norma legal para a obtenção do Grau de Bacharel em Geologia pela Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará.

Os estudos realizados e aqui apresentados visam contribuir para a compreensão dos processos geológicos atuantes durante o Quaternário, em especial durante o Holoceno, no Estuário do rio Dendê, pequeno tributário da margem direita do rio Pará, também conhecido como Baía do Marajó, principal corpo hídrico da região Flúvio-estuarina do Golfão Marajoara.

O objetivo de propor um Modelo Paleogeográfico da Evolução Geológica Recente do Sistema flúvio-estuarino do rio Dendê, nessa parte da Região Costeira do Pará resulta de atividades específicas realizadas neste TCC e ligadas a estudos bibliográficos, levantamentos de campo, com coleta de dados e amostras, e as necessárias análises de laboratório complementares.

Assim, durante um ciclo sazonal, foram analisadas as características hidrodinâmicas do estuário do rio Dendê, as propriedades físicas, químicas e microbiológicas de suas águas, as propriedades texturais e a composição mineralógica dos sedimentos recentes que ocorrem ao longo do seu curso.

A observação da atuação dos ventos, das correntes de marés, das ondas e outros processos geológicos operantes nesse estuário, aliados aos estudos, *in loco*, com coleta de dados e amostras, nas barras arenosas da desembocadura do rio Dendê e em outras áreas ao longo do curso desse rio, possibilitaram, ainda, a compreensão das correntes resultantes e/ou predominantes na erosão das margens do estuário, no transporte e na deposição dos sedimentos.

O Modelo de Previsão Futura, considerando os processos geológicos futuros esperados para a área onde se localiza o rio Dendê, pode ser considerado um objetivo sócio ambiental que este TCC também alcança.

1.4 LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE ESTUDO

O rio Dendê está situado a cerca de 140 km do Oceano Atlântico. Na sua desembocadura, na margem direita se encontra a Vila do Conde, e, na margem esquerda, dois portos de desembarque de minério de caulim, no município de Barcarena, que pertence a Mesorregião Metropolitana de Belém (Fig. 2).

Ao longo do curso do rio Dendê é frequente a presença de comunidades e moradores ribeirinhos, com maiores concentrações na vila de São João e São Pedro. Além desses, situam-se ao longo da microbacia do rio Dendê algumas das grandes indústrias localizadas no Distrito Industrial de Barcarena e as estradas municipais e estaduais que cortam a região.

O acesso à área de estudo pode ser feito a partir de Belém, via terrestre pela BR-316, até o município de Marituba, alcançando a PA-151 (Alça Viária), até o município de Barcarena onde então se utiliza a PA-483 até a Vila do Conde. O acesso pode ser feito também via fluvial partindo-se de Belém, Terminal Rodofluvial, seguindo-se de balsa até o porto do Porto do Arapari. Daí, segue-se pela rodovia PA-151 até o Km 19 para chegar à cidade de Barcarena, e depois pela rodovia PA-483 para chegar à Vila do Conde.

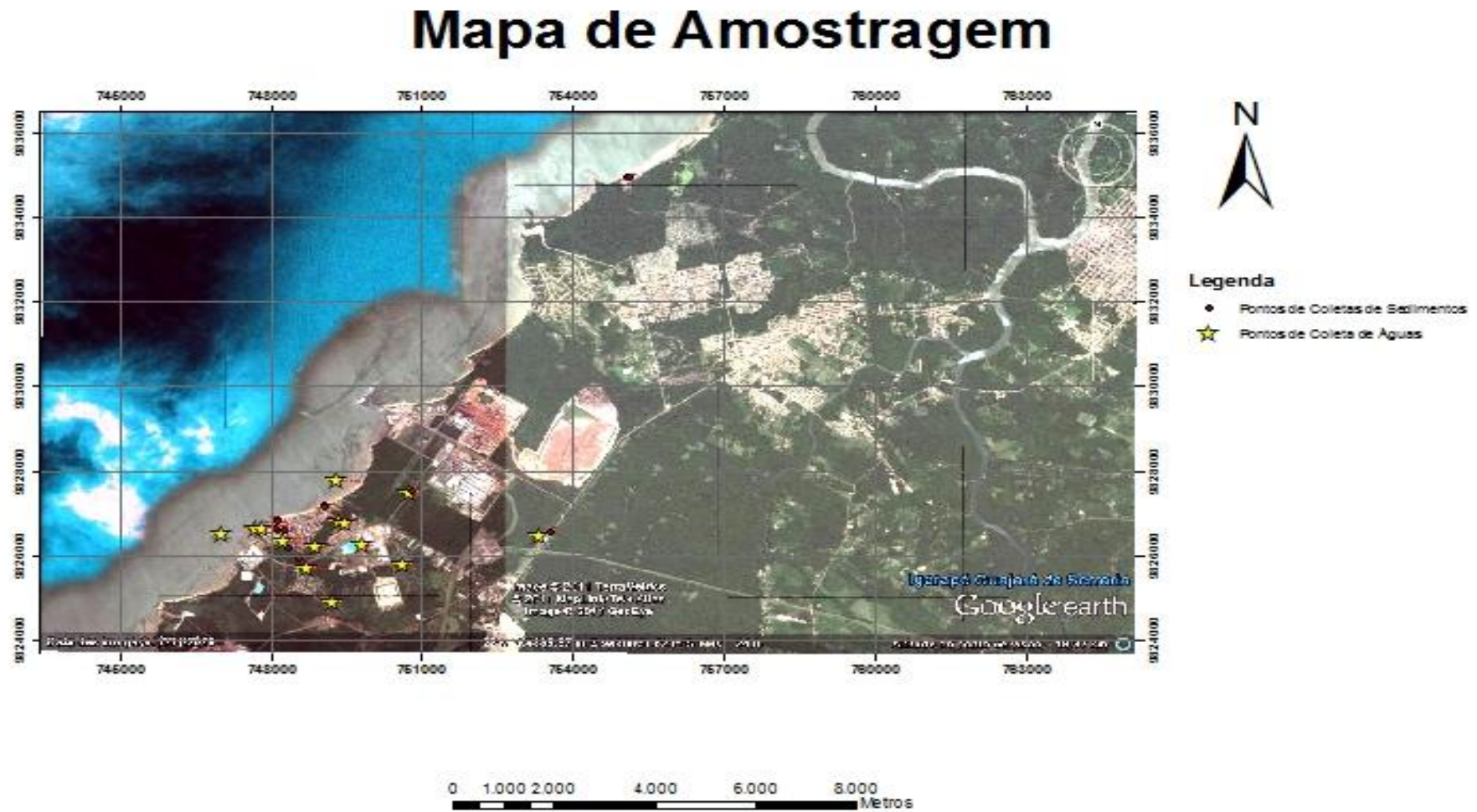
2 METODOLOGIA, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E LEVANTAMENTOS DE DADOS SECUNDÁRIOS

Consistiu na consulta à literatura científica nacional e estrangeira, para o levantamento de informações existentes e referentes às áreas temática e geográfica da pesquisa e dos estudos propostos. Além da Biblioteca do Instituto de Geociências foram obtidas informações na internet, Google e na Biblioteca Central da Universidade Federal do Pará.

O levantamento de dados já existentes, em especial as imagens de satélite foi fundamental para a elaboração de um mapa preliminar de amostragem (Fig. 3), assim como para a execução das etapas de campo, coma coleta dos parâmetros geoquímicos e de amostras.

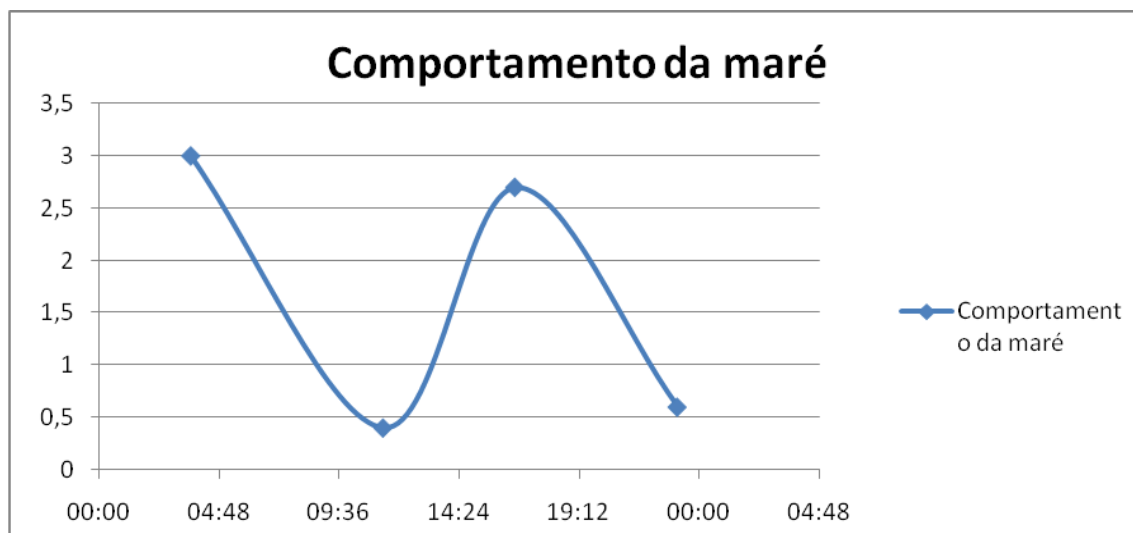
Figura 3 - Mapa de localização amostragem na área de pesquisa



Fonte: Google (2010)

Os dados sobre o comportamento das marés para os horários de melhor coleta foram adquiridos no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil - DHN/MM (Fig. 4): <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>.

Figura 4 - Comportamento da maré na desembocadura do rio Dendê em 27/11/2010.



Fonte: DHN/MM

2.2 CAMPANHAS DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram feitos para o levantamento das propriedades físicas e químicas das águas dos rios Pará e Dendê e coleta de amostras de sedimentos nesses mesmos rios.

2.2.1 Estudos das propriedades das águas dos rios Dendê e Pará

Durante as campanhas de campo foram feitas coletas de água superficial dos rios Pará e Dendê para a determinação das propriedades físico-químicas e bacteriológicas nos locais de coletas predefinidos (Fig. 3). A amostragem ocorreu segundo técnicas e procedimentos pré-estabelecidos pela CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1987).

As coordenadas dos pontos de coletas foram obtidas através de GPS Garmin Etrex Vista HCx (Tab.1). Todas as amostras foram devidamente identificadas no campo através de uma ficha com o número e local de coleta obedecendo a seguinte metodologia.

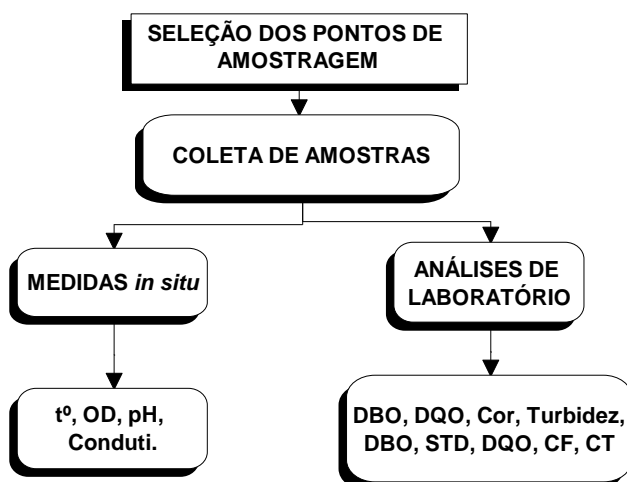
Tabela1 - Localização e georeferenciamento dos pontos de amostragem de água nos corpos hídricos da área de trabalho.

Ponto	Coordenadas UTM		Ponto de Amostragem
P1	753338	9826465	Nascente do rio Dendê
P2	751379	9826587	Ponte sobre o rio Dendê
P3	748919	9826185	Ponto intermediário- rio Dendê
P4 e P5	749359	9826815	Ponte sobre o rio Dendê na Vila do Conde
P8 e P9	748713	9825792	Ig. Curuperê na Ponte da Estrada do Porto
P10 a 16	748289	9826342	Interior do estuário do rio Dendê
P17	747052	9826493	Rio Pará – montante da foz do rio Dendê-2010
P18	747737	9826630	Rio Pará em frente a foz do rio Dendê-2010
P19 e 20	749345	9827767	Rio Pará - jusante da Foz do Rio Dendê- MB-2010

2.2.1.1 Análises *in situ* e de laboratório

Conforme sequência de procedimentos representada abaixo, as determinações da temperatura, pH, condutividade, turbidez e Oxigênio Dissolvido (OD) foram realizadas nos locais da amostragem, usando termômetro digital, tipo espeto Incoterm, condutivímetro, oxímetro, turbidímetro e pH-metro de campo, marca DIGIMED.

A coleta e preservação das outras amostras foram realizadas de acordo com as orientações do Guia de Coleta e Preservação de Amostras d'água da CETESB (1987). Em cada ponto de amostragem foram coletados 2 litros d'água para a realização da maioria das análises. As garrafas utilizadas para a coleta de Coliformes Fecais e Coliformes Totais foram previamente lavadas e esterilizadas.



2.2.1.2 Preservação das amostras

Foi realizada ainda, a preservação das amostras em campo para: a) retardar a ação biológica e a hidrólise dos compostos químicos e complexos; b) reduzir a volatilidade dos constituintes e os efeitos de adsorção; c) preservar organismos, evitando alterações morfológicas e fisiológicas.

Foram seguidos os critérios de preservação e tempo de execução das análises indicadas segundo a CETESB (1987) e APHA/AWWA/WPCF - American Public Health Association / American Water Works. Association / Water Pollution Control Federation. (1980) (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros a serem analisados, preservação das amostras e prazo de análise (CETESB, 1987; APHA/AWWA/WPCF, 1980)

Item	Parâmetro	Preservação	Prazo
1	Amônio (NH ₄ ⁺)	Fixar em campo, ambiente escuro	24 h
2	Coliformes Fecais (CF)	Preservar e temperatura de 4 a 10°C	24 h
3	Coliformes Totais (CT)	Preservar e temperatura de 4 a 10°C	24 h
4	Cor	Refrigerar a 4°C	24 h
5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Refrigerar a 4°C	24 h
6	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Acidular com H ₂ SO ₄ até pH >2 e refrigerar a 4°C	7 dias
7	Metais Fé, Mn, Ni, Hg, Zn, Cd, Pb, Cu, Cr	Preservar em ácido nítrico	6 meses
8	Nitrato (NO ₃ ⁻)	H ₂ SO ₄ até pH < 2 e refrigerar a 4°C	24 h
9	Óleos e graxas	Acidular com HCl a pH < 2	24 h
10	Oxigênio Dissolvido (OD)	Fixar em campo	4 a 8 h
11	PH	In situ ou a 4°C	6 h
12	Sólido Sedimentava (SS)	Preservação a 4 °C	24 h
13	Sólidos Totais (ST)	Preservação a 4 °C	24 h
14	Turbidez	Refrigerar a 4°C, ambiente escuro	24 h

2.2.2 Coletas de sedimentos

As amostras de sedimentos foram coletadas nas “praias” do rio Pará, nas barras de desembocadura e nos barrancos do rio Dendê, para a caracterização das propriedades texturais e a identificação mineralógica, em especial das assembléias de minerais pesados e dos minerais argilosos (Fig. 3), as coordenadas geográficas dos pontos de coleta e dos pontos coletados foram obtidas através de GPS Garmin Etrex Vista HCx (Tab. 3).

Tabela3 - Pontos de coletas de sedimentos

Pontos	Localização		Descrição
	X	Y	
PSA-01	0753559	9826558	Nascente do rio Dendê
PSA-02	0750798	9827518	Ponte sobre o rio Dendê
PSA-03	0749081	9827164	Praia de Vila do Conde
PSA-04	0748146	9826588	Barra arenosa na foz do rio Dendê - Intermaré
PSA-05	0748272	9826566	Barra arenosa na foz do rio Dendê - Supramaré
PSA-06	0748145	9826840	Praia de Vila do Conde - Foz do rio Dendê
PSA-07	0748136	9826800	Solo na foz do Dendê
PSA-08	0748364	9826173	Interior do estuário do rio Dendê
PSA-09	0748558	9825894	Barranco no rio Dendê
PSA-10	0755101	9834930	Praia do Caripi

2.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO

2.3.1 Análise dos parâmetros físico-químicos das águas

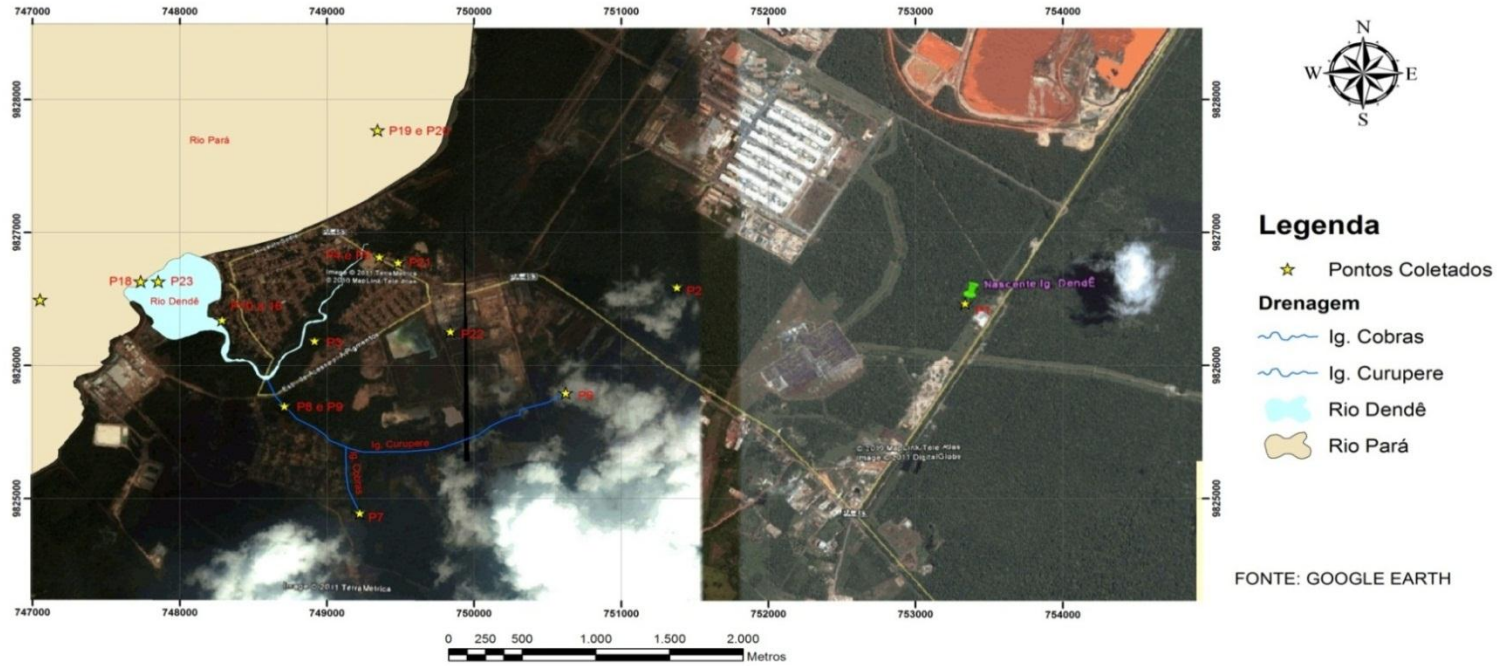
As análises físico-químicas possibilitaram a caracterização das águas do rio Dendê quanto às suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas, considerando os parâmetros listados na Tabela 4 (CETESB, 1987). Os resultados foram plotados posteriormente em gráficos de variação.

Tabela 4 - Parâmetros analisados

ITEM	PARÂMETROS
1	Temperatura
2	pH
3	Cor
4	Turbidez
5	OD
6	DBO
7	DQO
8	STD
9	Condutividade elétrica
10	CF
11	CT

Figura 5 - Localização dos pontos de amostragem de Água

Mapa de Pontos



2.3.2 Peneiramento

O método mais empregado para efetuar a análise granulométrica de sedimentos arenosos é o peneiramento. O método consiste na retirada de uma alíquota pesada de 50g da amostra, a qual foi colocada na estufa a 50°C até a evaporação completa da água. Após a secagem, para o peneiramento foi utilizado um conjunto de peneiras de diferentes diâmetros, com malhas de 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,250mm, 0,125mm e 0,063mm, e agitador por 10 minutos.

Em algumas amostras foi realizado o peneiramento a úmido na peneira de inox de 63 μ (4 ϕ), para a retirada da fração granulométrica inferior a 0,062mm, com o objetivo de analisar os sedimentos argilosos através de difratometria de raios-X.

Após a retirada, essa fração, foi levada para centrifuga, onde foram separadas as frações silte e argila. A centrifugação ocorreu durante 10 minutos até que houvesse a separação da fração argila.

O peneiramento das areias foi realizado a seco, e consistiu na separação dos sedimentos em diferentes frações, para a confecção de gráficos e análises quanto a padrões de seleção, curtose, média, mediana e assimetria para a caracterização dos sedimentos.

2.3.3 Separação dos Minerais Pesados

Na preparação das amostras para análise dos minerais pesados foram utilizadas as frações granulométricas 2 ϕ a 3 ϕ (0,250 a 0,125mm) e 3 ϕ a 4 ϕ (0,125 a 0,063mm), embora em casos específicos possam ser utilizadas outras frações. Como alguns grãos estavam envolvidos por óxidos de ferro, para eliminá-los as amostras foram atacadas com HCl frio a 10%.

Na separação foi utilizado o bromofórmio. Após a separação, os minerais foram limpos dos resíduos dos líquidos densos com o álcool etílico.

Para observação microscópica e para ficarem com a amostragem permanentemente disponível para observação (análise ou comparação), os minerais pesados foram montados numa lâmina utilizando uma resina não birrefringente, como o bálsamo do Canadá (n=1,54). A quantidade de grãos separados para observação microscópica foi suficiente para preencher a área útil da lâmina para ser observada ao microscópio petrográfico, com o cuidado de que não houvesse sobreposição de grãos.

A identificação dos minerais pesados (espécies transparentes) foi efetuada ao microscópio polarizante de luz transmitida, observando-se os grãos montados em lâminas, sem tratamento especial.

Para a quantificação dos minerais pesados nas lâminas, foi feita a contagem dos mesmos até um máximo em alguns casos de 500 grãos por lâmina.

A utilização de microscópio petrográfico de luz transmitida permitiu apenas reconhecer as espécies transparentes, ficando de fora a possibilidade de identificação dos grãos opacos.

2.3.4 Identificação dos minerais argilosos

Para a identificação dos argilominerais foram utilizados os difratogramas resultantes das análises das amostras. Cada uma das amostras foi analisada segundo as condições; normal (amostra seca a temperatura do ar-26° C), glicoladas (atmosfera de etileno—glicol) e a 550°C por 2 horas, seguindo a metodologia de acordo com as tabelas e dados de Brown (1961) e Thorez (1976). A análise quantitativa dos mesmos seguiu a metodologia de Biscaye (1965).

3 DIAGNÓSTICO DO MEIO SOCIOECONÔMICO

O município de Barcarena está estruturado administrativamente com sua sede, a cidade de Barcarena e o Distrito de Murucupi composto por 06 vilas: Vila dos Cabanos, Vila do Conde, Vila de São Francisco, Vila de Itupanema, Vila Nova e Vila do Laranjal. Além disso, 80 comunidades distribuídas ao longo da parte insular e continental completam o cenário social. Nestas localidades, as condições de moradia, educação, saúde, segurança e infraestrutura são bastante heterogêneas.

3.1 OCUPAÇÃO ANTRÓPICA E O MEIO SOCIOECONÔMICO

Os primeiros habitantes das terras de Barcarena foram os índios Aruãs, que, durante o período da colônia, antes de 1709, foram catequizados pelos padres jesuítas. Estes se instalaram em terras doadas por Francisco Rodrigues Pimenta, onde fundaram uma fazenda com o nome de Gebirié, depois conhecida como “Missão Geribirié”, erigindo aí uma igreja, que ainda serve de matriz. Posteriormente, elevado o povoado à categoria de freguesia, sob a invocação de São Francisco Xavier. Sua elevação à categoria de Vila aconteceu mediante a promulgação da Lei Estadual nº 494, de 10 de maio de 1897, ocorrendo sua instalação em 2 de janeiro de 1898, segundo estava determinado pelo Decreto nº 513, de 13 de dezembro de 1897 (SEPOF, 2005).

A origem do nome desse município é atribuída a uma grande embarcação que havia sido batizada como “Arena”, e a qual os habitantes do lugar chamavam de barca. A junção das duas palavras fez com que a localidade ficasse conhecida como Barcarena. No Decreto-Lei de nº 2.972, de 31 de março de 1938, a denominação oficial do lugar aparece como Barcarena, simplesmente, considerada como distrito da jurisdição de Belém. Pelo Decreto-Lei Estadual nº 3.331, de 31 de outubro do mesmo ano, Barcarena perdeu o território da área do Caeté, em favor do município de Mojú. Somente mediante a promulgação de Decreto-Lei Estadual nº 4.505, de 30 de dezembro de 1943, Barcarena foi reconhecida como Município do Estado do Pará, fixando seus limites e sua localização geográfica. Em 1956, foram reconhecidos como seus distritos Barcarena e Murucupi, com os quais configura seu território, até hoje. Devido à proximidade de Belém, cujo território pertenceu até 1938, Barcarena foi palco de importantes acontecimentos durante os agitados anos da Cabanagem.

Atualmente o município faz parte da Mesoregião Metropolitana de Belém, tendo

como limite, ao norte, a baía do Guajará e município de Belém, ao sul, municípios de Mojú e Abaetetuba, a leste com a baía do Guajará e município de Acará e a oeste com a Baía do Marajó.

Num contexto histórico mais recente, mais precisamente a partir da década de 1980, o município de Barcarena passou por profundas transformações socioeconômicas, decorrentes da instalação do projeto Albrás - Alunorte em seu território. Ao longo das décadas de 80 e 90, ocorreram mudanças mais marcantes na economia local, na dinâmica populacional, na infraestrutura de serviços (públicos e privados) e no meio ambiente. Atualmente, a economia de Barcarena está diretamente ligada às atividades do setor minero - metalúrgico, com reflexos diretos sobre os setores de: construção civil, comércio varejista, transporte e comunicação, alojamento e educação. O município de Barcarena é um dos maiores municípios do Pará, em termos populacionais, participando com 1% na população estadual, tendo uma das maiores densidades demográficas, aproximadamente 60 hab./km².

Outro fator para o incremento da população pode ser associado na reestruturação do município, uma vez que houve um acréscimo de 405 km² no território municipal, incorporando desta forma as populações associadas.

Em relação à distribuição da população, segundo os espaços urbanos e rurais, observa-se, uma tendência de urbanização que se inicia na década de 70 e tem continuidade na década seguinte, reflexo da forte mobilidade das populações rurais em direção aos núcleos urbanos.

Tabela 5 - Trajetória da dinâmica demográfica em Barcarena

Anos	População (Hab.)	Área (Km²)	Densidade (Hab/km²)
1980	20.021	895,00	22,37
1991	45.946	1.300,00	35,34
1996	54.259	1.316,02	41,23
1997	56.084	1.316,02	42,62
1998	57.622	1.316,02	43,79
1999	59.162	1.316,02	44,96
2000	63.268	1.310,30	48,29
2001	65.385	1.310,30	49,90
2002	66.913	1.310,30	51,07
2003	98.604	1.310,30	75,25
2004	72.441	1.310,30	55,29
2005	74.071	1.310,30	56,53
2006	76.071	1.310,30	58,06
2007⁽¹⁾	78.005	1.310,30	59,53

Fonte: IBGE (1) IBGE. Contagem da População, 14/11/2007

Desconsiderando a década de 70, onde a população rural era de quase 90%, em todo o período estudado (1980-2000) não houve mudanças significativas na distribuição da população, permanecendo uma predominância da população rural (66,5%, em 1980 e 56,10%, em 2000), ainda que tenha ocorrido uma redução da população rural do município, em 10 pontos percentuais, o que pode ser decorrente da desapropriação da população rural residente na área de instalação de projetos industriais, além do deslocamento populacional condicionado pela possibilidade de melhoria de condições de vida nas áreas urbanas do município.

3.2 INDICADORES ECONÔMICOS

O PIB (Produto Interno Bruto) constitui-se em um indicador que mais retrata a importância da produção por setores produtivos da economia, pois representa em valores financeiros o nível de riqueza gerada em um determinado período.

Nesse sentido, percebe-se que nos anos de 2000 a 2004, o setor econômico que mais vem contribuindo para o município consiste na indústria que acaba por incentivar o setor terciário, onde a trajetória de ambos fica manifestada por crescimento contínuo. O setor primário é o que menos contribui para o incremento no PIB de Barcarena, contudo passou por leves crescimentos neste período, sendo que em 2004 sofreu um decréscimo. (Tabela 6)

O setor secundário é o que mais produz em Barcarena, como o próprio PIB indica, contudo, verifica-se que em termos de quantidade de estabelecimentos, o primeiro lugar fica com o setor terciário da economia, seguido da indústria (Tabela 6).

Tabela 6 - PIB do município de Barcarena no período de 2000 a 2004 em relação aos setores econômicos

Ano	Agropecuário	Indústria	Serviços
2000	8.376	738.573	191.517
2001	9.616	813.676	233.820
2002	11.408	1.004.556	252.768
2003	10.891	1.585.029	335.895
2004	10.567	2.324.162	412.22

Fonte: IBGE/PAM

3.3 ATIVIDADES PORTUÁRIAS

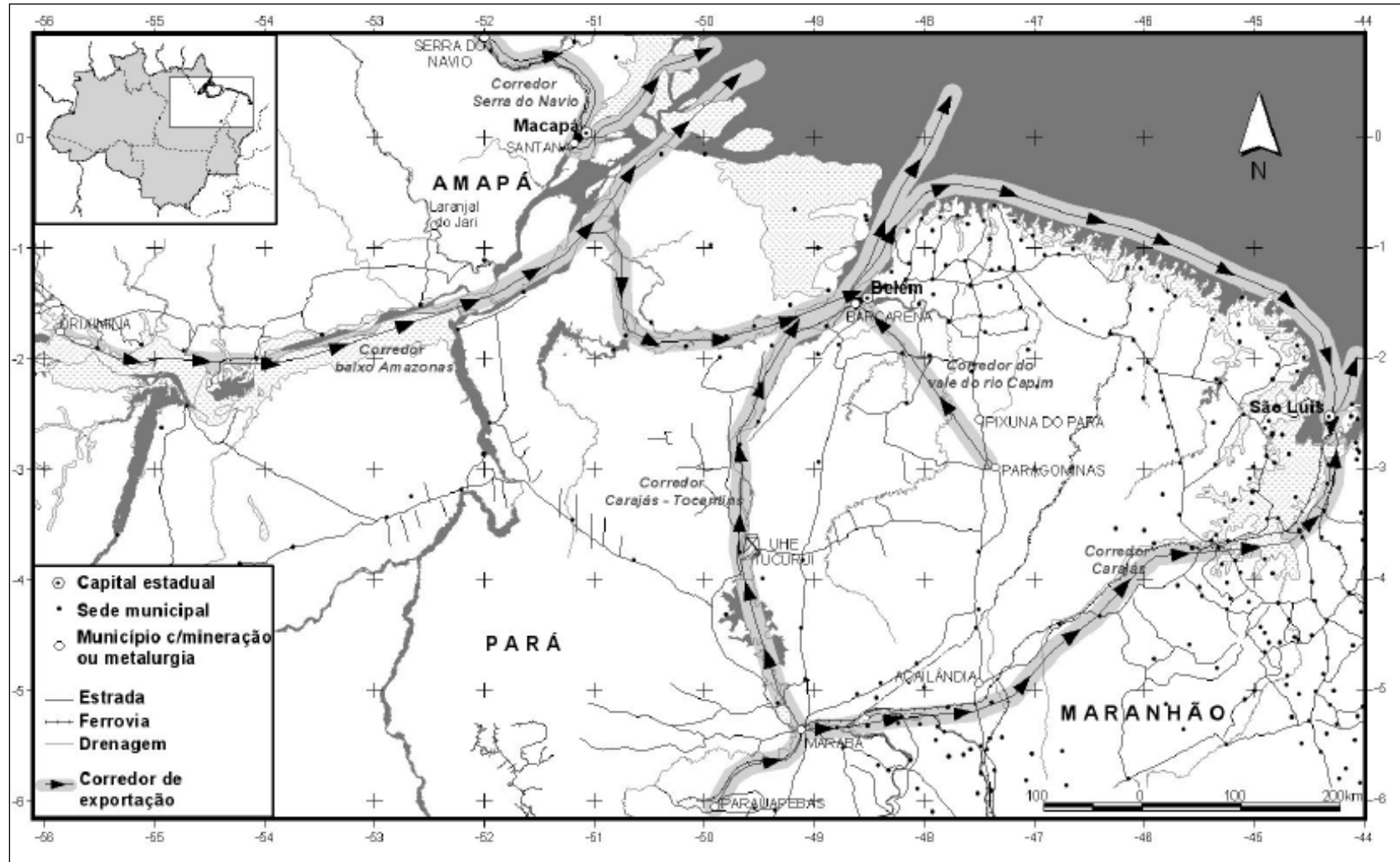
O Complexo Industrial Portuário de Vila do Conde está localizado no Município de Barcarena – PA, na margem direita do Rio Pará, em frente à baía do Marajó, com profundidade de 14m e extensão de 1.091m e área de apoio de 7.700m². Conta ainda com uma grande área para sua expansão.

A movimentação de mercadorias é intensa e com tendência a aumentar devido elevação da capacidade de alguns empreendimentos atingido sua capacidade plena de produção, proporcionando assim, elevação de produção e, conseqüentemente, maior movimentação de bauxita e alumina que compõem a cadeia da industrialização do alumínio.

Segundo Coelho et al (2004), diferentes momentos de produção e exportação de produtos minerais (caulim, bauxita e produtos originados dela – alumina, alumínio) na Amazônia Oriental Brasileira levam a instalação, consolidação e expansão do distrito industrial e portuário em Barcarena.

Conforme se observa na Fig. 6, constante em Coelho et al (2004), para os portos e terminais em Vila do Conde, Barcarena, já convergem dois corredores de exportação: a) o corredor do Trombetas - Baixo Amazonas, entre o porto de Vila do Conde, no município de Barcarena no Pará, e o porto da Ponta da Madeira, em São Luís do Maranhão; b) o corredor dos minerodutos das minas, que vai do vale do rio Capim a Barcarena, formado, atualmente, por dois minerodutos que transportam caulim.

Figura 6 - Principais corredores de exportação da Amazônia oriental brasileira



4 GEOLOGIA E ECOSISTEMAS DE BARCARENA

4.1 GEOLOGIA

Considerando a Geologia Regional, o município de Barcarena está inserido no quadro geológico e estratigráfico da Região Nordeste - NE do Estado do Pará, onde são encontrados os litotipos do Terciário, pertencentes à Formação Pirabas e Grupo Barreiras, e os sedimentos quaternários, bem como as formações lateríticas de idades variadas.

A Geologia Ambiental desse município é determinada pelos elementos atmosféricos dominantes na região com destaque para o clima e o regime de ventos. Assim, o Ciclo Hidrológico desempenha um papel de fundamental importância para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e terrestres e de toda a bacia hidrográfica do município de Barcarena. Do mesmo modo, as macromarés provenientes do oceano Atlântico são determinantes na formação dos estuários nos rios da região.

4.1.1 Geologia Regional

4.1.1.1 Formação Pirabas

A Formação Pirabas representa uma importante unidade litoestratigráfica do Cenozóico no Brasil (FERREIRA 1966, 1977, 1982). A proposição do termo “Pirabas” é atribuída à pesquisadora francesa Maury (1925), a qual descreveu vasto material fossilífero e o comparou com faunas terciárias da América Central, América do Norte e Antilhas. A Formação Pirabas faz parte do quadro geológico da Região NE do Pará, e também das áreas costeiras dos estados do Maranhão e Piauí.

A Formação Pirabas é datada do Terciário (FERREIRA, 1982) e sua fauna relacionada a zonas bioestratigráficas internacionais (FERNANDES, 1988). Com base nos estudos dos foraminíferos, Ferreira et al. (1984) limitaram sua idade ao intervalo Oligoceno Superior - Mioceno Inferior.

A origem dessa Formação deve-se a sucessivos períodos de transgressão e regressão marinha ocorridos durante o Terciário, os quais propiciaram a deposição de uma sequência de diferentes tipos de rochas carbonáticas, com algumas camadas de calcários ricamente fossilíferos, formadas em ambiente marinho raso.

No NE do Estado do Pará, apesar da grande extensão em subsuperfície, aflora descontinuamente na região costeira (zona do Salgado) e no interior do continente (Zona Bragantina).

A Formação Pirabas está dividida em três membros: Castelo, o Membro com calcários mais distais, característicos de plataforma em mar aberto; Membro Baunilha Grande, considerado intermediário, composto de calcarenitos de ilhas barreiras e o mais proximal, Membro Capanema, com fácies lagunar.

Na Região Metropolitana de Belém, a Formação Pirabas pode ser encontrada a partir de profundidades de 70 até 200 metros. Na região de Barcarena e adjacências essa formação geológica é encontrada em profundidades até maiores de 250 metros, devido às estruturas tectônicas locais.

4.1.1.2 Grupo Barreiras

O termo “Grupo Barreiras” foi proposto originalmente por Bigarela e Andrade (1964) para designar um conjunto de sedimentos cenozóicos no litoral pernambucano.

Na região NE do Pará, o Grupo Barreiras compõe-se de uma sequência sedimentar terrígena, considerada de origem continental, depositada a partir do Plioceno (Terciário), através de sistemas fluviais entrelaçados associados a leques aluviais, planícies de areia, planícies de lama, sendo provável influência das marés (ROSSETI et al., 1989).

Com base em dados palinológicos, o Grupo Barreiras foi datado do Mioceno (ARAI et al., 1988) sendo que, considerados os métodos de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ e $(\text{U-Th})/\text{He}$, foram determinadas idades entre $43,2 \pm 4,3$ Ma e $21,6 \pm 2,2$ Ma para a deposição dessa Unidade.

Os sedimentos Barreiras compõem a base do Baixo Planalto Costeiro, ou Terra Firme, fazendo parte de falésias na região costeira do nordeste paraense, conhecida como região do Salgado, e, ainda, dos terraços, com diferentes altitudes, que margeiam o rio Pará e demais corpos hídricos das regiões Guajarina e Bragantina.

Segundo (MABESSONE, 1987), de um modo geral, o Grupo Barreiras é composto, na base, por arenitos alaranjados, às vezes amarelados, de granulometria areia média a fina, por vezes grosseira, pouco friável, que, ocasionalmente, apresenta níveis centimétricos, conglomeráticos, contendo grãos e seixos de quartzo. É comum a presença de estratificação cruzada acanalada.

No topo dessa Unidade são encontrados sedimentos argilosos e argilo-arenosos, de coloração creme-amarelado tornando-se avermelhados para a base, localmente com níveis de arenitos ferruginosos.

4.1.1.3 Sedimentos Quaternários e Formações Lateríticas

O termo “Pós-Barreiras” foi designado por Silva e Loewenstein (1968) para caracterizar os sedimentos amarelados, inconsolidados, mal selecionados, aparentemente maciços, de coloração amarelada, sobrepostos às camadas do Grupo Barreiras que ocorrem no NE do Estado do Pará. É constituído litologicamente por sedimentos areno-argiloso, compostos, principalmente, por grãos de quartzo e frações de silte e argila, com leitos finos de seixos de arenitos ferruginosos (SILVA e LOEWENSTEIN, 1968.).

O contato com o Grupo Barreiras é marcado por um nível de paleopavimento composto por fragmentos lateríticos discóides (SÁ, 1969; ROSSETI et al., 1989).

A análise faciológica dos “sedimentos Pós-Barreiras”, sugere que sua deposição tenha ocorrido em sistemas de leques aluviais, planície de areia e planície de lama com possível influência marinha, durante o Pleistoceno

Os sedimentos mais recentes ocorrem predominantemente nos pântanos de água doce ou charcos, nas planícies de marés, mangues, terraços marinhos, campos de dunas colonizadas, dunas costeiras, barras, praias e cordões litorâneos atuais. São compostos por areias, siltes e argilas intercaladas. Sua espessura é variada, podendo chegar, no máximo, a 50m (COSTA et al., 1991).

É comum a ocorrência de argilas orgânicas, com restos vegetais, bioturbadas e intercaladas com siltes e areias finas, com espessuras milimétricas a centimétricas.

4.1.2 Geologia local

A geologia da área contígua ao rio Dendê é composta pelo Grupo Barreiras, cujo afloramento mais expressivo se encontra na falésia de Vila do Conde, onde se percebe uma superposição de sedimentos e níveis ferruginosos indicando uma sucessão de fases distintas de acumulação de detritos e alterações químicas.

Os aluviões recentes se encontram nos domínios das várzeas periodicamente inundadas e localizadas nos rios, igarapés e “furos”. Estes sedimentos são originados do

retrabalhamento dos depósitos aluvionares mais antigos, os chamados “tesos”, que foram originados pelo processo de erosão e retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Barreiras (BENVENUTI, 1995).

A geologia de subsuperfície, estudada através de poços profundos, perfurados na região, mostra que no intervalo entre 0 e 100 metros ocorre uma alternância de sedimentos finos a médios, com predominância de siltes e argilas, e progressivo desaparecimento da fração fina com a profundidade, dando lugar a arenitos médios a grosseiros principalmente no intervalo entre 170 a 210 metros de profundidade. De 210 até 250 metros, os arenitos voltam a apresentar uma granulometria mais fina com intercalações de lentes de folhelhos esverdeados, às vezes azulados (IPT, 1984).

O perfil geológico de subsuperfície mais detalhado, obtido a partir de poços perfurados para obtenção de água subterrânea, nas proximidades da área de estudo, apresenta a seguinte sequência: Da superfície até a profundidade de 6 metros, ocorrem areias fina, de cor amarela, muito argilosa, com níveis de laterita na porção basal; Entre 6 e 36m, ocorrem intercalações de argila, de cor variegada (cinza escura na porção superior a argila branca no pacote basal), e areia, de cor branca e granulometria que varia de média a grossa; De 36 a 49m ocorrem areias quartzosas, hialinas, de granulometria média; Entre 49 e 57m ocorre argila, de cor verde/branca, plástica; De 57 a 70m (profundidade limite) ocorre areia, de coloração branca, granulometria grossa a média, com incrustações de argila vermelha.

4.2 GEOMORFOLOGIA

Duas feições geomorfológicas são predominantes na composição do relevo no município de Barcarena: Superfície Erosiva Plana e Superfície de Agradação.

A superfície erosiva plana desenvolve-se no Baixo Platô Amazônico (Terra Firme) denominado, também, de Planalto Rebaixado da Amazônia e a superfície de agradação na Planície Fluvial Amazônica, sujeita às enchentes sazonais, formando as várzeas fluviais e igapós. Mais para a costa, com a presença das marés, a superfície de agradação ocorre nas várzeas flúvio-marinhas.

4.2.1 O Baixo Platô Amazônico – A “Terra Firme”

4.2.1.1 Os Terraços

Os terraços são terrenos mais elevados que ficam fora do alcance das águas durante as inundações decorrentes das chuvas ou das marés. Sua geomorfologia é constituída por uma superfície com topografia suave, com cotas variando de 5m a 12m, situados acima das planícies de inundação. Geologicamente, são terrenos pleistocênicos e holocênicos, formando antigas planícies de inundação que, devido ao re-entalhamento dos vales, decorrente de oscilações marinhas e variações do nível de base permanecem hoje em cotas superiores.

4.2.1.2 Os Tabuleiros

Os tabuleiros são terrenos mais antigos, do Plioceno/Terciário, desenvolvidos nos sedimentos do Grupo Barreiras, com cotas entre 15 e 30 metros, sendo encontrados nos limites topográficos ou divisores de águas, apresentando baixa densidade de drenagem superficial.

A geomorfologia suavemente ondulada e plana resulta das variações glacioeustáticas do nível geral das águas, com fases de regressões e transgressões marinhas e as variações climáticas que intercalaram períodos secos e úmidos, levando a um processo de aplainamento do relevo e geração de camadas lateríticas em diferentes níveis de subsuperfície.

Segundo Imbiriba Junior [200-] a superfície erosiva plana apresenta baixa declividade e platôs alongados na direção NW-SE, que são dissecadas por vales com pequenas planícies aluviais que gradam para planícies de marés na costa característica da superfície de agradação, onde ocorrem baías com barras arenosas na foz das drenagens conhecidas como “rias”.

4.2.2 Planície Fluvial Amazônica – A Várzea

A superfície de agradação desenvolve na Planície Fluvial Amazônica, sujeita às enchentes sazonais, formando as várzeas fluviais e igapós. Mais para a costa, com a presença das marés, a superfície de agradação está presente nas várzeas flúvio-marinhas. Nas planícies fluviais e flúvio marinhas se encontram os depósitos sedimentares mais recentes.

4.2.2.1 Várzea Alta

Junto às margens dos rios se encontra uma faixa de nível mais elevado e somente inundável durante as enchentes do período chuvoso amazônico e, na região costeira, durante as marés de equinócio. A várzea alta pode medir, excepcionalmente, até 1,6 km de largura, mas, a largura média é de 150 metros.

Nos estuários, durante a preamar, as águas que cobrem a várzea alta permanecem somente o tempo da enchente e da estufa de maré enchente sobre o solo, retornando logo ao leito do rio, na maré vazante. Neste local que os sedimentos mais grosseiros transportados pela maré se depositam. A várzea alta sofre muita influência do clima chegando a secar, completamente, durante os meses menos chuvosos, mas no período mais chuvoso permite o trânsito a pé de pessoas após a maré vazante.

4.2.2.2 Várzea Baixa

A várzea baixa, apresenta, em média, uma diferença de cota de 30cm em relação à várzea alta. Nesse local, a influência da inundação se exerce por mais tempo, pois, parte da água que transborda nas marés de equinócio fica represada. Além disso, a várzea baixa é umedecida ou invadida, parcialmente, durante quase todo ano, pelas marés de lua cheia e lua nova.

4.2.2.3 Igapó

Na parte mais interior, chega-se a um ponto onde a cota é tão baixa em relação às anteriores que a terra fica constantemente inundada e pantanosa, é o igapó. Nessas depressões do terreno, acumula-se a água da chuva, ou a que se escoou da terra firme que

lhe é contígua. Em geral, nos igapós estão as nascentes dos igarapés. O volume líquido nos igapós é bastante grande para impedir a entrada da água barrenta da maré. No igapó juntam-se detritos vegetais em decomposição na água estagnada e escura.

Segundo Falesi (1972), o perfil do solo igapó, tecnicamente denominado Bog ou Hot Bog (solo orgânico ou meio orgânico) constitui-se de uma camada superficial escura, muito ácida formada por material orgânico em decomposição, quase sempre anaeróbico devido ao excesso de água local durante grande parte do ano.

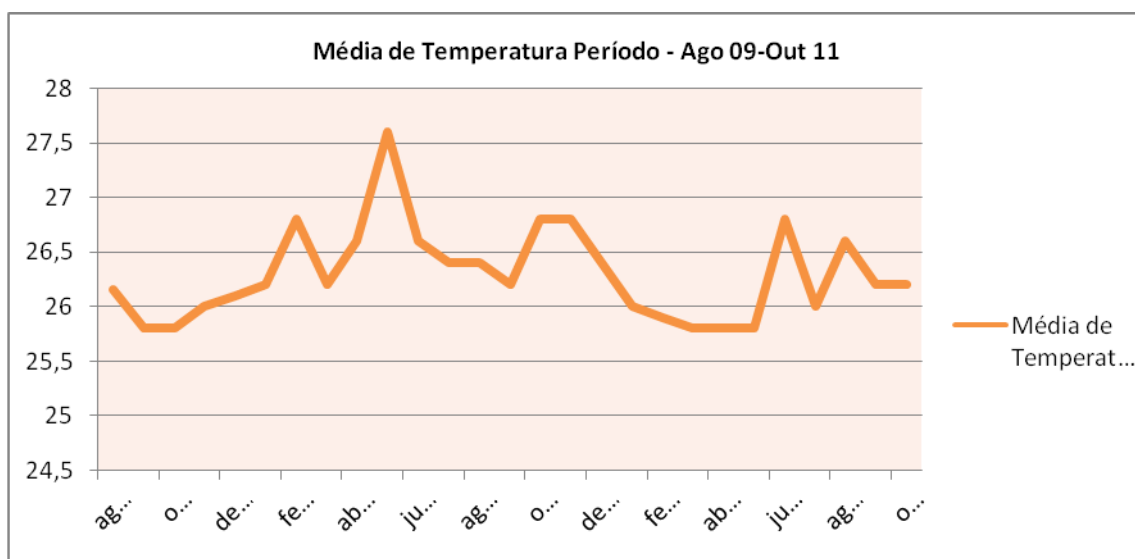
4.3 CLIMA

Foram analisados os dados do Instituto Nacional de Meteorologia e intitulados Normais Climatológicas para os períodos de 1961-1990, publicado em 1992 em Brasília, para a estação Belém; e dados para Barcarena, obtidos do Núcleo de Hidrometeorologia da SECTAM, para os anos de 2002 e 2003.

Dentre as estações com dados disponíveis, foram selecionadas duas estações mais próximas do local de estudo, em Barcarena e em Belém, consideradas mais representativas para embasar a caracterização climatológica.

O clima predominante no município de Barcarena é típico da Região Norte, ou seja, é quente e superúmido (Fig. 8), apresentando temperatura média anual de 26,2° C (Fig. 7), altas temperaturas (sempre acima de 180 C), ventos de baixa velocidade intercalados com frequentes momentos de calmaria, altos índices de umidade relativa do ar e precipitação abundante com totais oscilando entre 1.500 e 3.000 mm anuais.

Figura 7 - Média da Variação de temperatura dos meses de Ago-Out de 2010-2011



Na classificação de Köppen, esse clima enquadra-se no regime tropical equatorial (tropical chuvoso) de classe Af – clima de floresta tropical (RADAM, 1974) ou Clima Equatorial Úmido, conforme definição de Strahler (apud Moraes 1999); Temperatura Média Anual: 26,3°C Mínima: 22,8°C Máxima: 31°C. A umidade relativa do ar tem grande influência do fator térmico desta região e mostra uma variação média interanual de 85 %.

Figura 8 - Mapas dos domínios Climáticos da Região nordeste e do Marajó no Estado Do Pará



Outro aspecto importante na determinação das condições climáticas locais é a velocidade e direção do vento, apresentando as seguintes frequências anuais: nordeste (29%), norte (10%) e leste (9%). A frequência das demais direções são insignificantes. A velocidade média fica entre 2,6 e 2,9 m/s e a calmaria é de 45% nos 12 meses.

A precipitação na região equatorial é o elemento meteorológico que mais define o clima, relação da quantidade de chuva e a capacidade de armazenamento de água do solo definem a evapotranspiração potencial de uma região, que é fator chave para o crescimento da vegetação. Aspecto este que caracteriza toda a região, onde ainda é possível observar corredores verdes. Para área em questão, tem-se delimitação da área da forma estrutural segundo seu clima atmosférico dominante que neste caso é o Tropical Chuvoso de Floresta Afi.

Analisando-se três normais climatológicas (1901 - 1990) tem-se que a precipitação apresenta as seguintes características: um período chuvoso (dezembro a maio) e um período seco ou menos chuvoso (junho a novembro). O mês de maior precipitação é março com 422,5 mm e o de menor precipitação é novembro com 90,4 mm, seguido de outubro com 99,9 mm. Em pesquisa de 96 anos a média anual fica em torno de 2.745 mm. A maior percentagem de ocorrência se dá a tarde e ou início da noite favorecida pela alta umidade do ar que facilita as chuvas de convecção neste horário (PINHEIRO, 1987).

Durante o ano de monitoramento e confecção do trabalho as médias foram segundo o SIPAM(2010), na Amazônia no período de novembro de 2010 os menores índices pluviométricos ocorreram no norte da Amazônia oriental e estado de Roraima,

com acumulados inferiores a 100 mm. Todavia, ainda assim, no nordeste paraense e grande parte do Maranhão houve predomínio de áreas com categoria chuvoso/muito chuvoso.

O início do trimestre (Dez-Jan-Fev.) marcou a transição entre a estação seca e a chuvosa no norte da Amazônia. Os máximos da chuva deslocaram-se, agora no sentido noroeste sudeste (NW/SE), aumentando gradativamente a precipitação em outras regiões.

4.4 HIDROLOGIA

Toda a região onde está localizado o rio Dendê faz parte do grande Sistema Flúvio-Estuarino do rio Pará, também conhecido como Baía do Marajó. Segundo o Zoneamento Costeiro do Pará, referida área também é conhecida como Zona Insular Estuarina, devido à grande quantidade de ilhas de diferentes dimensões que ocorrem nessa região do Estuário Marajoara.

Os principais corpos hídricos da região são os rios Pará e Tocantins e Amazonas. O rio Para é interligado ao rio Amazonas por uma série de canais, denominados de “furos” ou “estreitos” de Breves, através dos quais fluem as correntes das macro marés, típicas da Região Costeira do Norte do Brasil.

Segundo Lima (1979), o rio Pará se constitui em um sistema hidrográfico sem nascente própria, formado por inúmeros rios cujas águas nele desembocam, dando origem a uma sucessão de baías e enseadas que se estendem ao longo da costa sul da Ilha de Marajó.

O sistema hidrográfico do rio Pará apresenta uma extensão de 300 km, com 20 km de largura, sendo resultante das águas dos rios Araguaia com extensão de 2.627 km, do rio Tocantins com extensão de 2.600 km, do rio Capim com extensão de 1.000 km, do rio Acará com extensão de 900 km, do rio Mojú com extensão de 800 km, do rio Guamá com extensão de 700 km, do rio Anapú com 150 km de extensão e do rio Araticu com 150 km de extensão.

A característica mais marcante da hidrologia do rio Pará, com seus “furos” e igarapés é a forte influência das macromarés provenientes do oceano Atlântico, tendo, portanto, grande importância tanto pelo potencial ecológico que apresenta, como também pela sua utilização hidroviária.

4.5 HIDROGEOLOGIA

4.5.1 Hidrogeologia Regional

Na Região Metropolitana de Belém, os estudos hidrogeológicos apontam os principais aquíferos localizados no Grupo Barreiras e na Formação Pirabas (Terciário).

4.5.1.1 Aquíferos do Grupo Barreiras

Os aquíferos localizados no Grupo Barreiras são os mais explorados na Região Metropolitana de Belém. São constituídos por areias quartzosas, finas a médias, às vezes grosseiras a conglomeráticas. Em determinados locais apresentam horizontes lateríticos, exibindo concavidades intercomunicantes, constituindo-se em aquíferos de elevada transmissão de água (PEREIRA et al., 1994).

O nível estático dos aquíferos do Grupo Barreiras varia de 0.80 a 24m. Esses aquíferos apresentam distribuição espacial irregular, sendo bastante variáveis em profundidade, espessura, continuidade lateral e características hidrodinâmicas. Os poços nesses aquíferos possuem uma capacidade específica de cerca de $2 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}$, para um tempo de bombeamento de 4 a 8 horas, podendo chegar a $17 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}$, para um tempo de bombeamento de 24 horas (GASPAR, 2001; SEICOM, 1995).

De um modo geral, os aquíferos do Grupo Barreiras, estão mais próximos da superfície e são explorados através de perfurações rasas, em média, com 20 metros de profundidade, a maioria escavada manualmente, sem técnicas construtivas adequadas.

Os aquíferos Barreiras possuem pequena distribuição espacial e uma grande vulnerabilidade à contaminação, principalmente por fossas e efluentes domésticos e industriais, devido à composição litológica e à sua proximidade em relação à superfície (SAUMA FILHO, 1996; SEICOM, 1995).

4.5.1.2 Aquíferos da Formação Pirabas

Os aquíferos da Formação Pirabas, encontrados em profundidades superiores a 100 metros (PEREIRA *et al.*, 1994), são compostos de arenitos de origem marinha de granulação fina a grossa e seixos arredondados a subarredondados de quartzo, intercalados por camadas de argilas, margas, folhelhos e argilitos.

Referidos aquíferos, em função da profundidade, são pouco susceptíveis à contaminação de origem química e/ou biológica. Estes apresentam uma grande extensão lateral e boa espessura, propiciando o acúmulo de um grande volume de água e uma elevada transmissividade (ARAÚJO, 2001; SAUMA FILHO, 1996).

Na Região Metropolitana de Belém, os aquíferos do Pirabas são explorados através de poços com profundidades que variam de 220 a 280 metros e vazões que atingem $300 \text{ m}^3 / \text{h}$. A capacidade específica dos poços varia de $11.48 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}$ até $32.34 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}$, para um tempo de 24 horas de bombeamento contínuo. Cabe ressaltar que esses valores são referentes a poços na parte superior da Formação Pirabas (SAUMA FILHO, 1996; SEICOM, 1995).

4.5.2 Hidrogeologia local

As águas subterrâneas que ocorrem no município de Barcarena, quando comparadas com as de outras localidades nas proximidades de Belém, mostram uma certa semelhança, principalmente no que se refere à acidez, à baixa dureza, à baixa condutividade elétrica e à pobreza em determinados cátions, principalmente o cálcio.

Embora apresentando teores de ferro relativamente elevados, em determinados pontos, suas águas podem ser consideradas de potabilidade aceitável para o consumo humano (LIMA e KOBAYASHI, 1988).

Os aquíferos mais rasos na região de Barcarena se encontram no Grupo Barreiras. Por outro lado, os aquíferos da Formação Pirabas não ocorrem na área, pelo menos até a profundidade de aproximadamente 300 metros (IPT, 1984).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) identificou na área da ALBRAS um aquífero superior e um inferior, pertencentes ao sistema aquífero Barreiras. O aquífero superior é caracterizado por uma matriz arenosa e fina a média e espessura variável. O aquífero inferior é caracterizado por uma matriz arenosa, grosseira e heterogênea e com espessura relativamente constante. Ambos os aquíferos

são semiconfinados. O superior por siltitos e argilas, enquanto que o aquífero inferior está semiconfinado por argilas e uma camada laterítica na base do aquífero superior ou topo do inferior.

Os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero superior e inferior foram determinados através do ensaio de bombeamento e testes de produção. De acordo com esses ensaios, os poços no aquífero superior apresentam uma vazão de 35.6 m³/h, para um rebaixamento de 0.328 m, num período de 4 min.

A transmissividade desse aquífero é de 19.86 m²/h e o coeficiente de armazenamento 4.65 x 10⁻⁴. O aquífero inferior teve suas propriedades hidráulicas avaliadas pelo método de Hantush (1956), que leva em consideração o problema de drenança em aquíferos semiconfinados e regime não permanente. Através dessas avaliações o aquífero inferior pode ter suas propriedades hidráulicas determinadas, sendo sua transmissividade de 56.47 m²/h e o coeficiente de armazenamento de 2.8 x 10⁻⁴ (IPT, 1984). Os poços nesse aquífero apresentam vazão de cerca de 180 m³/h, para um rebaixamento de 0.1 metros, num período de 12 minutos.

4.6 MARÉS E ONDAS

A maré em Vila do Conde tem um ciclo semi-diurno, com a amplitude decrescendo para montante nos rios, com as alturas do nível médio das águas, variando entre 0,60 e 1,9 m (Tabela 7).

Tabela 7 - Amplitude média da maré na Região Nordeste do Estado do Pará.

Porto de Vila do Conde	
Localidade	Altura
Mosqueiro	1,80 m
Abaetetuba	1,90 m
Vila Malato	1,60 m
Cocalzinho	1,40 m
Curralinho	0,70 m
Santa Helena	0,60 m

Fonte: DHN/ Marinha do Brasil

Na região costeira, às proximidades da Baía de Marapanim, a maré tem amplitude de aproximadamente 95% e atraso de 30 min em relação à maré em

Salinópolis, conforme a Carta Náutica 312. As cartas náuticas 300, 302, 304, 303, 310 e 320 ilustram a descrição de marés e correntes. No canal do Espadarte, a velocidade da corrente de maré pode atingir 3,5 nós, na sizígia. Os níveis de redução apresentam-se como na Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros de maré para o Porto de Vila do Conde

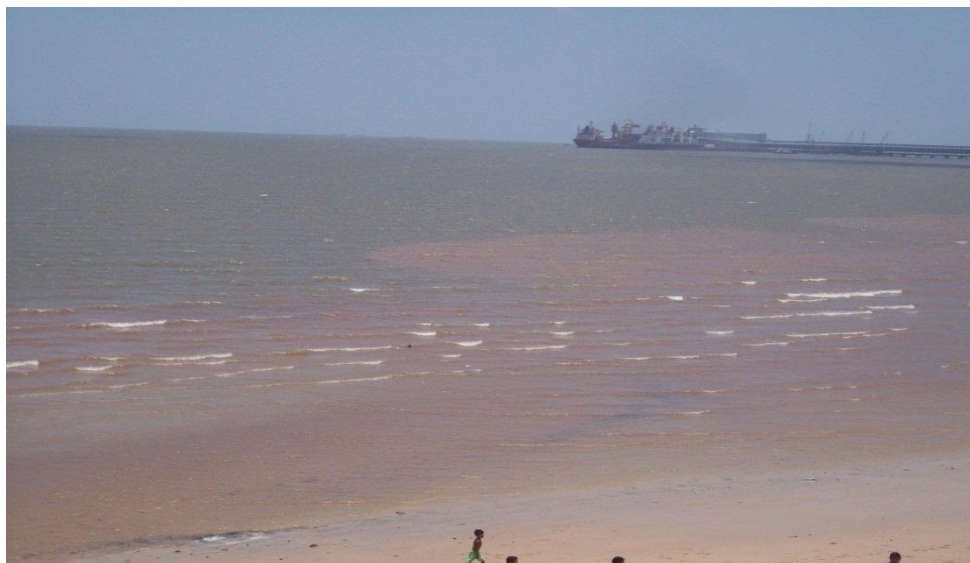
Níveis de redução das marés	Referência Valores
MHWS (média das preamares de sizígia)	2, 710 m
MHWN (média das preamares de quadratura)	2, 360 m
MLWN (média das baixa-mares de quadratura)	0, 600 m
MLWS (média das baixa-mares de sizígia)	0, 240 m

Fonte: DHN/ Marinha do Brasil.

O rio Dendê está protegido das ondas formadas em alto mar, devido à sua localização, sofrendo apenas com as ondas formadas na superfície do rio, geradas por ventos. A altura máxima provável das ondas é de 0,84 m de amplitude com período de 3,5 s.

Segundo Pinheiro (1987), as ondas na Baía do Guajará, mesmo sendo de pouca intensidade propiciam a mistura das águas e a resuspensão praticamente constante nos bancos e margens (Fig. 9). Esses fatores influenciam na interação entre o sistema hidrográfico do rio Dendê com suas margens, promovendo ataques erosivos e criando situações de sedimentação em locais específicos.

Figura 9 - Ação das ondas no processo de resuspensão de sedimentos na zona de inframaré, Praia da Vila do Conde.



4.7 ECOSSISTEMA TERRESTRE

Os estudos e publicações científicas, que citam espécimes da fauna e da flora existentes na região da bacia hidrográfica do rio Pará, se encontram principalmente no Museu Paraense Emilio Goeldi. A grande maioria deriva dos trabalhos realizados na Estação Científica Ferreira Penna, localizada no município de Melgaço, na região hidrográfica do rio Pará.

Muito embora seja secular a ocupação humana nessa região do Estuário Marajoara, a expansão urbana das cidades e a exploração desenfreada de recursos naturais, em especial da madeira nas últimas décadas, decretaram uma forte e ampla intervenção antrópica nos municípios da Mesorregião Metropolitana de Belém.

A implantação do Porto de Vila do Conde e do DI a Barcarena, assim como de suas vias de acesso, também influenciaram de maneira decisiva para que o município de Barcarena, segundo o Ministério de Meio Ambiente (MMA, 2002), não fosse considerado prioritário para a criação de unidades de conservação da biodiversidade.

Mais recentemente, a implantação dos grandes projetos mineiros - industriais no município de Barcarena induziu a realização de estudos ambientais um pouco mais restritos sobre o meio biótico. Assim, muitas das informações aqui constantes foram obtidas nessas fontes bibliográficas.

4.7.1 Flora

A vegetação encontrada no entorno do rio Dendê é condicionada por fatores climáticos, geomorfológicos, oceanográficos e antrópicos, onde são distintos três tipos principais: a floresta densa associada a terrenos elevados, a vegetação de várzea típica de áreas inundáveis que está sob o controle periódico da maré, e as florestas secundárias associadas a áreas desmatadas ocupando grande extensão na região. E está inserida no domínio fitoecológico da Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 1993).

Segundo Fernandes et al. (1990), essa região situa-se no Setor Meridional da Província Amazônica. A cobertura vegetal do município de Barcarena, antes da intervenção antrópica das últimas décadas, registra a presença de fisionomias florestais e campestres (SECTAM, 2002; VIEIRA et al., 2002; ERM, 2006).

A floresta densa se caracteriza pela grande diversidade de espécies, a vegetação de várzea pode ser dividida em duas a de várzea baixa caracterizada por espécies pioneiras indicadoras de sedimentação recente e as de várzea alta associadas ao aumento de sedimentação da várzea e consequente elevação topográfica do terreno, já as florestas secundárias ocorrem nas áreas onde a vegetação primária foi destruída.

A expansão das atividades agropecuárias e industriais no município de Barcarena levou a inevitáveis intervenções sobre a flora e a fauna regionais, estabelecendo uma paisagem onde a Floresta Ombrófila Densa foi substituída por capoeiras de diferentes idades, amplas áreas cobertas com pastagens para gado, ocupações urbanas desordenadas e as grandes construções industriais.

Três tipos fitofisionômicos ocorrem nas AID e AII: Floresta de Terra Firme com predominância de Capoeiras; Mata de Igapó, com suas espécies de palmáceas típicas da região como o Açaí, Buriti, Inajá e Piquiarana e a Floresta de Várzea, situadas nas margens dos rios.

A Floresta de Terra Firme que ocorre na área de estudo, muito embora bastante alterada e na sua maior parte composta por capoeiras, ocorre nos terrenos de maior elevação dos Baixos Platôs, não sofrendo, portanto com as inundações sazonais nem com as subidas das marés nos estuários da região.

As espécies vegetais associadas a este tipo de ambiente são relacionadas na Tabela 6. Algumas das espécies remanescentes da Floresta Ombrófila Densa podem ser encontradas espaçadamente e sua visualização é possível por possuírem maior altura, o que torna suas copas evidentes, além dos troncos com diâmetros maiores que as demais

árvores.

Na Floresta de Terra Firme, próximo ao solo, o sub-bosque contém samambaias, arbustos, Epífitas, como as orquídeas, e organismos inferiores como líquens, fungos e musgos podem ser observados ocupando as ramificações das árvores e sobre troncos, rochas e no material em decomposição no solo, respectivamente.

Esse conjunto vegetal abriga uma diversificada fauna de vertebrados e principalmente invertebrados. São locais que servem de abrigo (tocas, ninhos etc.), para reprodução, busca de alimentos, descanso, etc.

Infelizmente, a Floresta de Terra Firme, nas cercanias do Rio Dendê sendo degradada aceleradamente em função da expansão das comunidades locais que utilizam essa vegetação para os mais variados fins: produção de carvão; de madeira para casas, pontes, cercado, etc.;

A Mata de Igapó, rica em espécies de palmáceas, como o açai e o buriti (Tabela 09), ocorre nas áreas onde há acúmulo permanente de água (áreas alagadas), sob a forma de pequenas ocorrências.

A Floresta de Várzea, presente nos arredores da Vila do Conde, ocorre nas áreas adjacentes aos “furos”, igarapés e rios, com duas tipologias: várzeas baixas, influenciadas pela variação das marés, e as várzeas altas, que não sofrem influências das marés.

As áreas de igapó e de várzea são importantíssimas para a sobrevivência da fauna que depende da água para a reprodução como, por exemplo, peixes e anfíbios.

Esta vegetação cresce sobre solos heteromórficos, quaternários, com fertilidade razoável em função do aporte de nutrientes carreados pelos sedimentos transportados pela água para o interior do ecossistema. Tem como uma de suas funções evitar a erosão das margens e o assoreamento do rio, que sofre influência diária das marés.

Na várzea baixa, ocorre à predominância da macrófita Aracea que é responsável, em parte, pela sustentação do substrato das margens evitando erosão. A presença de indivíduos isolados da espécie *Rizophora mangle*, espécie típica de manguezal, ao longo das margens dos rios é resultado da influência das marés no estuário do rio Pará.

A várzea alta, localizada mais internamente, somente inunda durante o período das grandes marés e das precipitações mais abundantes. Espécies vegetais pioneiras com raízes tabulares são comuns nessas áreas.

As Tabelas 9, 10 e 11 apresentam as espécies comumente registradas na mata de

várzea e capoeiras da região de Barcarena.

Tabela 9 – Espécies vegetais comumente registradas nos ambientes de Igapó da área do Distrito Industrial de Barcarena

FAMÍLIA	NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO
Apocynaceae	Pepino da mata	<i>Ambelania acida</i>
Arecaceae	Buriti	<i>Mauritia flexuosa</i>
	Caranã	<i>Mauritiela</i> spp.
	Inaja	<i>Maximiliana maripa</i>
	Piquiarana	<i>Caryocar</i> spp.
Bombacaceae	Samaúma	<i>Bombax</i> spp.
Comelinaceae	Maria mole	<i>Comelina</i> spp.
Convolvulaceae	Batatarana	NI
Cordia	Maria preta	NI
Cyperaceae	Capim bolota	<i>Cyperus</i> spp.
Guttiferaceae	Anani	<i>Symphonia globulifera</i>
	Lacre	<i>Vismia guianensis</i>
Humiriaceae	Umerim	<i>Humiria</i> spp.
Leguminosae	Saboeiro	<i>Abarema</i> spp.
Marantaceae	Arumã	<i>Ischnosiphon</i> spp.
Melastomataceae	Barba de paca	<i>Miconia</i> sp.
Mimosaceae	Jarandeuá	<i>Pithecelobium</i> sp.
Moraceae	Caçapoa	<i>Ficus</i> spp.
Mursaceae	Sororoca	<i>Phenacosperma guianensis</i>
Myristicaceae	Ocuúba branca	<i>Virola surinamensis</i>
Rubiaceae	Vassourinha de botão	NI

NI: Não Identificados

Tabela 10 – Espécies vegetais comumente registradas nos ambientes de várzea da área do Distrito Industrial de Barcarena

FAMÍLIA	NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO
Anacardiaceae	Tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>
Annonaceae	Araticum	<i>Annona montana</i>
	Envira peluda	<i>Annona paludsa</i>
	Envira preta	<i>Guatteria poeppigiana</i>
Apocynaceae	Pocoro	NI
Arecaceae	Inajá	<i>Maximiliana maripa</i>
	Tucumã	<i>Astrocaryum vulgare</i>
Borraginaceae	Chapéu de sol	<i>Cordia nodosa</i>
Cecropiaceae	Embaúba branca	<i>Cecropia palmata</i>
Chrysobalanaceae	Caripé	<i>Couepia</i> spp.
	Farinha seca	<i>Couepia</i> spp.
Cyperaceae	Tiririca	NI
Dilleniaceae	Cipó de fogo	<i>Davila rugosa</i>
Euphorbiaceae	Maravuvuia	<i>Crotum</i> spp.
Flacourtiaceae	Caferana	<i>Casearia</i> spp.
Guttiferaceae	Lacre	<i>Vismia guianensis</i>
Malpighiaceae	Murici da mata	<i>Byrsonima</i> sp
Mimosaceae	Inga chata	<i>Inga</i> spp.
Mimosaceae	Inga chichica	<i>Inga magnata</i>
	Inga cipó	<i>Inga edulis</i>
Mursaceae	Sororoca	<i>Phenacosperma guianensis</i>
Myrtaceae	Murta cabeluda	<i>Myrcia</i> spp.
Poaceae	Taboquinha	NI
Rubiaceae	Perpétua roxa	<i>Psicoclea</i> spp.
Sapotaceae	Abiu cutiti	<i>Pouteria</i> spp.

NI: Não Identificados

Tabela 11 - Espécies vegetais comumente registradas nos ambientes de Capoeira da área do Distrito Industrial de Barcarena

FAMÍLIA	NOME VULGAR	NOME ESPECÍFICO
Anacardiaceae	Tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>
Annonaceae	Envira biriba	<i>Annona paludosa</i>
	Envira preta	<i>Guatteria poeppigiana</i>
Apocynaceae	Pau de colher	<i>Lacmelia</i> spp.
	Pepino da mata	<i>Ambelania acida</i>
Arecaceae	Bacaba	<i>Oenocarpus distichus</i>
	Mumbaca	<i>Astrocaryum mumbaca</i>
Bignoniaceae	Cipó treque treque	<i>Memora</i> spp.
	Pará pará	<i>Jacaranda copaia</i>
Bombacaceae	Inajarana	<i>Quararibea</i> sp.
Burseraceae	Breu branco	<i>Protium</i> spp.
	Breu sucuruba	<i>Trattinickia rhoifolia</i>
Caesalpiniaceae	Escada de jaboti	<i>Bauhinia</i> spp.
Caryocaraceae	Piquiarana	<i>Caryocar</i> spp.
Cecropiaceae	Embaúba branca	<i>Cecropia palmata</i>
Celastraceae	Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>
Chrysobalanaceae	Cariperana	<i>Couepia</i> spp.
Corannaceae		<i>Connarus ferrotante</i>
Cyperaceae	Tiririca	NI
Dilleniaceae	Cipó de fogo	<i>Davila rugosa</i>
Elaeocarpaceae	Urucurana	<i>Sloanea</i> spp.
Euphorbiaceae	Maravuvuia	<i>Crotum</i> spp.
Flacourtiaceae	Aquariquarana	NI
	Casiara	<i>Casearia arbórea</i>
Gengiberaceae	Canafistra	<i>Costum arabicunti</i>
Guttiferaceae	Anani	<i>Symphonia globulifera</i>
	Manguirana	<i>Tovomita</i> spp.
Indeterminado	Marupá	NI
Lauraceae	Casca preciosa	<i>Aniba canelina</i>
	Loro	<i>Ocotea</i> spp.
Lecythidaceae	Jarana	<i>Elopsideo jarana</i>
	Mata mata branco	<i>Eschweilera</i> spp.
	Sapucaia	<i>Lecythis lúrida</i>
Leguminosae	Cipó maqueriu	<i>Maquerium</i> spp.
	Cipó mucunã	<i>Mucuna</i> spp.
Leguminosae	Gema de ovo	<i>Poscilante efusa</i>
Malpighiaceae	Espeturana	<i>Talisia</i> spp.
	Muruci da mata	<i>Byrsonima</i> spp.
Mimosaceae	Angelim	<i>Dinizia excelsa</i>
	Inga chichica	<i>Inga maguinata</i>
	Capitiu	<i>Siparuna decipiens</i>

Continuação:

FAMÍLIA	NOME VULGAR	NOME ESPECÍFICO
Moraceae	Mão de gato	NI
	Mão de paca	NI
	Mapatirana	<i>Poroma paraensis</i>
Mursaceae	Sororoquinha	<i>Phenacosperma guianensis</i>
Myristicaceae	Ocuúba da mata	<i>Virola sebifera</i>
Ochnaceae	Pau de cobra	<i>Ouratea</i> spp.
Piperaceae	Pimenta longa	<i>Piper</i> spp.
Rubiaceae	Pau de remo	<i>Ximaris turbinata</i>
Sapotaceae	Abiu peludo	<i>Pouteria</i> spp.
Vochysiaceae	Quarubatinga	<i>Vochyzia guianensis</i>

NI: Não Identificados

4.7.2 Fauna

A relação existente entre a presença da vegetação e a ocorrência de espécies da fauna é determinante para a abundância ou a ausência dos diferentes tipos faunísticos na região das áreas da Vila do Conde.

A identificação das espécies foi feita, em grande parte, a partir de pesquisa na bibliografia e consultas as coleções do Museu Paraense Emilio Goeldi, além de, em alguns casos, observações diretas e entrevistas com moradores da área e (FRISCH, 1981; NOVAES e LIMA, 1994; CUNHA e NASCIMENTO, 1993; ÁVILA-PIRES, 1995; AZEVEDO-RAMOS e GALATTI, 2001; EMMONS, 1990).

4.7.2.1 Ornitofauna

As aves desempenham importante papel na manutenção do equilíbrio ecológico e, junto com os morcegos, são os grandes responsáveis na manutenção e recuperação de populações de plantas e na dinâmica e estrutura das comunidades vegetais (JORDANO, 1993).

Dentre os vertebrados terrestres, as aves constituem um dos grupos mais bem estudados. À nível global são conhecidas aproximadamente 9.700 espécies, destas, 1.677 ocorrem no Brasil (SILVA, 1998; NOVAES, 1998) registrou 482 espécies para a Região Metropolitana de Belém.

Estudos realizados no município de Barcarena registraram a ocorrência de 125 espécies distribuídas em 40 famílias Marceliano (2002). Ainda segundo este autor, foram encontradas 102 espécies nas áreas de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme, 32 espécies nas áreas de capoeira e, na Floresta de Várzea, 29 espécies.

Como espécie endêmica, foi registrada a aracuã-pequena (*Ortalis superciliaris*). Dentre as diversas espécies de aves identificadas, merecem destaque aquelas que fazem parte da Nova Lista de Fauna Silvestre Brasileira Ameaçada de Extinção (Ministério do Meio Ambiente, Instrução Normativa n° 03, de 27 de Maio de 2003):

➤ *Crax fasciolata pinima* (Cracidae). Nome popular: mutum-pinima. Categoria: Em perigo;

➤ *Dendrocincla merula* (Dendrocolaptidae). Nome popular: arapaçu-da-taoca. Categoria: Em perigo;

- *Guaruba guarouba* (Psittacidae). Nome popular: ararajuba. Categoria: Vulnerável;
- *Phyrrhua lepida lepida* (Psittacidae). Nome popular: tiriba-pérola. Categoria: Em perigo;
- *Phlegopsis nidromaculata paraensis* (Thamnophilidae). Nome popular: mãe-de-toca-pintada. Categoria: Em perigo.

4.7.2.2 Herpetofauna (Anfíbios e Répteis)

Na Região Amazônica, a abundância de rios e igarapés perenes, aliada aos altos índices pluviométricos e extensa presença de florestas possibilitam uma alta diversidade de espécies de anfíbios.

A Amazônia Brasileira possui aproximadamente 163 registros de espécies de anfíbios (AZEVEDO-RAMOS e GALATTI, 2001), equivalente a 27% das 600 espécies estimadas para o Brasil (HADDAD, 1998).

Quanto aos répteis são conhecidos, no Brasil, 465 espécies, sendo que na Região Amazônica, Dixon (1979) estimou um número de 550 espécies. Na região leste do Pará, Cunha e Nascimento (1993) registraram 87 espécies de serpentes. Ávila-Pires (1995) registrou 89 espécies de lagartos para a Amazônia, com dados de distribuição e biologia.

Estudos realizados por Gallati (2002) na região de Barcarena indicaram a ocorrência de 22 espécies de anfíbios, distribuídas em 12 gêneros e cinco famílias. Espécies das famílias Bufonidae (Sapos), Dendrobatidae (rãs), Hylidae (pererecas), Leptodactylidae (rãs) e Pipidae são comuns, destacando-se a família Leptodactylidae, com cinco espécies de rãs: *Adenomera andreae*, *Leptodactylus ocellatus*, *L. pentadactylus*, *L. rhodomystax* e *L. wagneri*.

O grupo dos répteis é caracterizado pelas serpentes, lagartos, quelônios e crocodilianos. Foram registradas 39 espécies de répteis, distribuídas em 12 famílias para a região de Barcarena, sendo que destes 29 espécies pertencem ao grupo das serpentes. Foram registradas diversas espécies de Colubridae, entre as quais estão a acuntibóia (*Chironius exoletus*) e cobra-cipó (*C. carinatus*), falsas corais (*Oxyrhopus digitalis* e *O. Fulgidus*), muçurana (*Clelia plumbea*), jararaca-falsa (*Leptodeira annulata*).

A família Boidae, representada por jibóia (*Boa constrictor*), piriquitambóia (*Carallus caninus*), sucuriçu (*Eunectes murinus*) e jibóia-vermelha (*Epicrates cenchria*

cenchria) e a família Viperidae com as espécies combóia (*Bothrops atrox*), surucucu-vermelha (*B. brazili*), jararacuçu (*B. Taeniata*) e surucucu-pico-de-jaca (*Lachesis muta muta*) são comumente registradas para a região.

Segundo a literatura consultada, para a área de Barcarena, não foram registrados espécies de anuros e répteis ameaçadas de extinção, segundo a Nova Lista de Fauna Silvestre Brasileira Ameaçada de Extinção (Ministério do Meio Ambiente, Instrução Normativa nº 03, de 27 de Maio de 2003).

4.7.2.3 Mastofauna

São registradas 311 espécies de mamíferos para a Amazônia, sendo 22 de marsupiais, 11 edentados, 124 morcegos, 57 primatas, 16 carnívoros, 2 cetáceos, 5 ungulados, 1 sirênio, 72 roedores e 1 lagomorfo (MMA, 2002).

De acordo com Silva Júnior (2002), ocorrem no município de Barcarena cerca de 83 espécies de mamíferos distribuídos em 28 famílias. Dentre estas, as famílias Didelphidae, Dasypodidae e Mustelidae são mais representativas para a região apresentado maior número de espécies.

Dentre as espécies registradas são consideradas de interesse para conservação, de acordo com a Nova Lista de Fauna Silvestre Brasileira Ameaçada de Extinção (Ministério do Meio Ambiente, Instrução Normativa nº 03, de 27 de Maio de 2003), as espécies:

- *Chiropotes satanas* (Pitheciidae). Nome popular: cuxiu. Categoria: Em perigo;
 - *Leopardus wiedii* (Felidae). Nome popular: gato-maracajá. Categoria: Vulnerável;
 - *Myrmecophaga tridactyla* (Myrmecophagidae). Nome popular: tamanduá-bandeira. Categoria: Vulnerável;
- Pteronura brasiliensis* (Mustelidae). Nome popular: ariranha. Categoria: Vulnerável.

4.8 ECOSSISTEMA AQUÁTICO

Os ambientes aquáticos nos rios e igarapés do município de Barcarena são fortemente influenciados pela sazonalidade das chuvas e pelo regime das marés. Durante a baixa-mar e nos períodos mais secos, referidos corpos hídricos ficam estreitos e rasos, sendo que durante as marés cheias e nos períodos chuvosos ocorrem as inundações nas áreas marginais, transformando-as em várzeas e/ou igapós.

A identificação das espécies aquáticas da região de Barcarena foi feita a partir de dados secundários disponíveis nas publicações científicas do Museu Paraense Emílio Goeldi e em relatórios técnicos de estudos realizados para o licenciamento de empreendimentos em Barcarena.

4.8.1 Ictiofauna

Wosiacki et al. (2002), pesquisador do Museu Paraense Emílio Goeldi, realizou levantamentos sobre a ictiofauna na região de Barcarena. Foram estudados o rio Barcarena e tributário, o igarapé Tauá, o rio Arienga e afluentes, o igarapé Gavião; e o igarapé Caripiacu.

Foram registradas 71 espécies de peixes distribuídas em 32 famílias e 10 ordens, sendo as famílias Characidae e Cichlidae, as que apresentaram o maior número de espécies. O rio Arienga apresentou maior diversidade e, apesar do acentuado efeito antrópico local, a vegetação marginal, o leito do rio e respectivos afluentes apresentam bom estado de preservação, o que provavelmente favorece a diversidade de espécies registradas (cerca de 31 espécies). Outro sistema com grande diversidade foi o rio Tauá, com 27 espécies compartilhadas ou não com as espécies do rio Arienga.

A ictiofauna nos corpos hídricos (nascentes e igarapés) que drenam as áreas de “terra firme” apresentou grande quantidade de espécies ornamentais, tais como aos grupos de Gymnotiformes (*Gymnotus carapo*), Characidae (*Hyphessobrycon* spp. e *Moenkhausia* spp.), Lebiasinidae (*Copella* spp., *Nannostomus trifasciatus*) e Rivulidae (*Rivulus* spp).

A espécie de ocorrência mais ampla na área foi *Hyphessobrycon heterorhabdus* (Characidae – “piabinha”) sendo registrado em quase todos os ambientes amostrados.

4.8.2 Comunidade Planctônica

As comunidades planctônicas foram estudadas no município de Barcarena, no rio Arienga, em um trecho entre as coordenadas 1°36'23.26"S; 48°45'30.29"W a montante, e 1°36'33.21"S; 48°48'21.68"W a jusante, correspondendo à sua foz no rio Pará (RCA-Usipar, 2004). Além disso, um trecho da margem direita do rio Pará, entre a foz do rio Arienga e o terminal portuário da Pará Pigmentos S/A (TERRA, 2004).

Dados mais recentes resultam dos estudos do Fitoplâncton, Zooplâncton e Perifito realizados nos rios Barcarena, Tauá, Arienga e Pará, realizados durante os levantamentos ambientais do empreendimento (ERM, 2006).

4.8.3 Fitoplâncton

Foram registradas 4 divisões de comunidades fitoplanctônicas nos rios e igarapés da região de Barcarena: Heterokontophyta (representada pelas classes Bacillariophyceae e Chrysophyceae), Chlorophyta (classes Chlorophyceae e Zygnematophyceae), Dinophyta (classe Dinophyceae) e Cyanobacteria (classe Cyanophyceae), distribuídos em 33 gêneros e 43 espécies.

Considerando a abundância relativa das classes fitoplanctônicas, como grupo dominante foi identificada a classe Bacillariophyceae (diatomáceas), sendo esta uma característica dos rios tropicais (ROJO *et al*, 1994). Pela ordem de abundância seguem as classes Chlorophyceae e Cyanophyceae.

Nas nascentes dos corpos hídricos, são comuns as mesmas divisões planctônicas encontradas nos cursos dos rios e igarapés, exceto a Dinophyta, restringindo-se às classes Bacillariophyceae da divisão Heterokontophyta, Zygnematophyceae da divisão Chlorophyta, e Cyanophyceae da divisão Cyanobacteria. Nesses ambientes foram encontrados 7 gêneros e 12 espécies de algas.

4.8.4 Zooplâncton

A presença do zooplâncton nos corpos hídricos da região é atestada por organismos representantes de dois Reinos: Protoctista (21 espécies) e Animalia (22 espécies).

O Filo Rizopoda (Reino Protoctista) apresentou maior riqueza específica. Representantes deste grupo alimentam-se principalmente de bactérias e de pequenas algas do plâncton, como também de outros protozoários. O grupo é mais diversificado em ambientes de água corrente (lóticos – rios e riachos). Para o Filo foram registradas 4 famílias, 5 gêneros e 21 espécies, a maioria espécies.

A maior representatividade desse grupo em termos de riqueza específica é atribuída a espécies do gênero *Diffugia* (8 espécies) seguida pelos gêneros *Arcella* e *Centropyxis* (5 espécies cada). Representantes deste grupo podem ser úteis como organismos indicadores na avaliação da qualidade da água, pois, sob certas condições alcançam altas densidades.

4.8.5 Perifiton

As algas perifíticas são encontradas nos rios e igarapés da região de Barcarena através de 4 divisões: Heterokontophyta (representada pela classe Bacillariophyceae), Chlorophyta (classes Chlorophyceae e Zygnematophyceae), Cyanobacteria (classe Cyanophyceae), e Rhodophyta (classe Florideophyceae) distribuídos em 34 gêneros e 54 espécies.

O grupo das Bacillariophyceae (diatomáceas) é dominante, sendo seguida pela classe Cyanophyceae. Do mesmo modo que nos rios e igarapés, nas nascentes, o perifiton ocorre nas classes Bacillariophyceae da divisão Heterokontophyta, Zygnematophyceae da divisão Clorophyta, Cyanophyceae da divisão Cyanobacteria, e Florideophyceae da divisão Rhodophyta. Foram registrados 12 gêneros e 18 espécies.

5 ESTUÁRIOS

5.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Estuário é um corpo hídrico, semifechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem fluvial (PRITCHARD, 1967).

Para Kjerfve (1987), estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente. Tal conexão permanece aberta pelo menos intermitentemente.

Segundo Dalrymple et al. (1992), estuário é a parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, os quais recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhos.

Nos estuários, também ocorrem interações entre os processos fluviais e marinhos, resultando, assim, em fácies sedimentares influenciadas pelas marés, ondas e processos fluviais, resultado da subida relativa do nível do mar, ocorrida a partir a última era glacial (NICHOLS, 2007).

Estuários são encontrados ao redor do globo, sob diferentes condições climáticas, sendo melhores desenvolvidos nas planícies costeiras das médias latitudes, ao largo de 23 plataformas continentais, as quais, presentemente, estão submergindo com a elevação relativa do nível do mar.

Referida elevação está associada à Transgressão Flandriana, ou Holocênica, iniciada há 18.000-17.500 A.P., quando o nível do mar se situava, na Plataforma Continental Brasileira, em média a cerca de 130 m abaixo do seu nível atual (PONÇANO, 1985 apud PINHEIRO, 1987).

A velocidade, relativamente acelerada, na elevação do nível do mar entre 17.000 e 5.100 A.P., desempenhou um importante papel para a formação dos estuários atuais, uma vez que a inundação dos vales dos rios ocorreu mais rapidamente do que a sedimentação que os poderia ter preenchido.

Nos últimos milhares de anos, admite-se, entretanto, que as variações do nível marinho ocorreram mais lentamente, possibilitando o preenchimento dos estuários pelos sedimentos de maneira mais rápida. Logo, a existência de ambientes estuarinos nas regiões costeiras é função do balanço entre as flutuações do nível do mar e o volume de sedimentos carreados pelos rios (PATCHINEELAM, 2000).

De um modo geral, hoje em dia, a desembocadura de muitos rios brasileiros, nas áreas marinhas, são estuários submetidos aos processos das marés, com diferentes amplitudes, oriundas do Atlântico.

Nas regiões com marés de baixa amplitude, uma costa estável é estabelecida e existe um claro limite entre as áreas submetidas a processos fluviais e ação dos agentes marinhos. Nas áreas sob influência de macromarés, as subidas e descidas do nível do mar, juntamente com as correntes de maré enchente e de vazante, associadas ainda às baixas altitudes da região costeira, estabelecem as planícies de marés com dois subambientes dentro do estuário, os canais de maré e as planícies arenosas e lamosas.

A flora e a fauna estuarinas, representadas principalmente por diversas espécies de peixes, crustáceos e moluscos, estão adaptadas às condições de variação de salinidade, sendo o dinamismo e a alta produtividade biológica as características mais marcantes destes ambientes. Existem algumas espécies de peixes que são exclusivamente estuarinas e outras que passam parte do seu ciclo de vida, ora no estuário, ora no mar, e ainda àquelas que se movimentam de um ambiente para o outro de acordo com os fluxos das marés e dos ventos.

Podem ocorrer também espécies de água doce que resistem à salinidade baixa, fato observado principalmente nos períodos de maior concentração de chuvas.

5.2 CLASSIFICAÇÃO E TIPOS

A classificação dos estuários pode ser feita com base em diversos aspectos, dentre os quais se destacam: o Modo de Formação da Bacia, o Mecanismo de Transporte Dominante e o Modelo Característico de Circulação (PEREIRA, 2006).

5.2.1 Classificação baseada no modo de formação da bacia

Os estuários classificados nesse grupo são diferenciados em função do modo de formação deles em 4 tipos: Vale de rios alagados, Fjords, Estuários construídos por barras e Estuários produzido por processos tectônicos (PRITCHARD, 1967).

5.2.1.1 Vale de rios afogados

Reúne um grupo também conhecido como Estuários de Planície Costeira. São resultado da elevação relativa do nível do mar iniciada durante o Pleistoceno, cerca de 17.000 A.P., com ápice no Holoceno, até atingir os níveis atuais. Foram originalmente rios que se transformaram em estuários durante diversos milênios pelo aumento do nível do mar. As formas originais desses estuários eram parecidas com as dos de hoje em dia, embora muito maiores, haja vista que os atuais estão se desenvolvendo nos vales pleistocênicos. São estuários tipicamente largos e rasos, com razão largura/profundidade muito alta.

5.2.1.2 Fjords

Os fjords são associados com as altas latitudes onde a atividade glacial é intensa. Eles são caracterizados por um canal alongado e profundo com um sill. O sill é relacionado à uma morena de uma geleira ativa ou extinta. Para a compreensão da atividade glacial, pode ser dito que existem fjords de rio e de geleira. Fjords de rio são relacionados a geleiras extintas e a principal fonte dos sedimentos vem do *input* dos rios. Eles são encontrados geralmente no equador. Fjords de geleiras geralmente são encontrados em altas latitudes e nos polos.

Eles são relacionados às atividades de geleiras e a principal fonte de seus sedimentos é derivada da fusão do gelo e das neves da montanha. Fjords são profundos e estreitos, e tem uma baixa razão largura/profundidade com as margens íngremes.

5.2.1.3 Estuários Construídos por Barras

Estuários formados por barras, originam-se em regiões costeiras com pequenas baías, que, com o tempo, tornaram-se estuários semifechados em decorrência da migração/transporte litorâneo dos sedimentos, numa direção, causando a formação de uma barra de areia ou uma cúspide entre a costa e o oceano.

Algumas destas barras são juntadas a uma parte do litoral, permanecendo um pequeno canal, através do qual o estuário comunica-se com o oceano. Outras barras arenosas podem separar-se da costa e formarem ilhas resultando em dois ou mais canais que podem permitir a comunicação entre estuário e o oceano. De um modo geral, a

formação das barras arenosas e seus deslocamentos são consequência das oscilações do nível do mar durante o Quaternário.

5.2.1.4 Estuários formados por processos tectônicos

São formados a partir de falhamentos, dobramentos, ou outros movimentos diastróficos. A menor porção da Baía de São Francisco é um exemplo de estuário produzido por processos tectônicos.

5.2.2 Classificação baseada nos Processos Físicos

Segundo Stommel, 1951 (apud Pereira, 2006), as causas do movimento das águas em estuários podem ser usadas como um princípio classificatório. Sendo assim, são três os agentes geológicos responsáveis por esse movimento: o vento, a maré e o rio. Em um estuário dominado pelo vento, por exemplo, com a presença de ilhas barreiras, o vento é o maior responsável pelo movimento e mistura da água. Em um estuário dominado pela maré é esta que faz essa função. Assim como, quando o domínio é do rio, como é o caso do Mississipi.

5.2.3 Classificação baseada no Padrão de Circulação Estuarina

Classificação feita de acordo com a característica do padrão de circulação e dos processos que controlam o balanço da salinidade.

5.2.3.1 Estuários típicos ou normais

A maioria dos estuários é do tipo normal ou positivo, isto é a salinidade aumenta de montante para jusante. Existe, ainda, uma nítida tendência para a circulação preponderante se realizar em direção ao mar, ao longo de um ciclo de maré completo. Os estuários típicos ou normais podem ser subdivididos em quatro categorias de acordo com o grau de estratificação salina das suas águas:

- Estuários Bem Misturados;

Nesse tipo de estuário, o perfil vertical de salinidade é homogêneo, ou seja, a salinidade das águas superficiais é igual à salinidade das águas do fundo. A salinidade

da água só varia lateralmente, sendo mais alta na região oceânica e mais baixa em direção ao continente.

- Estuários em Cunha Salina;

Estuários típicos ou normais nos quais existe uma corrente de água salgada junto ao fundo e uma corrente de água doce à superfície, não havendo mistura entre as duas, sendo que essas condições são raramente satisfeitas, com a possível exceção de alguns fjords.

- Estuários Parcialmente Estratificados;

Estuários típicos ou normais nos quais o gradiente salino vertical apresenta graus variados de mistura ou estratificação entre as camadas de água superficial e de fundo que exibem sentidos opostos da direção da corrente. A maioria dos estuários pertence a esta categoria (Exemplos: Estuários do Tamisa, Sena, Tejo, Hudson, Chesapeake).

- Estuários Verticalmente Homogêneos.

Estuários típicos ou normais em que a salinidade decresce de jusante para montante sem existir um gradiente vertical de estratificação das águas. A inexistência de um gradiente vertical salino é devida à mistura que ocorre nos estuários pouco profundos sob a influência de fortes correntes provocadas pela maré.

5.2.3.2 Estuários Hipersalinos.

Estuários que possuem um gradiente salino invertido ou negativo, isto é, a salinidade aumenta de jusante para montante. Nas regiões interiores destes estuários, o nível médio das águas é menos elevado relativamente à água do mar e o fluxo das águas é predominantemente de jusante para montante, ou seja, no sentido da nascente.

5.2.3.3 Estuários Fechados.

Estuários temporariamente fechados por uma barra de areia que se deposita na sua embocadura. A amplitude de maré, durante este período é nula, e as correntes de marés inexistentes. A circulação é dependente da corrente água doce residual e da ação dos ventos sobre a superfície das águas. A salinidade pode variar e o estuário pode

tornar-se hipersalino ou hiposalino. A variação da salinidade está sobretudo relacionada com a evaporação e a passagem por difusão através da barra de areia por um lado e com o caudal fluvial e precipitação por outro.

Patchineelam (2000) salienta ainda que como a circulação das águas de um estuário depende diretamente das condições hidrodinâmicas reinantes. Por exemplo, um estuário parcialmente misturado pode se tornar em um estuário bem estratificado ou de cunha salina. Esta seria uma consequência direta da mudança sazonal da descarga fluvial, numa época de grande precipitação. Além disso, um mesmo estuário pode apresentar dois tipos diversos de estratificação das suas águas simultaneamente.

Quanto à classificação das marés em estuários, uma maré puramente estacionária apresenta as estofas de enchente e vazante coincidindo com os instantes de preamar e baixa-mar.

Uma maré totalmente progressiva possui as estofas de enchente e vazante ocorrendo junto do instante de meia maré enchente e meia maré vazante.

5.3 ECOSSISTEMA ESTUARINO – FONTE DE ENERGIA

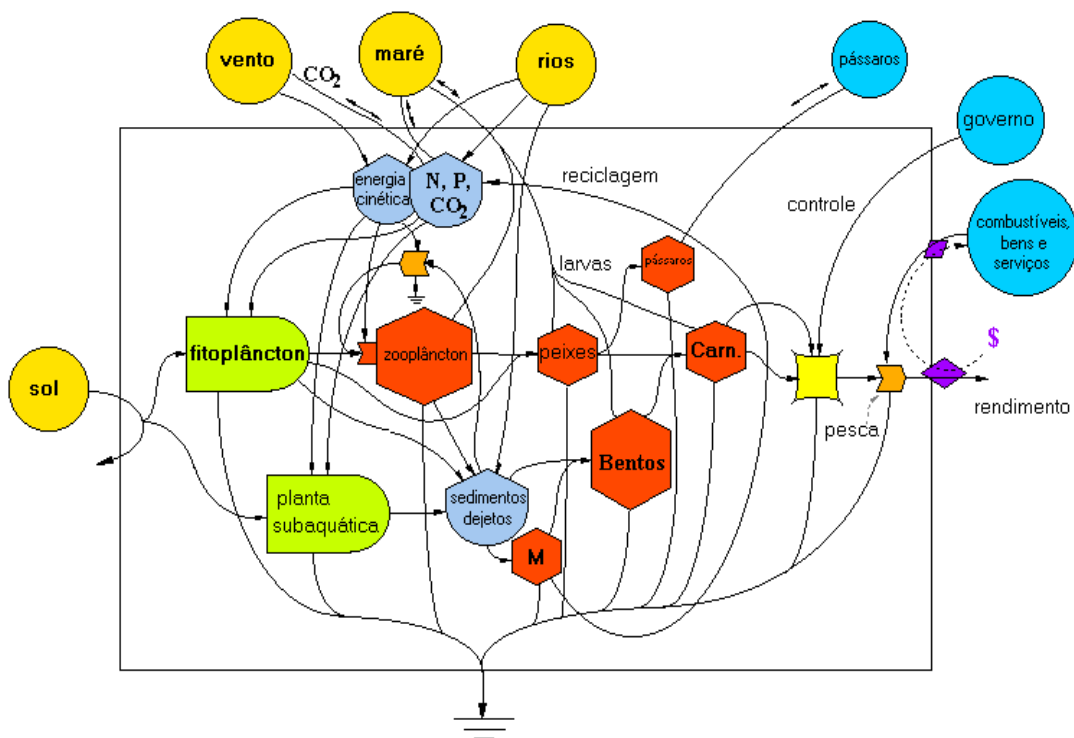
Segundo Pereira (2006), as fontes de energia externa de um sistema de estuário são: a água doce dos rios e a água salgada do oceano que vem com as marés. O estuário recebe energia cinética (movimento) da água do mar, através das marés que entram e se misturam com as águas do rio, as impulsionando para montante. Além disso, as ondas formadas pelos ventos ajudam na mistura da água doce com a água salgada, e, assim, à energia cinética do estuário. A energia cinética aumenta a produtividade do estuário por causa da circulação de nutrientes, plâncton e larvas (Fig. 10).

Ainda segundo (PEREIRA, 2006), os estuários têm uma "explosão" de produtividade na primavera e uma alta taxa de crescimento no verão. As espécies de ostras e caranguejos são principalmente de estuários. Muitos tipos de camarões comercialmente importantes, em suas etapas adultas vivem e procriam próximos aos estuários, e entram nestes quando são larvas. O sável (peixe marinho da família dos clupeídeos) procria na nascente dos riachos e enquanto é jovem passa pelo estuário em seu caminho ao mar, crescendo rapidamente no tempo que passa por ali. Devido à grande quantidade de larvas de espécies marinhas que crescem nos estuários, estes são considerados usualmente como uma "maternidade" / berçário. Muitos invertebrados

vivem no lodo das marismas. A marisma oferece excelente proteção para as larvas e os pequenos peixes que vão e vêm com as marés.

No Diagrama de Energia de um Estuário (Fig. 10) pode-se observar o papel da energia cinética envolvida. As células de fitoplâncton se mantêm suspensas pelo movimento. O movimento ajuda na fotossíntese das plantas trazendo nutrientes, como dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N), e fósforo (P). Assim, a energia cinética ajuda ao processo de reciclagem. A agitação também mantém as partículas de matéria orgânica em suspensão e em movimento, de forma que os animais do fundo podem capturá-las e se alimentar delas atuando como filtros naturais.

Figura 10 - Diagrama de energia de um estuário. M, microrganismos; N, nitrogênio; P, fósforo; Dejetos: matéria orgânica morta e micróbios; bentos, animais do fundo: certo tipo de ostras, caranguejos de rio, e minhocas.



Fonte: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/iuri11.htm>

5.4 ECOLOGIA DOS ESTUÁRIOS

Estuários são *habitats* extremamente produtivos sob o ponto de vista ecológico, uma vez que muitos organismos aquáticos nascem, evoluem, procriam e habitam neles. Além disso, constituem, também, o caminho natural para algumas espécies que passam uma parte das suas vidas nos rios e outra parte no mar. Assim, perturbações neste

compartimento ecológico podem produzir alterações nos ambientes envolventes ou exteriores.

French (apud Pereira, 2006) afirma que estuários têm sido considerados como os ecossistemas mais produtivos do mundo, embora muito da sua produtividade sofra interferência humana, uma vez que os mesmos são fontes de alimento e *habitat* de uma gama muito grande de organismos com papel determinante na cadeia alimentar marinha.

Em síntese, os estuários são reconhecidos como zonas ecologicamente importantes e que devem ser preservadas a todo custo da degradação ambiental. Esses ecossistemas são extremamente importantes e responsáveis pelo equilíbrio e manutenção dos recursos marinhos. São áreas de reprodução, crescimento, alimentação e refúgio para inúmeras espécies de peixes, crustáceos e moluscos.

Estudos indicam que cerca de 70% dessas espécies aquáticas, capturadas pela pesca artesanal e industrial e comercializadas nas cidades costeiras, se utilizam do refúgio dos estuários em algum estágio de seu desenvolvimento.

Estuários apresentam características ambientais únicas que resultam em elevada produtividade biológica. Esses ecossistemas desempenham um papel ecológico muito importante, como exportadores de nutrientes e matéria orgânica para águas costeiras adjacentes, *habitats* vitais para espécies de importância comercial, além de gerarem bens e serviços para comunidades locais Clark, 1996(apud Pereira, 2006).

O tempo de residência da água no interior do estuário é simultaneamente a causa da sua riqueza e da sua fragilidade. Em estuários considerados ricos, o tempo de residência da água é da ordem das semanas a meses. Esse tempo permite a deposição da matéria particulada e o consumo de grande parte dos nutrientes descarregados diretamente pelos rios ou provenientes da mineralização da matéria orgânica depositada nos sedimentos.

Assentamentos urbanos e o desenvolvimento de atividades industriais, portuárias, pesqueiras, de exploração mineral, turística, entre outras, sem planejamento adequado, vem colocando em risco os atributos básicos dos estuários brasileiros e ecossistemas associados; resultando na diminuição da qualidade de vida da população local Schaeffer-Novelli, 1989(apud Pereira, 2006). Em Ilhéus (BA), os estuários e os manguezais têm sido os ecossistemas costeiros mais comprometidos frente a acentuada expansão urbana que a cidade tem experimentado na atualidade Fidelman (apud Pereira 1998).

Deve ser destacado, finalmente, que os estuários são regiões de grande importância para a criatura humana, constituindo lugares de desenvolvimento de ocupações populacionais, indústrias, fontes para abastecimento de água e áreas de comunicação. Como consequência, eles são ambientes altamente explorados e que vêm sendo modificados, seja diretamente, devido à reivindicação de terras, ou indiretamente, com a utilização do sistema para a disposição de efluentes que serão descarregados no oceano, onde sofrem dispersão. Muitas vezes, no entanto, isso não acontece, pois muitos poluentes acabam permanecendo dentro do estuário, transformando-o numa área de acúmulo de poluentes French (apud Pereira, 2006).

6 O RIO DENDÊ – RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 CARACTERÍSTICAS, MICROBACIA E DRENAGEM

O rio Dendê nasce no Baixo Platô Costeiro, aproximadamente 10m, acima do nível médio da maré, a partir da interseção da topografia local com a zona saturada de água subterrânea dos sedimentos do Grupo Barreiras. Com um curso meandrante de cerca de 6km, possui largura variada, atingindo mais de 600m na foz, e até, no máximo, 5m próximo de sua nascente, desaguando no rio Pará, nas cercanias da Vila do Conde, no município de Barcarena, na Região Nordeste do Estado do Pará.

Sua microbacia é composta por dois afluentes, o igarapé Cobras e o Curuperê, sendo permanentemente alimentada pela abundância das chuvas do Ciclo Hidrológico anual da região, o qual mantém um regime pluviométrico favorável à perenidade desse corpo hídrico. Na área abrangida por essa microbacia, se encontram algumas comunidades ribeirinhas, Vila São João e Vila São Pedro, e indústrias de transformação mineral localizadas no Distrito Industrial de Barcarena.

Referido corpo hídrico apresenta uma variação sazonal no volume e no fluxo das águas, sendo que, durante os meses de estiagem e mais quentes (Out-Nov-Dez), esse conjunto torna-se menor, e durante os meses mais chuvosos e menos aquecidos (Jan-Fev-Mar), o volume das águas aumenta consideravelmente, alterando, assim seus padrões de composição físico-química, além de alterações diárias principalmente em sua foz de tais parâmetros, gerado pela subida e descida das marés.

A nascente do rio Dendê, localizada através das coordenadas X: 0753559 e Y: 9826558, é formada por um pântano de água doce ou “charco”, com o desenvolvimento de vegetação aquática rasteira, no seu interior, e com árvores de médio a grande porte no entorno do mesmo (Fig. 11).

Figura 11 - Nascente do Rio Dendê



Nesses locais as águas são correntes, límpidas e em certo trecho canalizadas. As influências antrópicas foram identificadas em materiais de aterro próximos a uma estrada.

No seu curso médio, o rio Dendê, no ponto de coordenadas X: 0750798 e Y: 9827518, localizado sob uma ponte na estrada PA-483, é estreito e corre no sentido NW, com presença de vegetação nas margens e com águas e sedimentos de coloração amarelada, provavelmente derivada de efluentes industriais (Fig. 12).

Figura 12 - Ponto médio do rio Dendê, sob uma ponte na estrada PA-483.



Na foz do rio Dendê, com coordenadas X:0748146 e Y:9826588, os processos sedimentares são fortemente influenciados pelas marés provenientes do Atlântico. Nas Tabelas 12 a 14 estão apresentados alguns dados de localização, comportamento e

amplitude das marés. Resultados obtidos em diferentes datas foram processados e comparados com os valores disponibilizados pela Marinha de Brasil para o Porto da Vila do Conde.

Tabela 12 - Localização dos pontos de controle da maré na área de abrangência da área de trabalho

PONTOS	DESCRIÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE
Porto Vila do Conde	Ponto de controle da Marinha do Brasil	01°33',9S	048°46',0W

Tabela 13 - Comportamento da maré no porto Vila do Conde/ PA (Latitude: 01°33', 9S Longitude: 048°46' W).

Campanha	Data	Fim da vazante		Fim da enchente		Fim da enchente		Fim da vazante	
		Hora	Altura (m)	Hora	Altura (m)	Hora	Altura (m)	Hora	Altura (m)
1°	07/09/2011	02:23	0,9	07:30	2,6	15:47	0,5	21:00	2,6
2°	13/09/2011	00:34	2,8	07:38	0,5	12:28	2,9	19:53	0,3
3°	11/11/2011	07:24	0,4	12:15	2,6	19:11	0,6	-	-

Fonte: <http://www.dhn.mar.mil.br>

Tabela 14 - Amplitude de maré

PONTOS	DATA	AMPLITUDE DE MARÉ 07/09/2011	AMPLITUDE DE MARÉ 13/10/2011	AMPLITUDE DE MARÉ 11/11/2011
Porto Vila do Conde	Controle da Marinha Brasileira	260	290	260

Na foz do Dendê, desenvolvem-se barras arenosas de desembocadura, com marcas de ondas na superfície, as quais ficam expostas, em grande parte, durante a maré baixa, em meio à uma extensa planície de maré, canais de maré efêmeros, áreas baixas ou planícies argilosas e lamosas, com a presença de pavimentos com seixos lateríticos, e desenvolvimento de vegetação rasteira (Fig. 13).

Figura 13 - Foz do Rio Dendê



6.2 O ESTUÁRIO DO RIO DENDÊ

O estuário do rio Dendê é do tipo associado a vales de rios afogados, normal e bem misturado. Na foz é bastante amplo, com aproximadamente 600 metros de largura e área de 220.000 m², com uma forma côncava ou de colher, diminuindo sua calha continente adentro e rumo a montante para até um máximo de 5 metros de largura (Fig. 13).

No Porto de Vila do Conde, nas proximidades da área de estudo, as marés são semi-diurnas e variam de amplitude, mensal e sazonalmente, entre 2,5m e um máximo em torno de 3m, sendo as maiores ocorrem durante os períodos de equinócios e de sizígia.

Os processos de transporte sedimentar e de deposição na foz do estuário geram barras de desembocadura (tidal sand bars) e bancos de areia (sandwaves) de dimensões métricas, sobre a superfície das quais se desenvolvem marcas onduladas simétricas de médio porte (Fig. 25). Em ambas as margens da desembocadura, estão presentes as feições erosivas resultado do ataque das marés e suas correntes, assim como das ondas que atingem a Terra Firme, desenvolvendo falésias e barrancos, relativamente baixos.

A presença de um delta de maré vazante na desembocadura do rio Dendê fica bem evidenciada por ocasião do máximo da baixa-mar. Nesta condição de maré, o canal principal desse rio, possui largura em torno de 15m e profundidade média acima de 2m. (Fig. 13). Deve ser observado que o canal principal do delta é a continuação do canal fluvial do rio Dendê

Deltas de maré vazante são os corpos de areia mais comuns na saída de estuários que ocorrem em forma de leques Davis (1983). Os deltas de maré são melhores desenvolvidos em estuários de mesomarés (maré entre 2 e 4m), mas também são comuns em alguns estuários com amplitude da maré menor que 2m (micromarés).

Segundo Davis (1983), esses corpos sedimentares são chamados de deltas devido a sua forma geral e porque seu modo de formação é similar aos deltas dominados por rios. Um volume grande de sedimentos acumula devido à repentina perda de competência das correntes de marés.

Os estuários podem conter tanto um delta de maré enchente, gerado por correntes de inundação e depositado no interior do estuário, bem como um delta de maré vazante, que é gerado pelo refluxo da maré e depositado a frente do mesmo (Davis 1983).

O delta de maré vazante do rio Dendê expõe diversos bancos de areia durante a maré baixa. Referidos bancos arenosos estão orientados preferencialmente na direção NW-SE e alongados perpendicularmente à linha de costa. Essa configuração dos bancos de areia resulta diretamente da ação das correntes de maré. Além disso, a forma de “sandwaves” e as marcas onduladas presentes na superfície das mesmas indicam o retrabalhamento por ondas.

No seu interior, o estuário do Dendê apresenta predominantemente sedimentos argilosos e lamosos nas suas margens, sendo que, em alguns pontos, é possível observar barrancos com o desenvolvimento de solos, compostos por sedimentos Barreiras completamente intemperizados. Foram também observadas ao longo de seu curso interior barras de acreção lateral, desenvolvidas na convexidade de seus meandros.

As amostras coletadas em diversos pontos do estuário do rio Dendê possibilitaram, ainda, a partir dos estudos sedimentológicos e mineralógicos, identificar as principais espécies de minerais leves, pesados e argilosos que ocorrem nos sedimentos inconsolidados das barras arenosas e dos barrancos intemperizados das margens. Os resultados e as discussões sobre os mesmos se encontram a seguir.

6.3 AS PLANÍCIES DE MARÉS

As planícies de marés são elementos marcantes dos estuários da Região Costeira do Estado do Pará. Nas praias do litoral e nos rios que deságuam diretamente no oceano Atlântico se desenvolvem amplas e extensas planícies de marés, em função da baixa altitude do relevo e da baixa declividade da costa, combinados com a amplitude, frequente, de 6 metros da maré na região.

Nos sistemas fluviais da Região Insular Estuarina, do Golfão Marajoara, as planícies de marés são menos desenvolvidas, entretanto, devido às amplitudes métricas das mesmas e a mesma topografia baixa e plana, típica da região costeira, são perfeitamente identificáveis as zonas emersas da supramaré e da intermaré, enquanto que a zona de inframaré permanece submersa, sujeita à resuspensão dos sedimentos argilosos ocasionada pelo movimento das ondas.

Na área do rio Dendê e suas cercanias, referida zonas são perfeitamente mapeáveis no campo, sendo consideradas, também, para os estudos sedimentológicos e mineralógicos dos sedimentos presentes nas mesmas (Fig. 14).

Figura 14 - Margem direita na foz do rio Dendê, onde são mapeáveis as zonas de supramaré e intermaré.



6.3.1 Praias de Vila do Conde e do Caripi

As planícies de marés das margens do rio Pará (Fig. 15) são conhecidas como “praias”, destacando-se na área de estudo as praias de Vila do Conde e do Caripi, ambas com baixa declividade e predominância de sedimentos arenosos.

Figura 15 - Praia de Vila do Conde na margem direita rio Pará. Observa-se, no primeiro plano, a zona de intermaré, ainda úmida e de cor amarelada e, ao fundo, a zona de supramaré com areias brancas e secas, e a falésia.



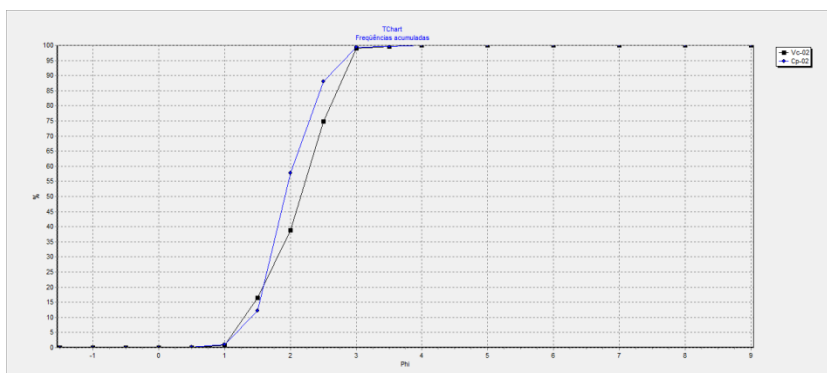
Acima da zona de supramaré, ocorrem falésias desenvolvidas nos sedimentos do Grupo Barreiras, destacando-se, na base e a frente das mesmas, a presença de blocos lateríticos de diferentes dimensões, formando uma verdadeira plataforma de abrasão das ondas (Fig. 15).

Na praia de Vila do Conde e na margem direita da foz do rio Dendê ocorrem blocos lateríticos de grande dimensão que se encontram *in loco*, sobre um substrato argiloarenoso, com estruturas cavernosas, ao que tudo indica produto do forte intemperismo que atingiu os sedimentos Barreiras.

6.3.1.1 Zona de Supramaré

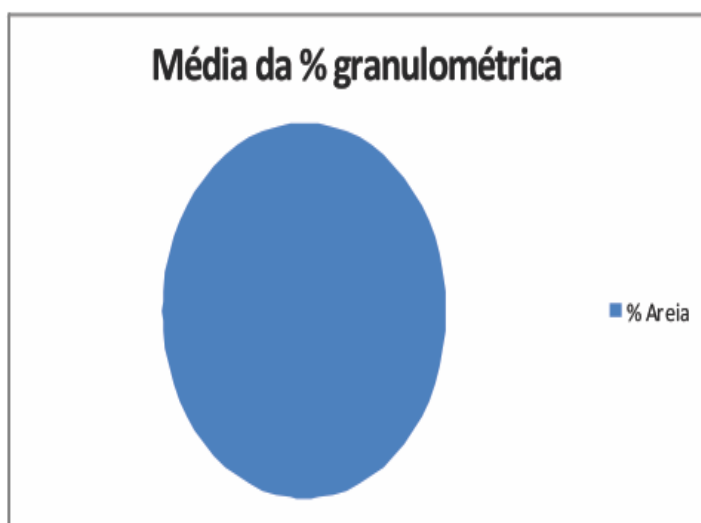
Na zona de supramaré os sedimentos são compostos de areia fina a média, grau de seleção moderado a bem selecionado, esbranquiçados a amarelados, com faixas escuras contendo minerais pesados. As Figuras 16 e 17 apresentam gráficos com resultados das análises granulométricas realizadas nas amostras coletadas nessa zona.

Figura16 - Resultado da análise da frequência acumulada nas amostras Vc-02 e Cp-02 da zona de supramaré



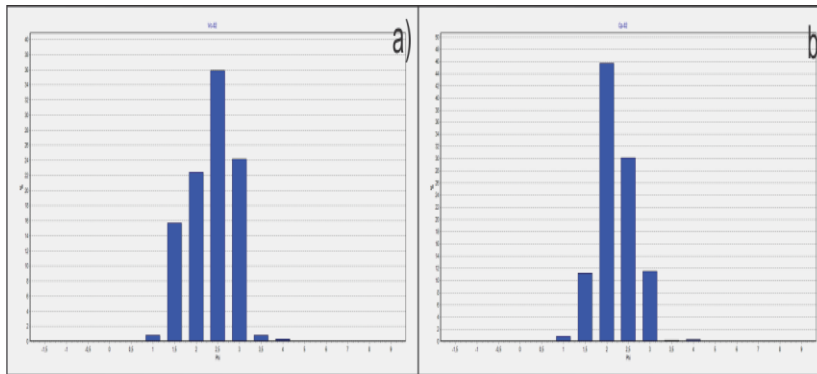
Os grãos de areia fina e média da zona supramaré são bem arredondados, menos angulosos, e com índices de alta a baixa esfericidade. Os grãos de areia grossa são mais arredondados a subarredondados, esféricos a sub-esféricos.

Figura 17 - Distribuição granulométrica nas amostras Vc-02 e Cp-02



As amostras analisadas apresentam média granulométrica de areia fina a média, seleção de 0,57-0,47, sendo classificadas como moderadamente a bem selecionadas, com assimetria negativa a positiva de -0,12-0,13, e curtose platicúrtica a mesocúrtica, com valores variando de 0,90-1,01 (Fig. 17).

Figura 18 - Histogramas das amostras Vc-02 e Cp-02 da Zona de supramaré

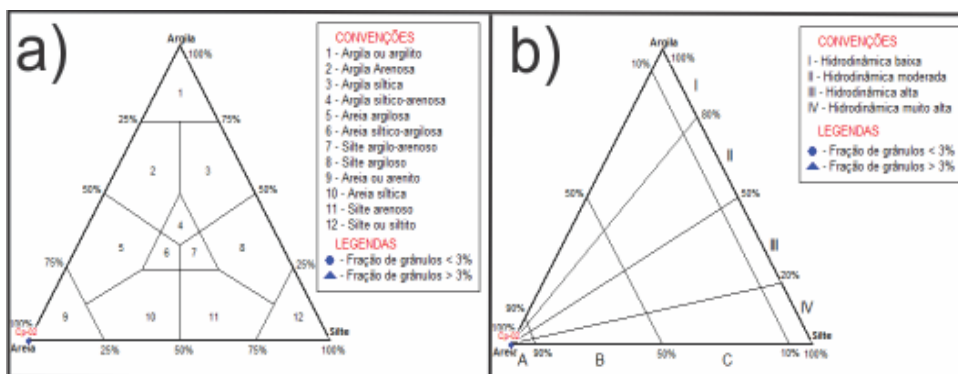


A composição mineralógica das areias da supramaré apresenta o quartzo como mineral leve e transparente mais abundante, seguido de grãos ferruginosos, mais densos, derivados do retrabalhamento dos blocos lateríticos, desagregados das falésias.

Na assembléia de minerais pesados estão presentes estaurólita, rutilo, zircão, turmalina, andaluzita e muitos grãos opacos, predominantemente lateríticos

Considerando as análises granulométricas das amostras Vc-02 e Cp-02, e a aplicação do gráfico de Pejrup (1984), cujos resultados estão plotados na área IV-A, infere-se que a hidrodinâmica local é forte (Fig. 19-a).

Figura 19 - a) Plotagem dos resultados das análises das amostras Vc-02 e Cp-02 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos e b) no gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica do meio.



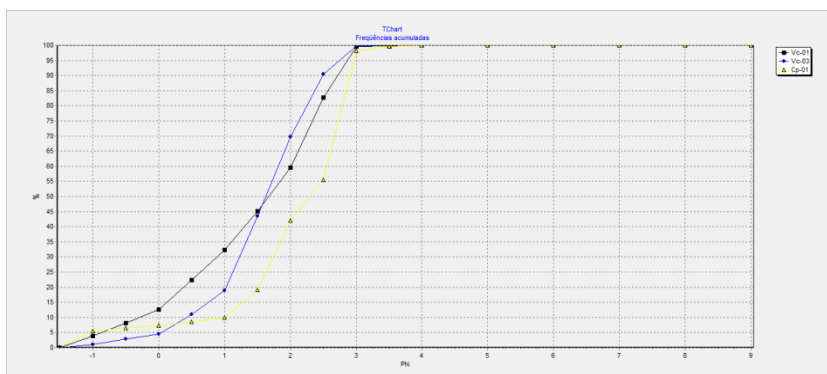
6.3.1.2 Zona de intermaré

Figura 20 - Praias de a) Vila do Conde e b) Caripi



Na zona de intermaré (Fig. 20) os sedimentos são principalmente arenosos, amarelados a esbranquiçados, com a presença de pequenos seixos, sendo pobres a moderadamente selecionados (Fig. 21 e Fig. 22).

Figura 21 - Frequência acumulada dos sedimentos da zona de intermaré



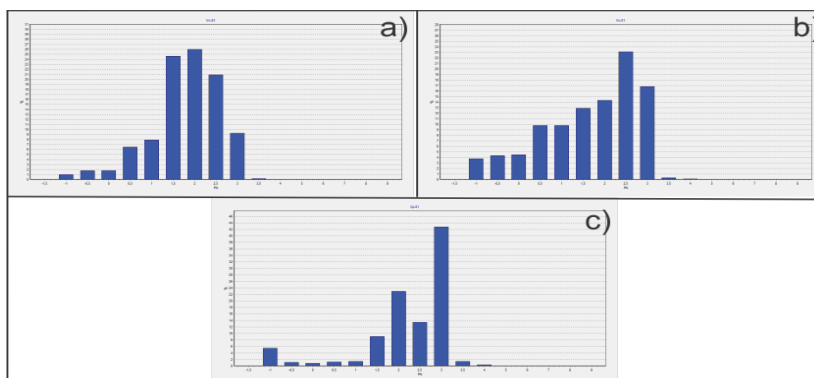
Os grãos de areia fina e média são angulosos a arredondados, pouco esféricos a esféricos, com baixa a alta esfericidade. As areias mais grosseiras e os seixos são angulosos a bem arredondados e pouco esféricos.

Figura 22 - Média da distribuição granulométrica das amostras Vc-01, Vc-03, Cp-01.



Os grãos apresentam média granulométrica predominante de areia média, seleção de 1,16-0,79, sendo classificados como pobre a moderadamente selecionados, com assimetria negativa a muito negativa de -0,12 - -0,48, e curtose platicúrtica a leptocúrtica com valores de 0,90-1,49 (Fig. 23).

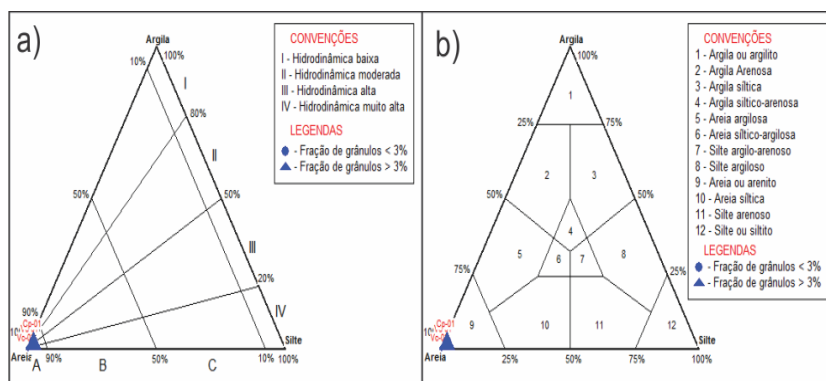
Figura 23 - Histograma das amostras a) Vc-01, b) Vc-03, c) Cp-01 apresentando a assimetria negativa das amostras.



O quartzo é o mineral mais abundante nas areias, sendo que na assembléia de minerais pesados estão presentes estauroлита, rutilo, zircão, turmalina, andaluzita e muitos grãos opacos, predominantemente lateríticos. Os grãos mais grosseiros e os seixos são principalmente lateríticos, derivados também do retrabalhamento dos blocos ferruginosos que ocorrem na base e a frente das falésias.

De acordo com a granulometria dos sedimentos e o gráfico de Pejrup, infere-se que a hidrodinâmica local é forte influenciada tanto pelo rio Pará, como pelas marés e ondas (Fig. 24-a).

Figura 24 - a) Plotagem dos resultados das análises das amostras Vc-01, Vc-03 e Cp-01 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos e b) no gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.



6.4 SEDIMENTOLOGIA DO RIO DENDÊ

Os estudos sedimentológicos executados durante os trabalhos de campo concentram-se na observação e descrição, detalhada, dos ambientes locais onde foram coletadas as amostras. Na desembocadura do rio Dendê, a atenção foi maior em função dos inúmeros elementos e feições que ocorrem nas zonas de inter e supramaré da Planície de Maré local e das grandes e pequenas estruturas sedimentares presentes na área.

Em função disso, os resultados dos estudos sedimentológicos, de campo e de laboratório, estão apresentados a seguir em cada um dos locais onde foram coletadas as amostras.

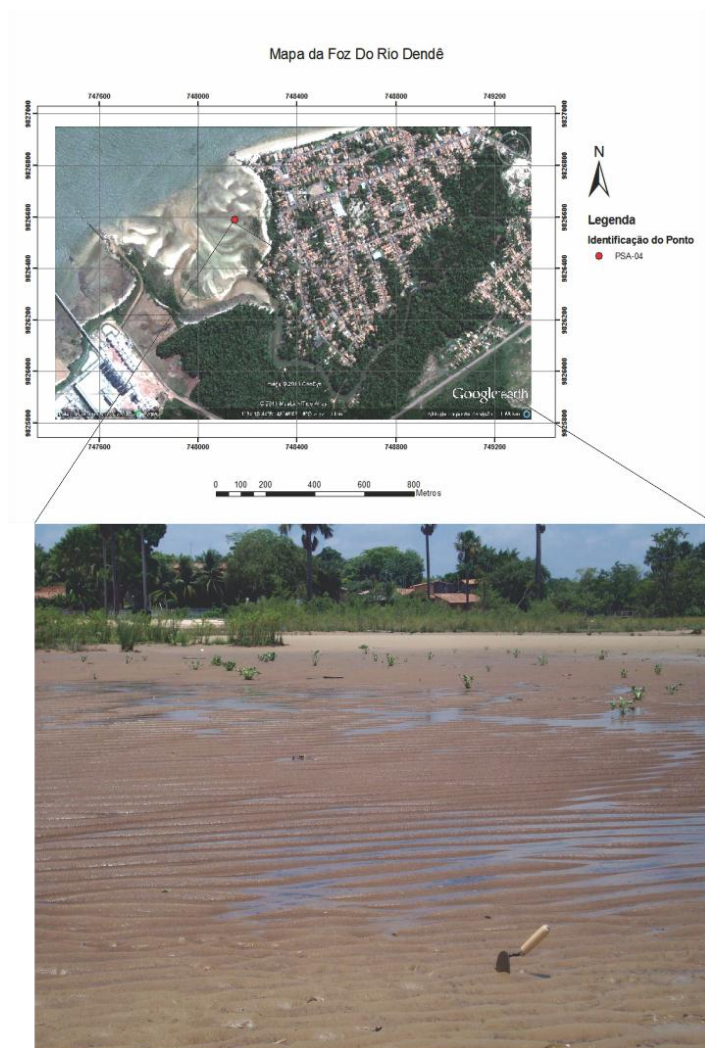
6.4.1 Zona de Intermaré - Barras arenosas da foz do rio Dendê

As barras arenosas ou “sandwaves”, de dimensões métricas, presentes transversalmente na desembocadura do rio Dendê, localizam-se na zona de intermaré da planície local, sendo totalmente submersas por ocasião das maiores preamares nos períodos das sizígias e dos equinócios (Fig. 25).

As estruturas sedimentares predominantes na superfície dessas barras arenosas são marcas onduladas simétricas, com espaçamento de 25 cm entre si e amplitudes de

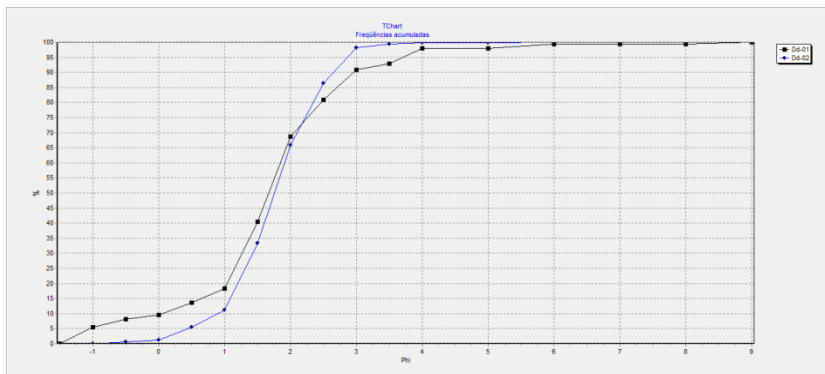
até 15 cm, dispostas, normalmente, transversais ao canal do rio Dendê, as vezes formando bifurcações. É provável que referidas marcas onduladas tenham sido geradas em regime de fluxo inferior, com velocidades entre 0,23-0,5 m/s, associadas às correntes com ondas (Fig. 30). Conforme os resultados das análises, aplicados no gráfico de Pejrup, infere-se que a hidrodinâmica local é forte (Fig. 28).

Figura 25- Marcas onduladas na superfície de barra arenosa na desembocadura do rio Dendê. Como referência de escala, a pá de amostragem no primeiro plano.



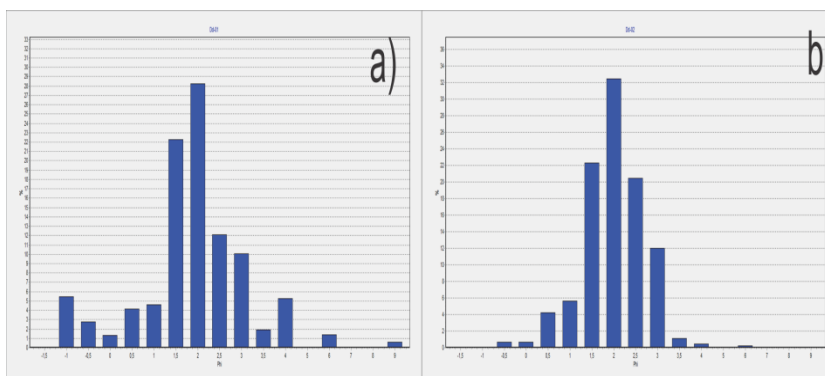
Os sedimentos das barras do lado direito da foz do rio Dendê (Fig. 25), são composto principalmente de areias, com seixos pequenos, e, subordinadamente, silte e argila de cor cinza a amarela, pobremente a bem selecionados (Fig. 26).

Figura 26 - Frequência acumulada das amostras Dd-01 e Dd-02 da foz do rio Dendê



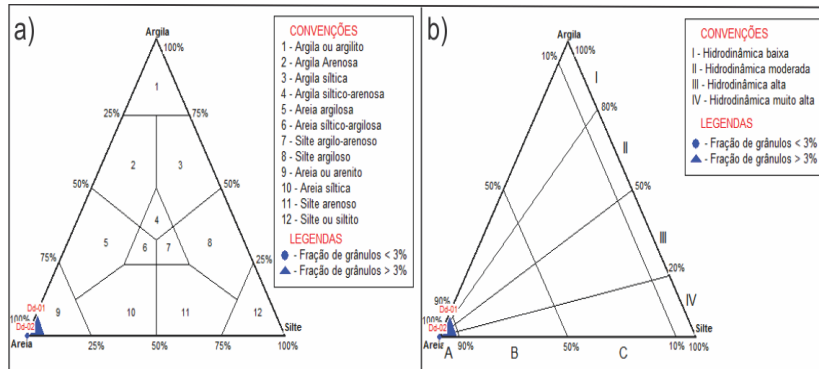
Os grãos de areia fina a média são sub-angulosos a arredondados e apresentam baixa a alta esfericidade, enquanto que os grãos de areia grossa e seixos são pouco arredondados a sub-arredondados com baixa a alta esfericidade.

Figura 27 - Histogramas das amostras Dd-01 e Dd-02 da Foz do rio Dendê



A análise granulométrica revela que predominam grãos de areia média, seleção de 0,70-1,20, sendo classificados como pobre a moderadamente selecionados, com assimetria de -0,05-0,03, aproximadamente simétrico e a curtose muito leptocúrtica a mesocúrtica com valor de 1,09-1,76 (Fig. 27), sendo classificada, com base em Folk, (1970), como uma areia com cascalho.

Figura 28 - a) Plotagem dos resultados das análises na amostra Dd-01 e Dd-02 no gráfico de Shepard (1954) para a caracterização dos sedimentos e b) no gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.



O quartzo é o mineral mais abundante nas areias, sendo que na assembléia de minerais pesados estão presentes estauroлита, zircão, turmalina, rutilo, andaluzita e muitos opacos ferruginosos. Nas argilas é comum a presença da kaolinita e da ilita (Fig. 29)

Figura 29 - Difratoograma evidenciando a presença de kaolinita e ilita na amostra Dd-01

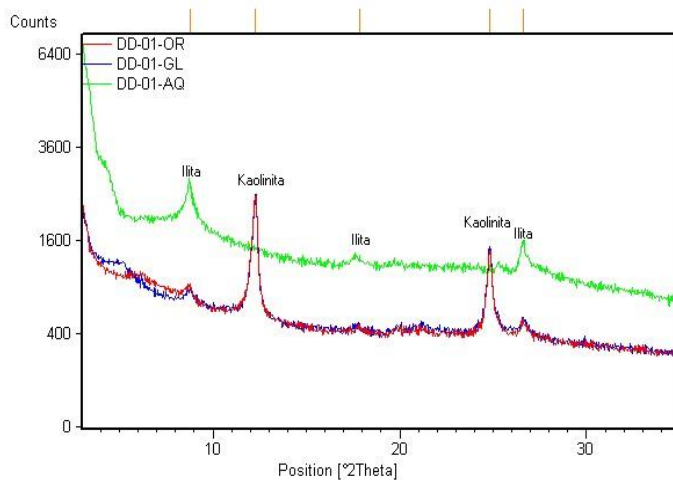
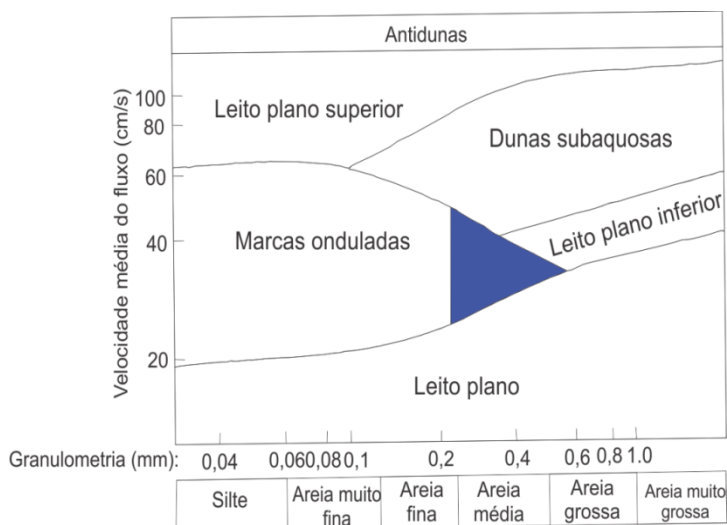


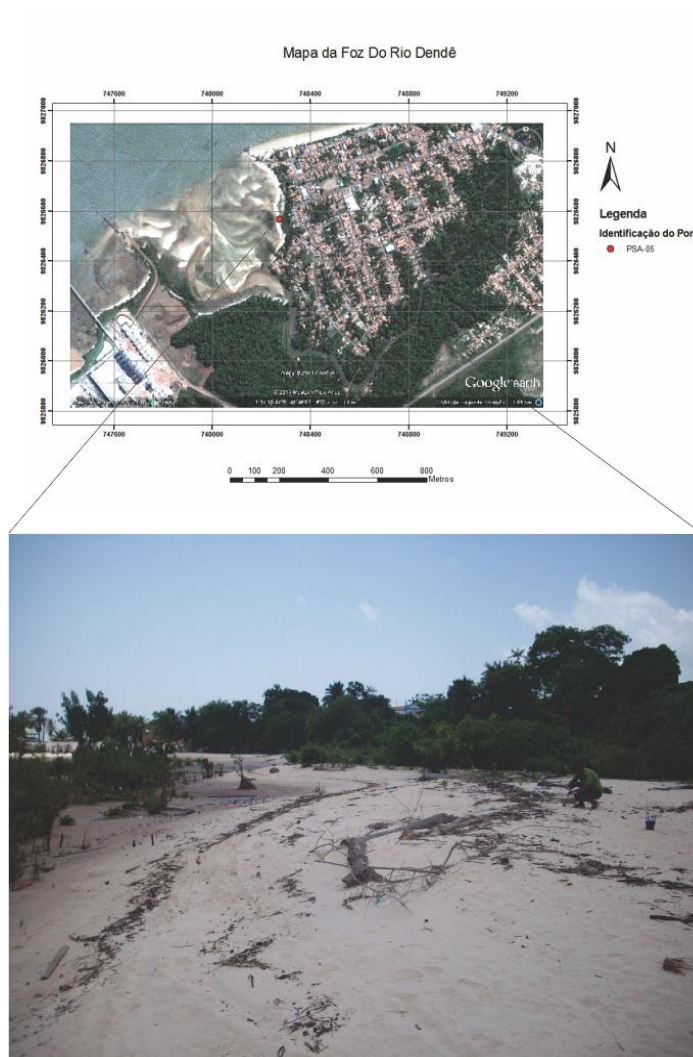
Figura 30 - Gráfico de Reynolds onde a área marcada em azul corresponde ao tipo de formas de leito encontrado na foz do rio Dendê e sua respectiva velocidade de fluxo.



6.4.2 Zona de Supramaré – Margem direita do rio Dendê – Localização X: 0748272 e Y: 9826566

Na margem direita na foz do rio Dendê ocorrem sedimentos arenosos na zona de supramaré, os quais são retrabalhados pelos ventos à medida que o nível mais alto da preamar varia com a amplitude das marés. É evidente o movimento vertical das marés a partir da presença das marcas da “linha de paria”, das preamares, posicionadas em diferentes níveis (Fig. 32). Além das árvores de médio porte situadas na margem do rio, observa-se, também, o desenvolvimento de vegetação na zona de intermaré (Fig.31).

Figura 31 - Margem direita foz do rio Dendê onde estão marcadas duas preamares



A diferença topográfica vertical, entre o nível atingido pelas preamares, na zona de supramaré, e o baixo terraço da intermaré, adjacente, é de aproximadamente 1,80 m (Fig. 32).

Figura 32 - Margem direita da foz do rio Dendê, onde o desnível entre as zonas de supramaré e intermaré atinge 1,80m.



Os sedimentos são predominantemente compostos de areia média (92,2%) e, secundariamente, areia fina (7,3%), demonstrando um bom selecionamento das partículas (Fig. 33 e 34). Os grãos de areia são arredondados a sub-arredondados com esfericidade variando de baixa a alta.

Figura 33 - Resultado da análise granulométrica da amostra Dd-03

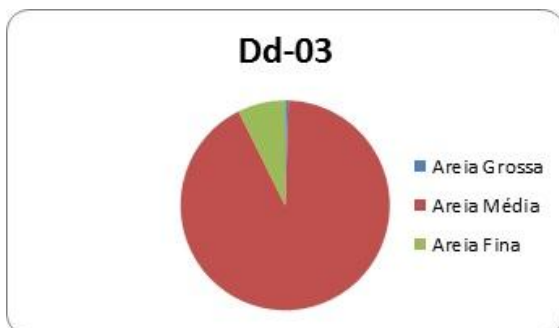
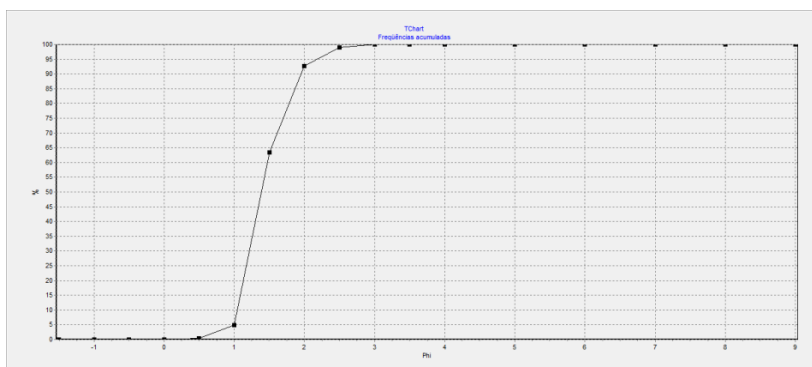
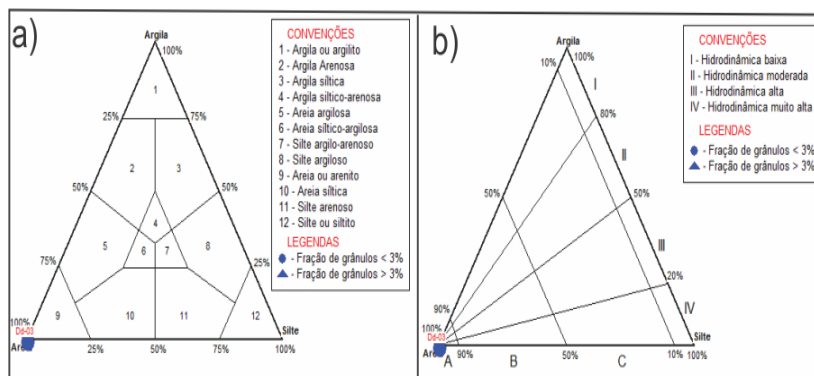


Figura 34 - Curva de frequência acumulada das amostras Dd-01 e Dd-02 da foz do Rio Dendê



As estruturas encontradas são marcas onduladas assimétricas de cristas sinuosas, provavelmente geradas em regime de fluxo inferior com velocidades de fluxo entre 50-23 cm/s, segundo o gráfico de Reynolds. A aplicação dos resultados das análises das amostras no gráfico de Pejrup, indica que a hidrodinâmica local é forte sendo a amostra composta de 100% de areia (Fig. 35).

Figura 35 - a) Plotagem dos resultados da análise da amostra Dd-03 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos, e b) gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.



Os grãos predominantemente são da granulometria areia média, seleção com índice 0,37, sendo classificados como bem selecionados, a assimetria positiva de 0,30, e a curtose mesocúrtica com valor de 0,92.

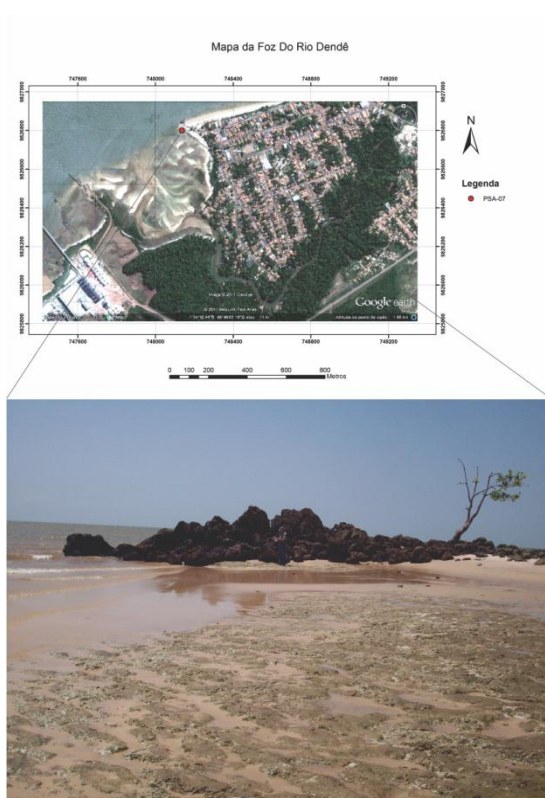
Na mineralogia das areias predomina o quartzo, ocorrendo, secundariamente, grãos lateríticos. Dentre os minerais pesados são abundantes estauroлита, turmalina, zircão, cianita e silimanita.

6.4.3 Solo na foz do Rio Dendê – Localização X: 0748136 e Y: 9826800)

Na extremidade do lado de direito da desembocadura do rio Dendê, onde termina a praia de Vila do Conde, ocorre um amontoado de blocos lateríticos, irregulares na forma e de tamanhos variados, alguns com m³ de dimensão e toneladas de peso, com cavidades típicas de erosão e ataque químico.

Abaixo dos blocos, que se encontram *in loco*, aflora um substrato argiloarenoso que se estende por uma grande área na zona de intermaré da foz do rio Dendê. As relações entre os blocos e seu substrato indicam que se trata de material intemperizado, muito provavelmente, parte inferior do solo desenvolvido na sequência local de sedimentos do Grupo Barreiras. A presença de falésias recuadas, com muitos blocos lateríticos na base, observadas na praia de Vila do Conde reforçam essa interpretação (Fig. 36).

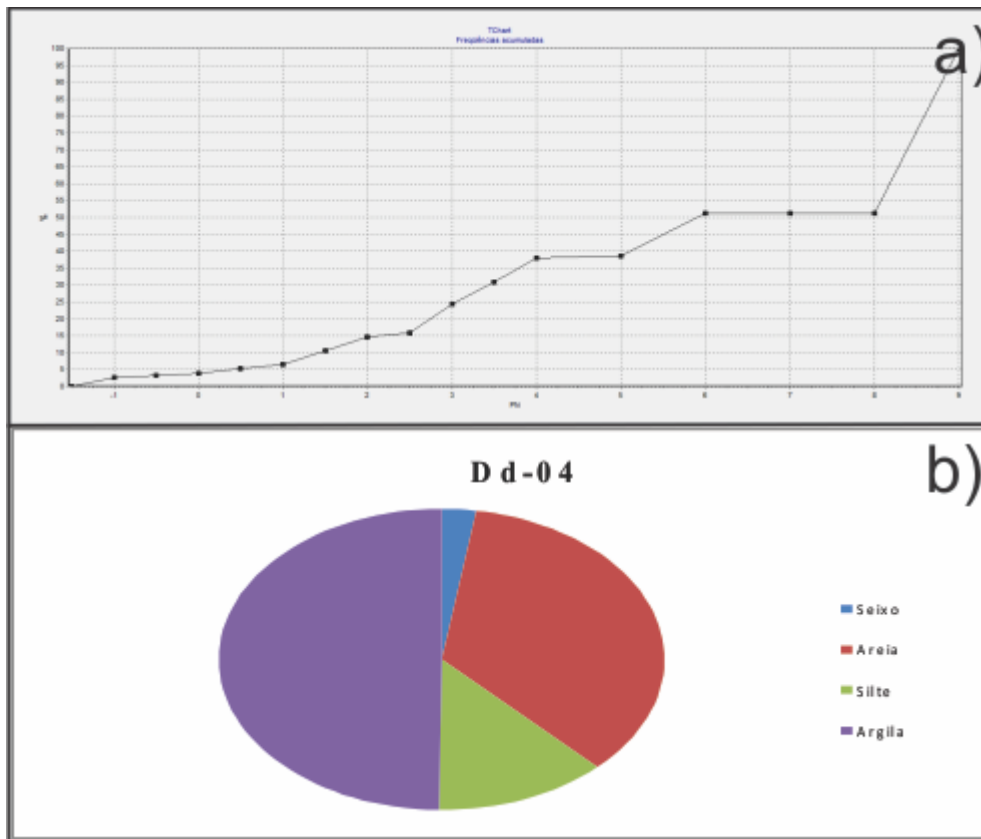
Figura 36 - Solo arenoargiloso no lado direito da foz do Rio Dendê



O material sedimentar possui coloração esbranquiçada, com muitas manchas amareladas, arroxeadas e amarronzadas. A análise granulométrica desse material demonstra ser pobremente selecionado, com muita argila (50%), secundariamente areia

(35%), silte (13%) e cascalho (2%) sendo classificado como um material argilosíltico arenoso (Fig. 37).

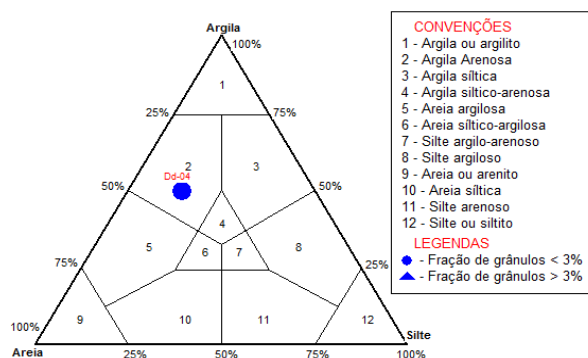
Figura 37 - a) Frequência acumulada do material sedimentar na Dd-04 do solo na foz do rio Dendê; b) Distribuição granulométrica dos sedimentos na amostra Dd-04



Os grãos de areia fina a grossa variam desde muito angulosos até sub-redondados. A média granulométrica se encontra na fração silte, seleção igual a 2,83, sendo classificados como muito mal selecionado, com assimetria negativa de -0,20, e a curtose muito platicúrtica com valor de 0,64.

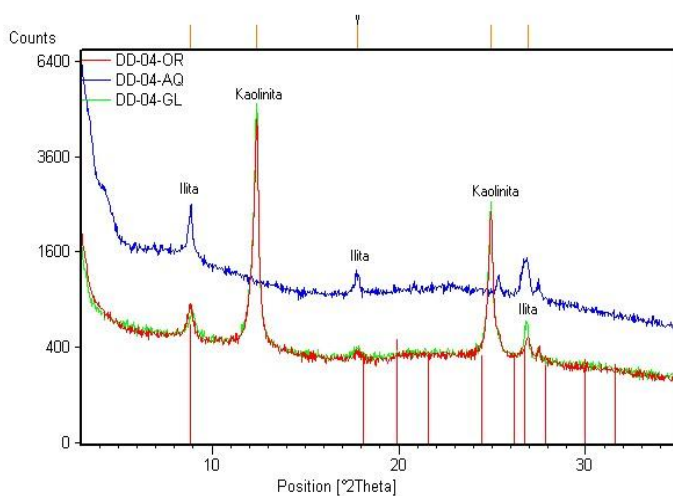
A aplicação dos resultados das análises granulométricas no gráfico de Shepard indica o caráter argilo arenoso do material sedimentar (Fig. 38).

Figura 38 - Plotagem dos resultados das análises na amostra Dd-04, no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos.



A composição mineralógica do material granulometria areia inclui o quartzo como mais abundante, seguido de partículas lateríticas. Dentre os pesados, além dos opacos, ocorrem estauroлита, rutilo, zircão, turmalina e andaluzita. Na fração argilosa, se destacam a kaolinita e a ilita (Fig. 39).

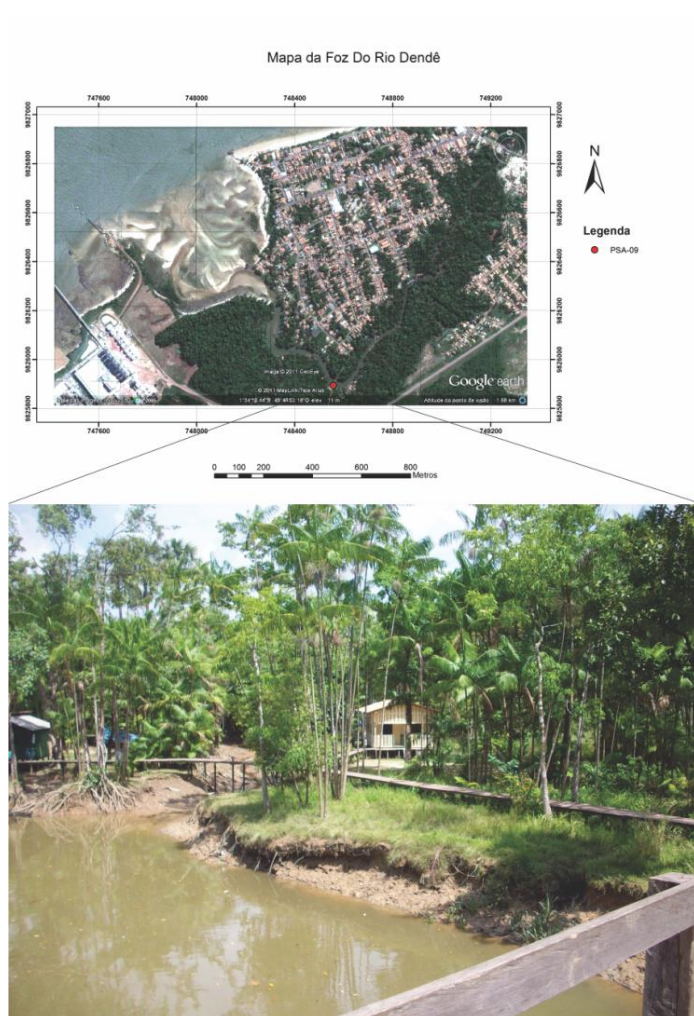
Figura 39 - Difratoograma da amostra Dd-04, revelando a presença da kaolinita e da ilita.



6.4.4 Barranco no Rio Dendê - Localização X: 0748558 e Y: 9825894

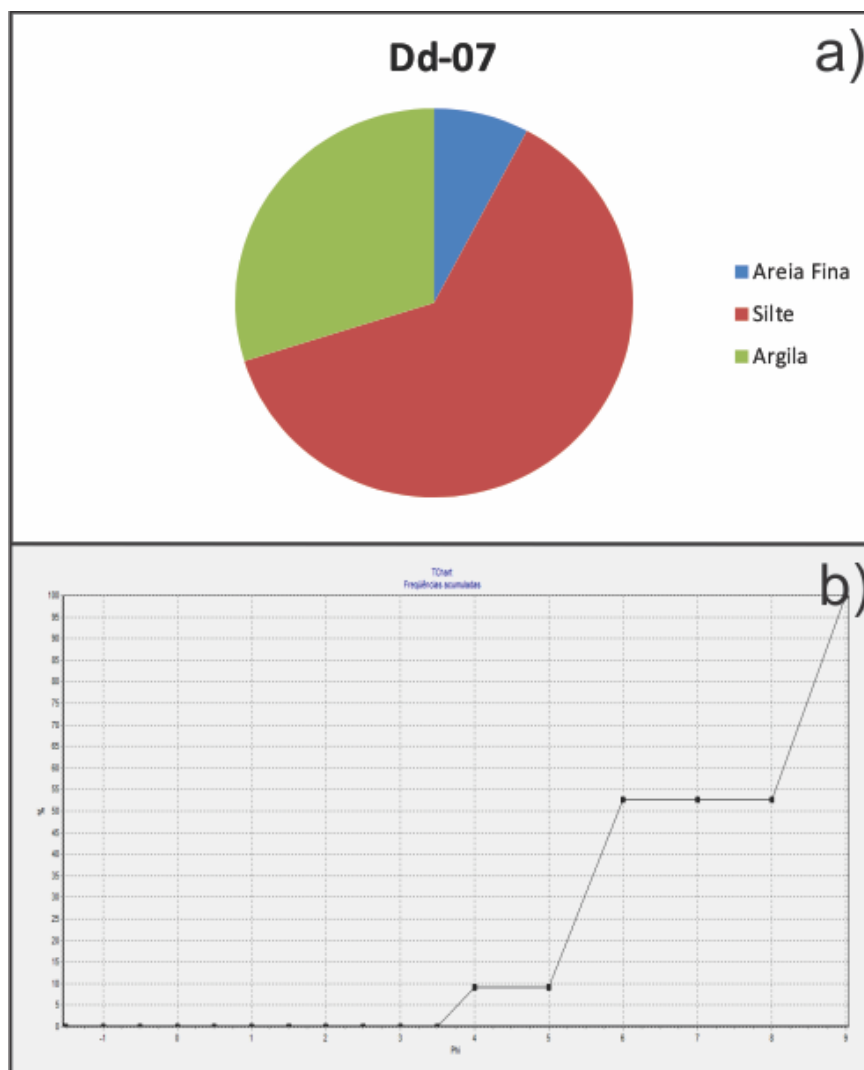
Na margem esquerda do rio Dendê, ainda no estuário, quando por ocasião da maré baixa, se observa o desenvolvimento, nas áreas erodidas, de barrancos argilosos e lamosos, que, ocasionalmente, tem sua superfície coberta pelas maiores preamares. São áreas pertencentes à planície de inundação associada morfologia fluvial do rio Dendê com destaque para a vegetação de palmáceas, açazal, e da presença de comunidades ribeirinhas (Fig. 40).

Figura 40 - Barranco na margem esquerda do rio Dendê resultado da erosão da planície de inundação



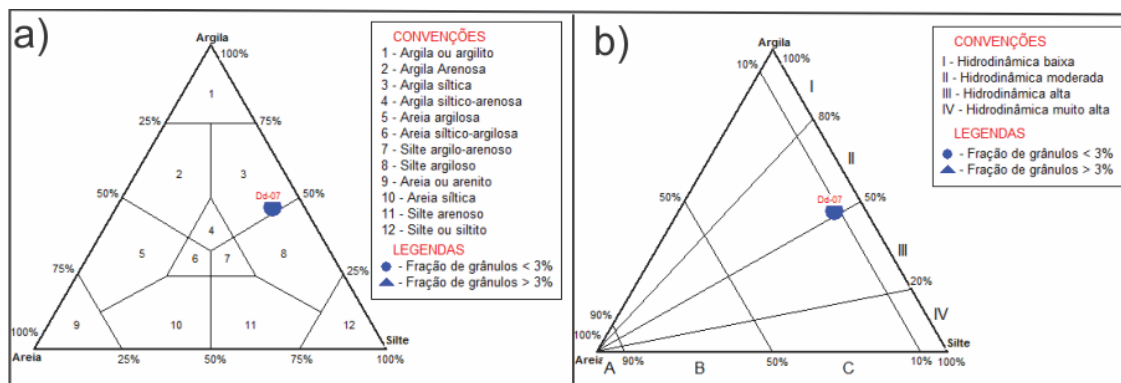
Os sedimentos dos barrancos, de coloração acinzentada, com manchas amareladas, são compostos, predominantemente, de argila, secundariamente, de silte e areia fina, sendo classificados como argila siltica (Fig. 42).

Figura 41 - a) Freqüência acumulada da Foz do Rio Dendê das amostras Dd-07, b) Distribuição granulométrica da amostra Dd-07



As análises granulométricas apresentam para esses sedimentos média granulométrica, silte, seleção igual a 1,65, sendo classificados como pobremente selecionados, com assimetria muito positiva de 0,35, e a curtose platicúrtica, com valor de 0,67.

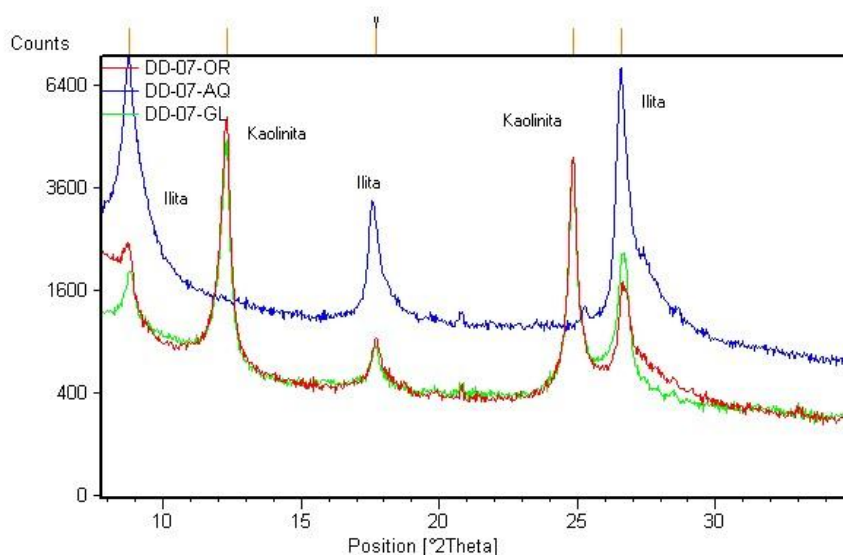
Figura 42 - a) Plotagem dos resultados das análises da amostra Dd-07 no gráfico de Shepard (1954), para a caracterização dos sedimentos. b) gráfico de Pejrup (1988), para a caracterização da hidrodinâmica.



A composição mineralógica da argila siltica é basicamente de kaolinita, ilita e quartzo (Fig. 43). A aplicação do gráfico de Pejrup (1988), permite inferir que a hidrodinâmica local é moderada, característica de planícies de inundação periodicamente inundadas.

O conteúdo de areia, pouco maior que 10%, corrobora o fato de ser uma área de hidrodinâmica moderada, onde a deposição ocorre por decantação do material sedimentar proveniente das inundações periódicas do rio.

Figura 43 - Difratoograma revelando a quantidade de kaolinita e de ilita na amostra Dd-07



6.5 MINERALOGIA DOS SEDIMENTOS DO RIO DENDÊ

O quartzo, a maioria hialino, e os fragmentos lateríticos constituem os dois principais componentes terrígenos dos sedimentos arenosos encontrados no rio Dendê. Nas amostras pelíticas, a mineralogia predominante é kaolinita, illita e, secundariamente, quartzo.

A caulinita, apesar de ter seus picos nos difratogramas coincidente com aqueles da clorita, nos difratogramas das amostras normais e glicoladas, referidos picos são diferenciados, ao serem aquecidas a 550 °C/2hs, uma vez que desaparecem os picos da caulinita.

A Illita é facilmente identificada pelas sequencias basais 10, 5, 3.3, 2.3 Å, não afetadas pela glicolação e pelo aquecimento a 550°C/2hs. Os picos de 10 e 5 Å são os mais utilizados para avaliações quantitativas por serem fortes e bem diferenciados dos picos de outros minerais.

Os estudos sobre a proveniência dos sedimentos foram baseados nas assembléias de minerais pesados das amostras coletadas no rio Dendê e no rio Pará (Praia de Vila do Conde e Praia do Caripi).

Os minerais pesados foram identificados em dois intervalos granulométricos: areia fina (0,250-0,125 mm) e areia muito fina (0,125-0,062).

Em todas as lâminas investigadas a presença de minerais pesados opacos é abundante e, em alguns casos, atinge cerca de 90% do total.

Os minerais pesados transparentes mais abundantes na fração fina são o zircão e a estaurolita, seguidos de turmalina, rutilo e cianita. Na fração muito areia fina, cinco minerais se destacaram pela frequência e abundância nas lâminas: zircão, estaurolita, turmalina, rutilo, cianita e silimanita sendo estes minerais responsáveis por 100% da composição mineralógica.

6.5.1 Descrição dos Minerais Pesados Transparentes

Dentre os minerais pesados transparentes, foram identificados cinco tipos principais, descritos abaixo por ordem crescente de abundância.

Estaurolita – Encontrada como grãos são de coloração variando entre amarelo-ouro e castanho amarronzada, com formas irregulares, angulosas, algumas tipo “crista de galo”, evidenciando ataque químico e dissolução.

Zircão - Ocorre frequentemente como grãos incolores, alguns de coloração rósea e pouco escuros. As formas são equidimensionais e alongadas, predominando os grãos arredondados sobre os angulosos e, ainda, eventualmente euhedrais. Os grãos apresentam algumas vezes zoneamento interno e raramente inclusões.

Turmalina – Encontrada sob a forma de grãos são castanhos, amarronzadas e, algumas vezes, azuis. Os cristais são principalmente prismáticos, angulosos, e também arredondados, por vezes euédricos, sendo que alguns apresentam inclusões.

Rutilo – Ocorre como grãos de coloração avermelhada e castanha, com formas irregulares, equidimensionais, subangulares, por vezes euhedrais.

Cianita - Seus grãos são incolores, com formas alongadas, angulosas, e, raramente, equidimensionais.

Andaluzita- Mais rara, mas, encontrada como grãos incolores, que apresentam por vezes pleocroísmo de coloração rósea. Os cristais são alongados a angulosos e por vezes irregulares.

Segundo Morton (1985), existem diversos processos que agem em uma assembléia de minerais pesados, desde o intemperismo, passando pelo transporte, deposição e a diagênese, ou seja, as assembléias de minerais pesados não refletem somente a composição do material proveniente da área-fonte.

As rochas e sedimentos das áreas-fonte, normalmente quando submetidas ao intemperismo, sofrem alterações na composição das assembléias de minerais pesados, antes mesmo da incorporação desses no sistema de transporte.

A maturidade textural pode ser avaliada através do aumento da maturidade mineralógica das assembléias (índice ZTR; HUBERT, 1962) e pode ser evidenciada através da utilização do índice Est/ZTR+Est (GÓES, 1981; MORTON, 1985). Assim, por efeito da dissolução dos minerais, apenas os mais resistentes permanecem.

Os rios atuais apresentam, em sua maioria, uma rica e diversificada suíte de minerais pesados, as quais indicam que um intemperismo de grande escala afeta significativamente a diversidade da assembléia mineralógica, incorporada no sistema de transporte.

Durante o transporte os minerais estão sujeitos aos processos abrasivos, os quais podem afetar a abundância relativa dos minerais com diferentes mecanismos de estabilidade. As condições hidráulicas do meio, durante a deposição, também afetam a abundância relativa dos minerais com diferentes propriedades hidráulicas.

Variações no comportamento hidráulico resultam em diferenças na densidade,

tamanho e forma dos grãos de minerais pesados. Segundo Emery e Noakes (1968), as areias retrabalhadas de plataforma e as areias fluviais retrabalhadas, são as fácies sedimentares da cobertura quaternária mais favoráveis à concentração de minerais pesados.

As areias retrabalhadas de plataforma se originam, em parte, dos depósitos de planície costeira (praias, cordões arenosos, planícies de marés, etc.) formados durante o período em que a atual plataforma continental permaneceu emersa, nos períodos de nível de mar rebaixado.

6.6 PARÂMETROS GEOQUÍMICOS

Com o objetivo de caracterizar e classificar as águas dos rios Pará e Dendê, foram realizadas análises dos seguintes parâmetros: pH, Temperatura, Turbidez, Cor, Oxigênio Dissolvido - OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO, demanda química de oxigênio DQO, sólidos totais dissolvidos STD, condutividade, coliformes fecais CF e coliformes totais CT.

A seguir são apresentados e interpretados os resultados obtidos durante o período de coletas no ano de 2010 e 2011 com ênfase nas amostragens do trimestre de (Out-Nov-Dez) de cada ano.

Os resultados podem ser observados nas Tabelas 15 a 17 a) e b), sendo plotados em gráficos e apresentados nas figuras 44 a 53.

Tabela 15 - Resultados analíticos obtidos em amostras de águas superficiais coletadas durante o controle de maré (Out/2010-2011)

a)	Amostra	Ponto	t°	pH	Turbidez	Cor	OD	DBO	DQO	STD	Condut	CT	CF
	Unidades	Código	°C		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	NMP	NMP
Out/2010	rio Dendê Nascente	P1-DNSC	27,9	5,18	6,59	16	4,88	3,2	19	14,5	24,9	230	120
	rio Dendê limite Albras	P2-DAL	27,4	5,2	34	12	6,58	3,6	15	15	26	430	230
	rio Dendê ponto intermediário	P3-DETE	27,5	5,04	12,6	3	6,16	4,5	13	64,6	105,6	920	360
	rio Dendê Ponte Mare Alta-2010	P4-DPMA	30,1	6,05	12,7	60	6,43	4,7	23,5	44,9	71,2	300	240
	Dendê ponte Maré Baixa-2010	P5-DPMB	27,8	5,63	11,2	83	7,72	4,5	23	43,6	69,8	1500	240
	rio Dendê Controle Maré Baixa-2010	P10-Dmaré Baixa	29,9	6,09	12,8	74	6,83	3,1	11,8	46,9	78	7500	900
	rio Dendê Controle Maré Alta-2010	P13-DMaré Alta	30,15	6,43	19,4	91	6,85	4,3	11,8	43,6	67,7	4300	950
	ig. Curuperé Ponte Maré Alta-2010	P8-CPMA	30	5,99	15,9	73	6,52	4,3	23,5	44,6	70,1	920	140
	ig. Curuperé Ponte Maré Baixa-2010	P9-CPMB	28,4	5,71	9,2	94	6,45	4,4	17,6	35,7	64,2	920	750
	Rio Pará - montante foz rio Dendê-2010	P17-RPMPL	30,7	6,43	13,8	104	6,51	3,1	11,8	49,2	76,4	9300	900
	Rio Pará jusante foz do rio do Dendê-2010	P18-RPJPL	30,7	6,61	21,8	103	6,22	4,4	11,8	48,4	75,9	640	280
	Rio Pará Jusante da Foz do Rio Dendê- MB-2010	P20-RPJMB	30,8	6,55	14,3	98	6,95	4,6	17,6	45,8	72	2400	930
	Média de águas superficiais		29	6	15	68	7	4	17	41	67	2447	503
	Máximo de águas superficiais		31	7	34	104	8	5	24	65	106	9300	950
Mínimo de águas superficiais		27	5	7	3	5	3	12	15	25	230	120	
b)	Amostra	Ponto	t°	pH	Turbidez	Cor	OD	DBO	DQO	STD	Condut	CT	CF
	Unidades	Código	°C		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	NMP	NMP
Out/2011	rio Dendê Ponte Mare Alta	P4-DPMA	28,9	5,8	28,0	65,0	5,9	2,6	14,0	89,0	43,0	110,0	0
	rio Dendê ponte Maré Baixa	P5-DPMB	28,4	5,7	30,8	78,2	6,8	2,9	13,7	98,0	49,3	33,0	0
	ig. Curuperé Ponte Maré Alta	P8-CPMA	28,7	6,1	21,0	45,0	6,2	2,8	14,0	32,0	48,0	70,0	23,0
	ig. Curuperé Ponte Maré Baixa	P9-CPMB	28,8	5,7	19,0	56,1	5,9	4,4	19,6	45,0	31,8	70,0	33,0
	rio Dendê Controle Maré baixa	P10-DMaré Alta	31,3	6,7	16,7	49,3	6,8	4,5	19,6	114,0	38,3	330,0	120,0
	rio Dendê Controle Maré alta	P13-DMaré Alta	31,2	6,8	22,2	51,0	6,7	1,4	7,8	78,0	49,4	70,0	0
	Rio Pará - montante foz rio Dendê	P17-RPMPL	30,7	7,3	20,0	48,1	6,3	4,1	19,6	70,0	38,7	31,0	0,0
	Rio Pará jusante foz do rio do Dendê	P18-RPJPL	31,0	7,2	10,7	44,9	6,6	4,2	19,6	66,0	38,5	11,0	0
	Rio Pará Jusante da Foz do Rio Dendê- MB	P20-RPJMB	30,7	7,2	12,5	48,5	6,6	3,1	13,7	76,0	35,9	50,0	0
	Média de águas superficiais		30	6	20	54	6	3	16	74	41	86	20
	Máximo de águas superficiais		31	7	31	78	7	5	20	114	49	330	120
	Mínimo de águas superficiais		28	6	11	45	6	1	8	32	32	11	0

Tabela 16 - Resultados analíticos obtidos em amostras de águas superficiais coletadas durante o controle de maré (Nov/2010-2011)

a)	Amostra	Ponto	t°	pH	Turbidez	Cor	OD	DBO	DQO	STD	Condut	CT	CF
	Unidades	Código	°C		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	µS/cm	NMP	NMP
Nov/2010	rio Dendê Nascente	P1-DNSC	27	4,34	8	70	4,2	4,4	25,4	17,3	24	910	150
	rio Dendê limite Albras	P2-DAL	27,7	4,14	13	117	4,9	4,5	25,3	65,1	93	360	91
	rio Dendê ponto intermediário	P3-DETE	28,4	4,23	7	62	4,5	4,1	24,3	24,5	37	360	91
	rio Dendê Ponte Mare Alta-2010	P4-DPMA	29,1	5,53	12	104	5,9	3,9	23,4	52	70	1600	530
	Dendê ponte Maré Baixa-2010	P5-DPMB	27,2	4,59	14	100	4,5	5,2	31,5	46,9	66	6500	2000
	rio Dendê Controle Maré Baixa-2010	P10-DMaré Baixa	28,7	5,74	9	91	6,4	4,4	29,5	55,4	79	730	140
	rio Dendê Controle Maré Alta-2010	P12-DMaré Alta	30,5	5,91	10	71	8,2	4,6	28,3	44,2	66	4300	560
	ig. Curuperé Ponte Maré Alta	P8-CPMA	30,5	6,52	9	47	7,1	4,8	34,6	47,2	70	7500	1100
	ig. Curuperé Ponte Maré Baixa	P9-CPMB	27,6	4,8	7	40	5,4	5	35,8	37,3	57	4600	2000
	Rio Pará - montante foz rio Dendê-2010	P17-RPMPL	30,1	6,87	13	72	6,8	3,8	22,8	50,1	67	1100	110
	Rio Pará jusante foz do rio do Dendê-2010	P18-RPJPL	30	6,73	11	72	18,1	4,3	25,3	46,4	70	2000	930
	Rio Pará Jusante da Foz do Rio Dendê- MB-2010	P20-RPJMB	30,7	6,82	12	81	6,1	2,9	18,2	54,9	75	110000	11000
	Média de águas superficiais		29	6	10	77	7	4	27	45	65	11663	1559
	Máximo de águas superficiais		30,7	6,87	14	117	18,1	5,2	35,8	65,1	93	110000	11000
Mínimo de águas superficiais		27	4,14	7	40	4,2	2,9	18,2	17,3	24	360	91	
b)	Amostra	Ponto	t°	pH	Turbidez	Cor	OD	DBO	DQO	STD	Condut	CT	CF
	Unidades	Código	°C		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	NMP	NMP
Nov/2011	rio Dendê Ponte Mare Alta	P4-DPMA	30,5	5,8	6,2	35,6	9,6	4,5	15,7	78,0	50,7	90,0	0
	rio Dendê ponte Maré Baixa	P5-DPMB	29,9	5,4	21,8	48,8	8,7	4,7	17,9	84,0	61,2	34,0	0,0
	ig. Curuperé Ponte Maré Alta	P8-CPMA	29,8	6,3	20,4	47,0	9,7	6,4	21,4	45,0	46,8	80,0	40,0
	ig. Curuperé Ponte Maré Baixa	P9-CPMB	30,8	6,4	28,5	50,7	10,0	5,5	18,8	51,0	47,9	90,0	34,0
	rio Dendê Controle Maré baixa	P10-DMaré Alta	29,9	7,0	19,6	38,6	6,5	4,0	17,5	87,0	37,0	220,0	110,0
	rio Dendê Controle Maré alta	P13-DMaré Alta	30,0	6,9	21,4	38,4	5,6	4,0	14,9	65,0	37,3	170,0	0,0
	Rio Pará - montante foz rio Dendê	P17-RPMPL	30,1	6,7	22,7	43,3	6,7	4,6	18,3	69,0	39,8	23,0	0,0
	Rio Pará jusante foz do rio do Dendê	P18-RPJPL	30,2	6,9	17,0	36,2	6,4	21,3	5,5	65,0	37,8	23,0	0,0
	Rio Pará Jusante da Foz do Rio Dendê- MB	P20-RPJMB	29,9	6,9	22,6	42,5	7,3	5,3	17,9	71,0	38,4	50,0	0,0
	Média de águas superficiais		30,1	6,5	20,0	42,3	7,8	6,7	16,4	68,3	44,1	86,7	20,4
	Máximo de águas superficiais		30,8	7,0	28,5	50,7	10,0	21,3	21,4	87,0	61,2	220,0	110,0
	Mínimo de águas superficiais		29,8	5,4	6,2	35,6	5,6	4,0	5,5	45,0	37,0	23,0	0,0

Tabela 17 - Resultados analíticos obtidos em amostras de águas superficiais coletadas durante o controle de maré (Dez/2010-2011)

a)	Amostra	Ponto	t°	pH	Turbidez	Cor	OD	DBO	DQO	STD	Condut	CT	CF
	Unidades	Código	°C		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	NMP	NMP
Dez/2010	rio Dendê Nascente	P1-DNSC	27,4	6	9	69	3,53	3,9	17	11,4	19	150	110
	rio Dendê limite Albras	P2-DAL	28	5,9	6	58	4,24	4	16	87,7	139	240	0
	rio Dendê ponto intermediário	P3-DETE	28	5,9	3,7	56	4,8	4,6	13	11,1	19	430	280
	rio Dendê Ponte Mare Alta-2010	P4-DPMA	29,1	7	14	56	6,59	3,7	12,9	35	63	4600	930
	Dendê ponte Maré Baixa-2010	P5-DPMB	27,5	6,5	12	49	4	4,1	12	10,8	18	2400	930
	rio Dendê Controle Maré Baixa-2010	P10-Dmaré Baixa	29,9	7,1	11	74	6,12	4,6	7,1	33,1	56	4600	930
	rio Dendê Controle Maré Alta-2010	P13-DMaré Alta	27,7	7	15	75	4,24	3,9	24,7	36,3	56	920	230
	ig. Curuperé Ponte Maré Alta-2010	P8-CPMA	29,9	7,1	11	74	6,12	4,6	7,1	33,1	56	4600	930
	ig. Curuperé Ponte Maré Baixa-2010	P9-CPMB	27,7	7	15	75	4,24	3,9	24,7	36,3	56	920	230
	Rio Pará - montante foz rio Dendê-2010	P17-RPMPL	28,6	7,8	10	68	8	4,6	7,1	36,8	59	4600	930
	Rio Pará jusante foz do rio do Dendê-2010	P18-RPJPL	28,6	7,8	12	67	8	4,6	24,7	37,6	58	4600	930
	Rio Pará Jusante da Foz do Rio Dendê- MB-2010	P20-RPJMB	28,8	7,98	12	76	8,1	4,9	24,7	37,9	60	2400	2400
	Média de águas superficiais		28	7	11	66	6	4	16	34	55	2538	736
	Máximode aguas superficiais		29,9	7,98	15	76	8,1	4,9	24,7	87,7	139	4600	2400
Mínimo de aguas superficiais		27,4	5,9	3,7	49	3,53	3,7	7,1	10,8	18	150	0	
b)	Amostra	Ponto	t°	pH	Turbidez	Cor	OD	DBO	DQO	STD	Condut	CT	CF
	Unidades	Código	°C		UNT	UC	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µS/cm	NMP	NMP
Dez/2011	rio Dendê Ponte Mare Alta	P4-DPMA	29,89	6,09	7,20	41,50	7,00	4,23	16,87	66,00	63,70	50,00	0,00
	rio Dendê ponte Maré Baixa	P5-DPMB	27,90	6,11	4,43	44,10	6,70	4,89	18,98	54,00	56,10	140,00	0,00
	ig. Curuperé Ponte Maré Alta	P8-CPMA	30,23	6,10	21,36	46,65	8,90	4,96	20,36	51,23	19,36	110,00	34,00
	ig. Curuperé Ponte Maré Baixa	P9-CPMB	28,60	6,07	12,40	46,60	5,20	4,65	19,32	88,00	53,70	110,00	30,00
	rio Dendê Controle Maré baixa	P10-DMaré Alta	30,00	6,74	26,80	40,80	8,50	18,65	4,23	104,00	70,10	140,00	110,00
	rio Dendê Controle Maré alta	P13-DMaré Alta	29,9	6,8	12,2	33,3	8,1	4,4	19,0	146,0	10,5	90,0	70,0
	Rio Pará - montante foz rio Dendê	P17-RPMPL	30,00	6,15	25,70	56,50	7,40	4,57	19,32	118,00	121,70	60,00	0,00
	Rio Pará jusante foz do rio do Dendê	P18-RPJPL	30,32	6,88	16,43	31,00	7,70	4,98	22,36	108,00	67,00	30,00	0,00
	Rio Pará Jusante da Foz do Rio Dendê- MB	P20-RPJMB	29,00	6,58	16,61	42,20	7,50	4,65	18,98	168,00	143,70	110,00	0,00
	Média de águas superficiais		30	6	16	43	7	6	18	100	67	93	27
	Máximode aguas superficiais		30	7	27	57	9	19	22	168	144	140	110
	Mínimo de aguas superficiais		28	6	4	31	5	4	4	51	11	30	0

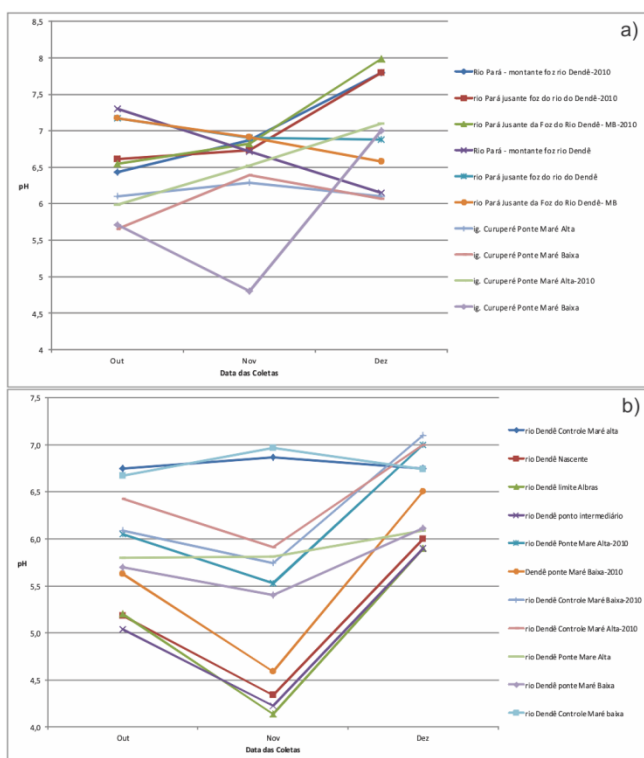
6.6.1 pH

O potencial de hidrogênio iônico - pH das águas, resulta da atividade do íon hidrogênio produto, inicialmente, da dissociação da própria molécula da água e, posteriormente, acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes naturais e/ou antrópicas. A concentração do hidrogênio iônico indica o balanço entre os ácidos e as bases (álcalis) presentes na água. Assim, o pH nas águas naturais constitui-se num dos fatores ecológicos que age como controlador das atividades respiratórias dos animais e plantas, sendo regulador dos principais processos metabólicos nos seres vivos.

O pH das amostras das águas do rio Dendê apresentaram valor médio de 5,7 para o 4º trimestre de 2010 e 6,3 para o mesmo trimestre em 2011. No rio Pará há uma predominância de pH ácido a neutro nas suas águas superficiais com valores variando entre 6,7 e 6,6 respectivamente nos últimos trimestres de 2010-2011 (Fig. 44).

As amostras de águas coletadas nas nascentes do rio Dendê mostram valores pH 5,1 na faixa ácida, fato considerado normal em virtude das características geoquímicas e climáticas da Região Amazônica. Todas as amostras coletadas no rio Pará e no seu tributário Dendê, mostraram valores de pH entre 5,7 e 6,7.

Figura 44 – Gráficos mostrando as medidas de pH durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



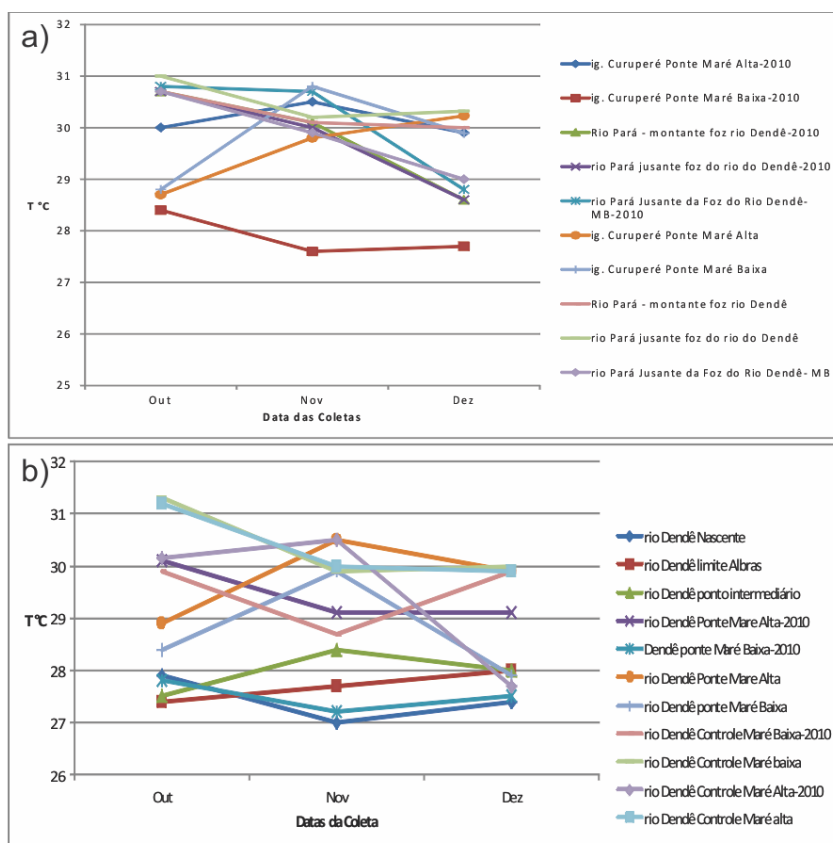
6.6.2 Temperatura

Os valores obtidos para este parâmetro referem-se às águas superficiais, em função de que as medidas foram feitas a 30 cm de profundidade.

As águas dos rios Pará e Dendê apresentam apenas pequenas variações nos valores da temperatura, resultantes das mudanças climáticas sazonais e das alternâncias entre os períodos diurno e noturno, além dos momentos de chuvas.

As médias de temperatura nas águas desses dois rios ficaram entre 28 e 30 °C no 4º trimestre de 2010, bem como em 2011 (Fig. 45). De um modo geral, as variações desse parâmetro não são significativas durante o ano, mas, no decorrer de um dia podem ser marcantes, com até 2 °C durante um único ciclo de maré completo. Isso decorre do fato de que as águas provenientes das marés do Atlântico, especialmente no início da manhã, vem com temperaturas mais baixas, subindo para valores mais elevados com o aquecimento durante o dia.

Figura 45 – Gráficos mostrando as medidas de Temperatura durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



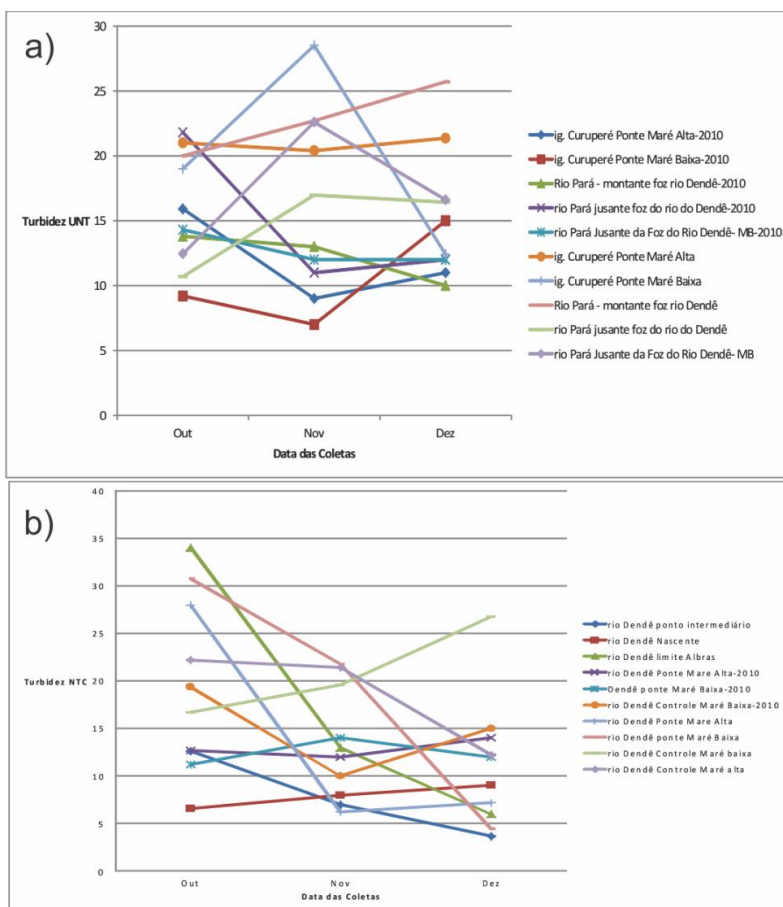
6.6.3 Turbidez

A turbidez é um parâmetro físico, decorrente da quantidade de materiais em suspensão nas águas, ou seja, da presença de sedimentos terrígenos pelíticos suspensos, de substâncias em estado coloidal e de organismos microscópicos. Pode ser medida de várias maneiras, sendo o método ótico, utilizando nefelômetro, o mais prático, pois a turbidez é estimada através da dificuldade que um feixe de luz tem em atravessar a água. Os valores de turbidez são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT).

A média trimestral da turbidez nas águas do rio Dendê mostrou valores dentro do padrão regional, como é refletido no valor da sua média de 12 e 18 UNT. No rio Pará, a média dos trimestres ficou entre 12 e 19 UNT (Fig. 46).

A média anual mostrou valores maiores em relação à média trimestral, possivelmente causado pela variação sazonal que influencia no regime e precipitação das chuvas, resultando em maior ou menor concentração da suspensão, quando dos períodos mais e menos chuvosos, respectivamente.

Figura 46 – Gráficos mostrando as medidas de Turbidez durante o 4º trimestre de 2010 e 2011

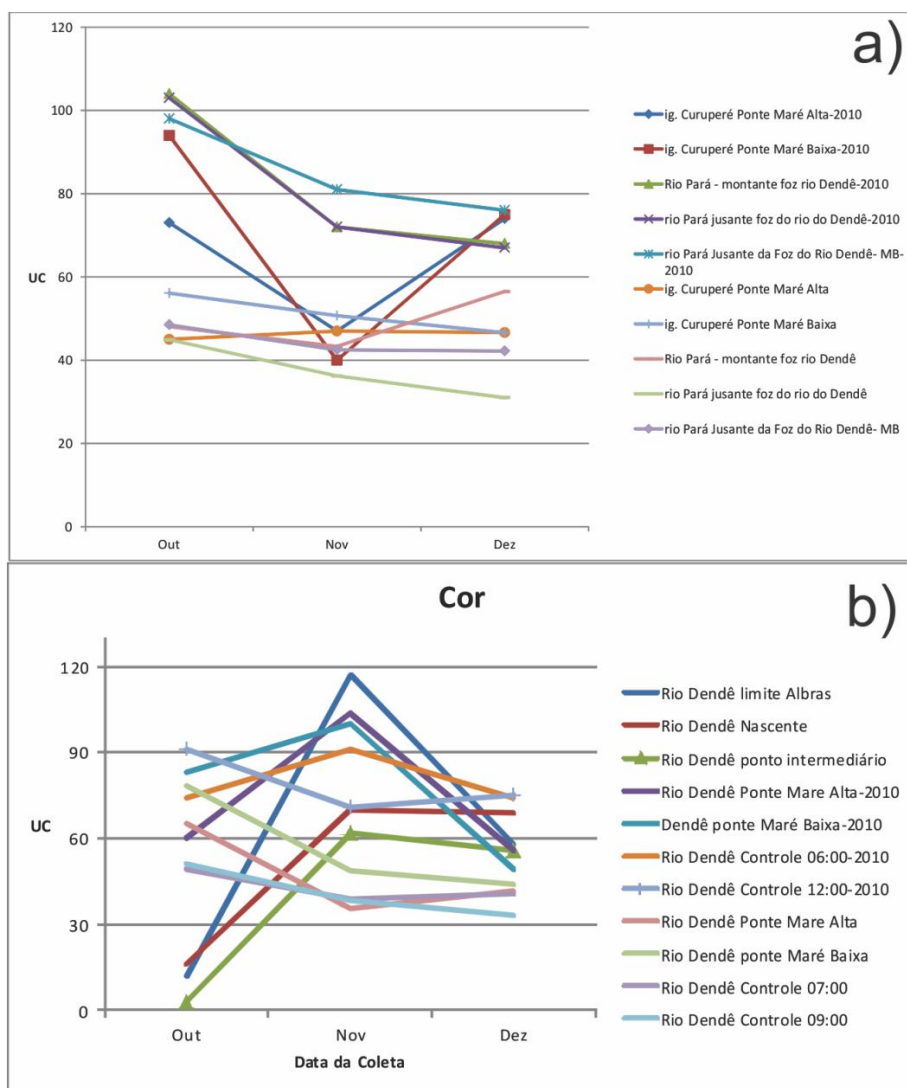


6.6.4 Cor

A cor é uma propriedade física das águas ligada diretamente à presença de substâncias dissolvidas ou em estado coloidal, na grande maioria dos casos, de natureza orgânica. A concentração das substâncias que determinam a cor tem uma relação inversa com relação à turbidez.

Os resultados obtidos para essa propriedade nas águas do rio Dendê, nos últimos trimestres de 2010 e de 2011, mostraram um valor médio para a cor entre 66 e 47 UC, respectivamente. Na região do rio Pará, os valores, em média, para os esses trimestres foram de 76 e 46 UC, respectivamente (Fig. 47).

Figura 47 - Gráficos mostrando as medidas de Cor durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



6.6.5 STD

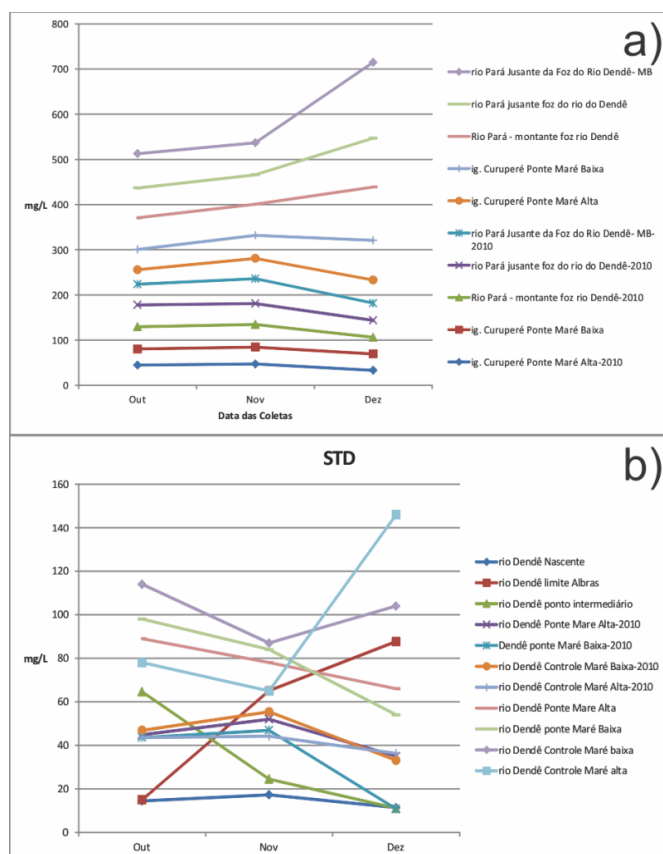
O parâmetro denominado Sólidos Totais Dissolvidos – STD, é estimado a partir da soma dos teores de todos os constituintes minerais dissolvidos presentes nas águas. Pode ser relacionado às medidas de condutividade elétrica com a ajuda de um fator de correlação. As medidas obtidas no rio Dendê durante o 4º trimestre de 2010 e de 2011, apresentam valores, em média, variando entre 38 e 89mg/L, respectivamente. Os valores de STD no rio Pará ficaram entre 43 e 107 mg/L, seguindo o padrão presente nas águas do rio Dendê.

Todas as amostras coletadas nos corpos hídricos superficiais mostraram valores nos Sólidos Totais Dissolvidos - STD maiores em relação ao trimestre do mesmo

período do ano anterior, como refletido na média trimestral de 2011 entre 83,00 mg/L e 107 mg/L, valores esses maiores que a média anterior (38 e 43 mg/L) (Fig. 48).

As variações encontradas entre os períodos chuvosos e de estiagem são pouco pronunciadas, sendo considerados os baixos valores de STD característicos de ambientes lixiviados próprios das águas da Região Amazônica.

Figura 48 - Gráficos mostrando as medidas de STD durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



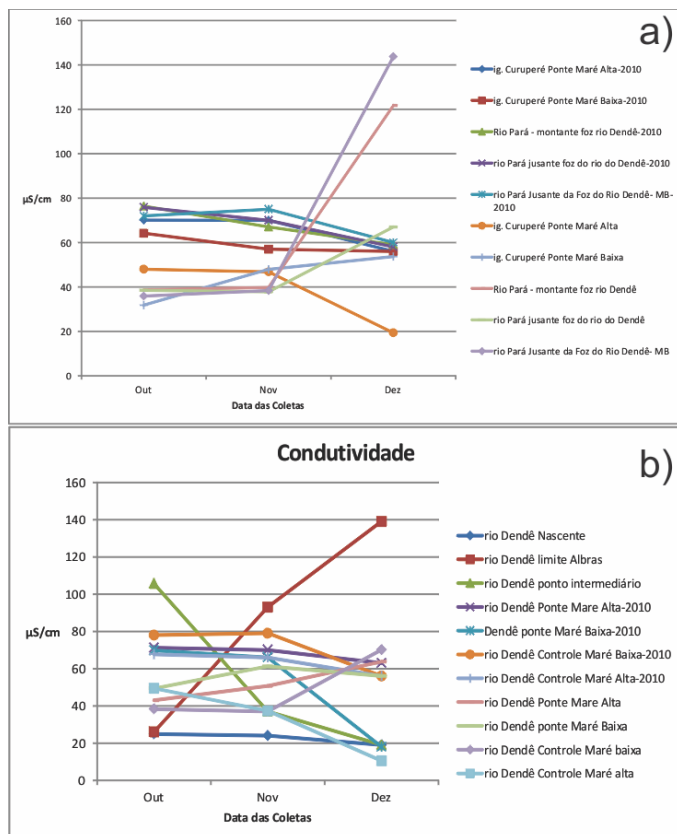
6.6.6 Condutividade

O parâmetro condutividade reflete a concentração de íons nas águas e é, portanto, relacionado diretamente com o conteúdo de STD. Contudo, esta relação é empírica, não se mostrando válida para soluções como a água do mar.

Nas águas dos rios Dendê e Pará as medidas variaram entre 38-89 no 4º trimestre de 2010, e entre 43-75 no mesmo trimestre de 2011 (Fig. 49). Embora a condutividade elétrica não seja um parâmetro legislado para alguns tipos de águas, pode-se afirmar que

se trata de uma propriedade que reflete pequenas alterações na qualidade dos recursos hídricos sob influência de atividades antrópicas.

Figura 49 - Gráficos mostrando as medidas de Condutividade durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



6.6.7 DBO

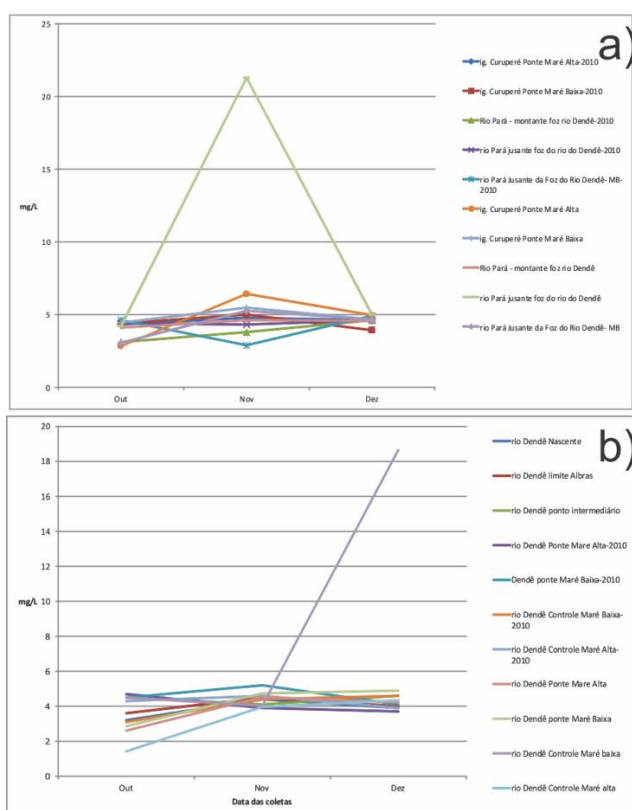
A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável, presente nas águas, com o auxílio de bactérias decompositoras, incubadas num período de 5 dias a 20 °C.

Pode ser definida, também, como a quantidade de oxigênio requerida pelas bactérias para consumir a matéria orgânica que pode ser passível de decomposição sob condições aeróbicas. Este índice é um bom indicador do grau de poluição de um corpo hídrico, pois, quanto mais matéria orgânica ele tiver maior será sua demanda bioquímica por oxigênio, conforme quadro abaixo.

Rio pouco poluído	2 a 8 mg/L
Esgotos bem tratados	20 mg/L
Esgotos não tratados	500 a 600 mg/L
Águas de currais	2000 mg/L

Na região do rio Pará os valores de DBO variaram entre 4-6 mg/L, enquanto que no rio Dendê as medidas ficaram entre 4-5 mg/L, demonstrando, assim, que ambos os rios se enquadram dentro do padrão de rios pouco poluídos (Fig. 50).

Figura 50 - Gráficos mostrando as medidas de DBO durante o 4º trimestre de 2010 e 2011

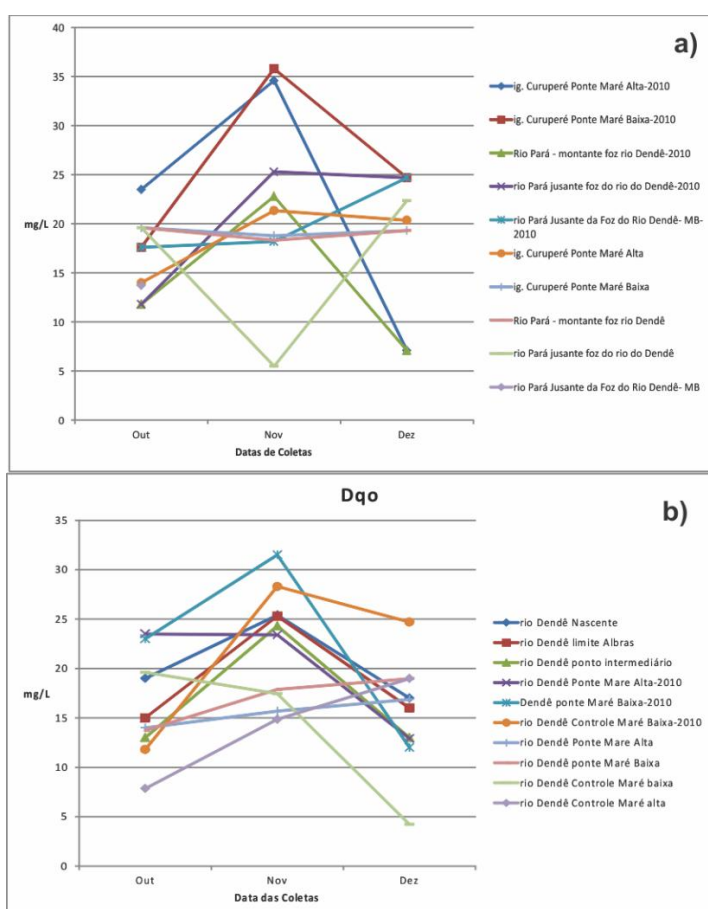


6.6.8 DQO

A Demanda Química de Oxigênio é o índice que dá a quantidade de oxigênio exigido para a oxidação química completa da matéria orgânica oxidável total presente nas águas.

As águas dos rios Pará e Dendê apresentaram valores variando 20-18 mg/L, e 19-15 mg/L respectivamente como na legislação não existem valores de referencia (Fig. 51).

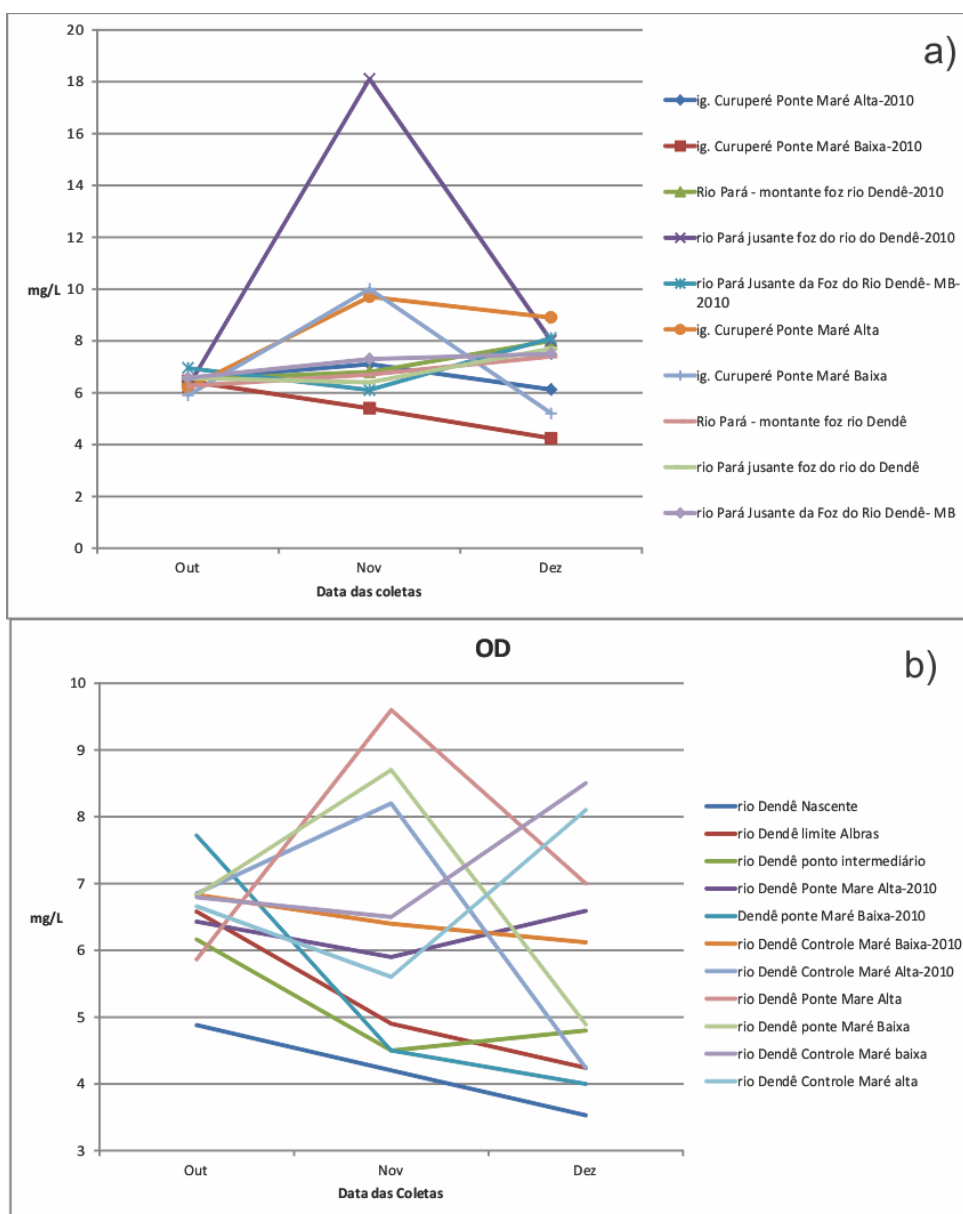
Figura 51 - Gráficos mostrando as medidas de DQO durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



6.6.9 OD

O oxigênio dissolvido (OD) indica a quantidade de oxigênio dissolvido contido em qualquer líquido. O valor da média trimestral do OD das amostras de águas superficiais ficaram dentro do valor da média trimestral de 2010: 6 e 7mg/L nos rios Dendê e Pará, respectivamente. No ano de 2011 a media do OD ficou dentro do limite esperado como refletido na média de 7 mg/L de OD em todas as aguas superficiais amostradas (Fig. 52).

Figura 52 - Gráficos mostrando as medidas de OD durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



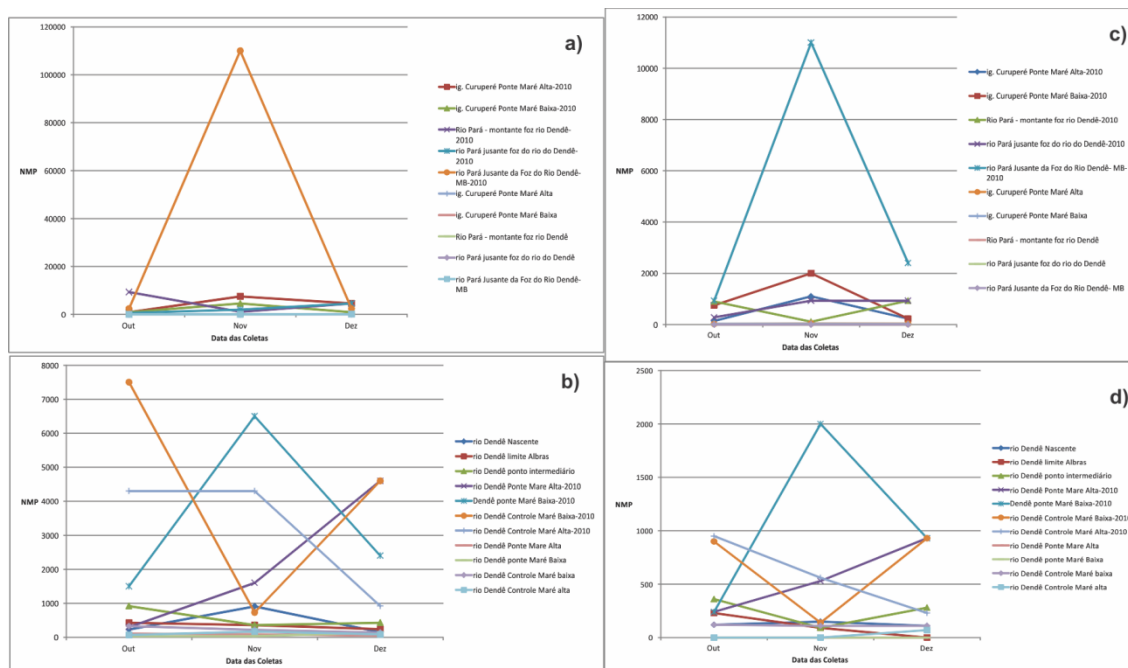
6.6.10 Coliformes Totais e Fecais

São bactérias que podem indicar contaminação, pois estão relacionados a fezes de animais e humanas, além de sua fácil detecção. Os coliformes totais são a medida do número mais provável de bactérias coliformes.

Os coliformes fecais (CF) são da mesma definição dos coliformes totais (CT) apenas diferenciando por estarem relacionados apenas as bactérias coliformes fecais, e que indicam com melhor precisão a presença de fezes humanas.

Os valores medidos no rio Pará são de coliformes totais foi de 10.433 e 61 NMP e de coliformes fecais de 13 e 1.571 NMP. Para as amostras do rio Dendê, os valores encontrados para os coliformes totais foi de 2061 e 123 NMP e de 504 e 34 NMP para os coliformes fecais. Todo o sistema hídrico superficial mostra comportamento aleatório nos valores de CT e CF (Fig. 53).

Figura 53 - Gráficos mostrando as medidas de CT e CF durante o 4º trimestre de 2010 e 2011



6.6.11 Classificação das águas dos rios Dendê e Pará

Os resultados acima permitem classificar as águas dos rios Dendê e Pará segundo alguns critérios definidos através de normas legais e científicas.

Assim, com base no Art. 42, da Resolução do CONAMA Nº 357/2005, as águas dos rios Dendê e Pará podem ser consideradas doces e enquadradas na Classe II. Não foram encontrados indícios significativos de poluição química nesses corpos hídricos apesar da presença das indústrias de transformação mineral na área do Distrito Industrial de Barcarena dos portos nas vizinhanças da área de pesquisa.

A presença das comunidades ribeirinhas nas margens do rios Dendê e Pará, adicionadas das inúmeras espécies de animais de sangue quente, que habitam e circulam na região, pode ser evidenciada pelos níveis elevados de coliformes fecais em alguns pontos desses rios.

Considerando a classificação de Ribeiro, 1978 (apud Vital, 1988), o rio Dendê apresenta na sua nascente águas pretas, as quais, devido à invasão das marés, que trazem águas barrentas do rio Pará, misturadas com águas oceânicas, se modificam para águas brancas.

7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA DO ESTUÁRIO DO RIO DENDÊ

7.1 RECONSTRUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

A Evolução Geológica do Estuário do rio Dendê está diretamente relacionada às variações do nível do mar no oceano Atlântico, durante o Quaternário, cujas principais causas podem ser: movimentos crustais, tectônicos e isostáticos, compactação de sedimentos e fenômenos glacio-eustáticos, sendo estes últimos considerados os mais importantes (PONÇANO, 1985, apud PINHEIRO, 1987).

Segundo Pinheiro (1987), a elevação do nível do mar e o “afogamento” dos rios na região costeira paraense podem estar relacionados à movimentação do Grabén do Marajó, responsável, ainda, pela reestruturação da drenagem regional.

Referidos autores admitem que, entre 35.000 e 30.000 anos atrás, o nível do mar esteve próximo ao atual, tendo regredido, há 16.000 anos atrás, até próximo da cota negativa de 130m abaixo do nível atual. Ainda segundo os autores acima, a Transgressão Flandriana, ou Holocênica, iniciada há 18.000-17.500 A.P., atuou descontinuamente, sendo interrompida por regressões menores, até por volta dos 8.000 A.P., quando atingiu a cota negativa de -10m.

A partir dos 7.000 A.P., a subida das águas oceânicas desenvolveu-se de forma lenta e gradual, até 4m acima do nível atual, na altura dos 5.100 A.P., sendo que, após essa fase, os registros geológicos nas regiões costeiras do Brasil demonstram uma sequência de descidas e subidas do nível do mar até atingir o presente nível (SUGUIO et. al. 1985).

Dentro desse contexto, o Modelo Geológico aqui proposto para o desenvolvimento do Estuário do rio Dendê considera todas essas etapas marcantes da Evolução da Região Costeira do Pará (Fig. 54).

Figura 54 - Evolução do Estuário do Rio Dendê



Por volta de 17.000 A.P., geologia Ambiental da região, onde hoje se encontra o Sistema Fluvio-estuarino Amazônico, ou Golfão Marajoara, inclusos o rio Pará e seu pequeno tributário, rio Dendê, seria representada por uma vasta planície fluvial, meandrante, a qual desaguava a 300 km além da linha de costa atual, percorrendo toda a região que hoje constitui a Plataforma Continental Brasileira. Durante esse tempo, a área atual da foz do rio Dendê apresentava características puramente fluviais (Fig. 45-a).

O avanço da transgressão marinha, consequência, principalmente, do aquecimento global durante o Holoceno, produziu a submersão progressiva da Região Costeira do Norte do Brasil, impondo aos sistemas fluviais presentes um “afogamento” generalizado, com o estabelecimento de estuários na foz e no baixo curso das bacias hidrográficas.

Figura 55 - Imagem da evolução do rio Dendê, a) 17.000 Anos, b) Atualmente e c) 1.000 depois do presente



7.2 MODELO DE PREVISÃO FUTURA

Assim como foi possível reconstruir a Paleogeografia do Estuário do rio Dendê, durante os últimos milhares de anos, considerando os dados contidos neste estudo, apresenta-se, aqui, um Modelo de Previsão Futura para essa mesma área (Fig. 55c).

Referido Modelo está fundamentado nas previsões que indicam que a subida do nível do oceano Atlântico, na costa brasileira, deve se manter constante nos próximos milhares de anos, com velocidades que variam entre 75 cm a 1m por século.

As consequências mais diretas dessa subida na região do Golfão Marajoara serão danos às cidades e vilas, e respectivas populações, portos e outros tipos de edificações industriais que estão instaladas próximas das margens do rio Pará.

Na área de estudo, em especial na “praia” da Vila do Conde e na várzea do rio Dendê, com a subida do nível do mar, os processos erosivos tenderão a aumentar em decorrência da ampliação das planícies de marés e da força das suas correntes, além do que, o regime de ventos deve aumentar a ação das ondas na área.

No Modelo apresentado na Figura 45c, foram considerados os próximos 1.000 anos, quando a erosão deverá arrasar a superfície atual até a cota dos 7 a 10m, o que implicará numa abertura da foz do rio Dendê de, aproximadamente, mais de 50m de cada margem, provocando a destruição dos portos situados do lado esquerdo e, na margem direita, de boa parte da Vila do Conde.

8 CONCLUSÕES

As barras arenosas ou “sandwaves”, de dimensões métricas, dispostas transversalmente ao fluxo e refluxo das correntes de marés, são os corpos sedimentares que se mais se destacam na zona de intertidal da planície de maré da desembocadura do rio Dendê.

Os sedimentos presentes na zona de intermaré são predominantemente areias de granulometria média, moderadamente selecionadas. A análise granulométrica atesta a forte hidrodinâmica local, resultado da ação das marés e das ondas na zona de intermaré.

A assembléia de minerais pesados transparentes inclui zircão, estaurolita, turmalina, rutilo, cianita e silimanita. Referida paragênese mineral, muito provavelmente, tem sua origem na sequência sedimentar do Grupo Barreiras.

Os sedimentos da zona de supramaré variam de predominância entre areias de granulometria fina e areia média, sendo, de um modo geral, bem selecionados. As análises granulométricas atestam a forte hidrodinâmica local, assim como a ação dos ventos na deposição sedimentar nas partes mais elevadas da supramaré.

A assembléia mineralógica de minerais pesados, com estaurolita, turmalina, zircão, rutilo, cianita e silimanita pode ser explicada pela proximidade das falésias da formação Barreiras que podem ser a fonte dos sedimentos mais grosseiros.

Nos barrancos do rio Dendê, formados pela erosão da planície de inundação, os sedimentos presentes são predominantemente finos e compostos principalmente de quartzo, ilita e caulinita. Os estudos granulométricos indicam uma baixa hidrodinâmica na área e a maior concentração dos finos.

A grande quantidade de pelitos nesses sedimentos pode ser resultado do retrabalhamento de sequências mais antigas, p. ex. Grupo Barreiras, com a deposição sendo feita a partir da decantação dos sedimentos da suspensão das águas do rio Dendê, que invadem a planície de inundação durante períodos de enchentes e preamares máximas.

O solo presente na foz do rio Dendê apresenta a mesma mineralogia do restante das amostras de sedimentos inconsolidados, coletadas nas praias e no estuário do rio Dendê, evidenciando que a fonte principal desses sedimentos pode ser o Grupo Barreiras.

Com os resultados das análises das amostras coletadas no rio Dendê, seu afluente e do Rio Pará, pode-se perceber que as características físico-químicas e bioquímicas dos recursos hídricos analisados estão fortemente influenciadas pelas características geoquímicas e climáticas da região em especial pelos meses de menor precipitação na região, causando aumento na condutividade dos sólidos totais dissolvidos.

Os resultados analíticos das amostras coletadas durante o ciclo de maré no rio Dendê, não mostraram diferenças significativas em relação com as amostras coletadas na vazante e na enchente.

Os diferentes parâmetros avaliados demonstram que as águas do rio Dendê são fortemente influenciadas por fatores climáticos e, geoquímicos da região e pela sua dinâmica hídrica do rio Pará que sofre com a forte influência das marés provenientes do Atlântico.

Com base no Art. 42, da Resolução do CONAMA N° 357/2005, as águas dos rios Dendê e Pará podem ser consideradas doces e enquadradas na Classe II.

Considerando a classificação de Ribeiro, 1978 (apud Vital, 1988), o rio Dendê apresenta na sua nascente águas pretas, as quais, devido à invasão das marés, que trazem águas barrentas do rio Pará, misturadas com águas oceânicas, se modificam para águas brancas.

O Modelo Geológico aqui proposto para o desenvolvimento do Estuário do rio Dendê considera todas essas etapas marcantes da Evolução da Região Costeira do Pará.

O avanço da transgressão marinha, consequência, principalmente, do aquecimento global durante o Holoceno, produziu a submersão progressiva da Região Costeira do Norte do Brasil, impondo aos sistemas fluviais presentes um “afogamento” generalizado, com o estabelecimento de estuários na foz e no baixo curso das bacias hidrográficas, sendo o rio Dendê um bom exemplo desses processos.

No Modelo de Previsão Futura para os próximos 1.000 anos, a erosão deverá arrasar a superfície atual até a cota dos 7 a 10m, resultando na abertura da foz do rio Dendê, aproximadamente de mais 50 metros de cada margem, provocando a destruição dos portos situados do lado esquerdo e, na margem direita, de boa parte da Vila do Conde.

FINAL

“Contam que no início do mundo, somente água existia aqui...”

Lenda Caruana Marajoara cantada em Samba

REFERÊNCIAS

AGUDO, E.G. et al. (coord.). **Guia de coleta e preservação de amostras d'água**. São Paulo: CETSB, 1987. 150p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION / AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION / WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (APHA-AWWA-WPCF). **Standard methods for examination of water and wastewater**. 15th ed. Washington, DC: Joint Editorial Board, 1980. 1134p.

ARAÚJO, P. P., 2001. Variações sazonais dos compostos nitrogenados, em aquífero livre na zona urbana de Santa Izabel do Pará. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 113p. (Tese de Mestrado). 2001.

ÁVILA-PIRES, T. C. S. (1995) Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). Zool. Verhand, (299):1-706, 1995.

AZEVEDO-RAMOS, C. & U. GALATTI. (2001) Patterns of Amphibian Diversity in Brazilian Amazonia: conservation implications. *Biological Conservation*, (103): 103-111, 2001.

BARBOSA, L.P.F. **Aplicação da modelagem hidrodinâmica na circulação do estuário do Rio Maracanã (NE do Pará)**. 2008. 148f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, IG, PPGG, Belém, 2008

BISCAYE, P.E. Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep Sea Clay In the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans. *Geolog. Soc. of Amer. Bull.*: 76:803-832. 1965

BROWN, G. The X—Ray identification and Crystal Structures of Clay Minerals. London, Mineralogical Society of London. 544p. 1961

COELHO, M.C.N.; MONTEIRO, M. A. & SANTOS, I. C (2004) – Políticas Públicas, Corredores de Exportação, Modernização Portuária, Industrialização e Impactos Territoriais e Ambientais no Município de Barcarena, Pará – Novos Cadernos – NAEA, v.11, n.1, p 141 – 178, junho 2004.

COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; FERREIRA JÚNIOR, C.R.P.; BEZERRA, P.E.L.; COSTA, M.L.; FERNANDES, J.M.G. Neotectônica da região Amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. *Geonomos*, v. 4, n.2, p. 23-44. 1996.

COSTA, M. L. **Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. Rev. Brasileira de Geociências.** São Paulo, 21 (2): 146 – 160. 1991

CUNHA, O. R & NASCIMENTO, P. (1993) **Ofídios da Amazônia: as cobras da Região do Pará. Bol. Museu Emílio Goeldi.** Belém, (9)1-191, 1993.

DEPARTAMENTO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tabuas das Marés.** <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>>. Acesso em 27/11/2010.

DIXON, J. R. (1979) Origin and distribution of reptiles in lowland tropical; rainforest of South America. In: W.E. DUELLMAN (ed.). The South America herpetofauna: its origin, evolution, and dispersion. Kansas:W.E. Duelleman. 217-240p. 1979.

EMERY, K.O. e NOAKES, L.C.,. **Economic placer deposits of the continental shelf.** Technical Bull. Economic Comission for Asia and Far East, U.N., 1: 95-110. 1968

ERM BRASIL LTDA. (2009) Estudo de Impacto Ambiental EIA - Refinaria de Alumina Brasil China Refinaria ABC. Meio Biótico. Vol II, F2, 143-268p. 2006.

EMMONS, L. H. (1990) Neotropical rainforest mammals: a field guide. London: The University of Chicago Press Ltda, 281p. 1990.

FARIA JUNIOR, L.E.C. et al. **Geological evolution of Maraca Island, Amapá Coast, and its relation with the sea level rise in the North of Brazilian.** In: AGUFAAL Meeting, San Francisco, Califórnia, USA: EOS American Geophysical Union, . v. 71, n. 43, p. 1394.1990

FARIA JUNIOR, L.E.C. O Resfriamento global - a Amazônia será salva? **O Liberal.** Belém, Cad. Amazônia, fasc. 22, p. 169-172. 2010.

FERREIRA, C. S. (1966) Características litopaleontológicas da Formação Pirabas, estado do Pará. Divisão Nacional de Geologia e Mineralogia, 41: 101 – 111. 1966.

FERREIRA, C. S. Fácies da Formação Pirabas, novos conceitos e aplicações. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro, 49 (2): 253. 1977.

FERREIRA, C. S. (1982) Notas estratigráficas sobre o Cenozóico do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Belém: SBG, 1982. V.1, p. 84 – 88. 1982.

FERREIRA, C. S.; VICALVI, M. A.; MACEDO, A. C. M., (1984) Os limites meridionais da Bacia de Pirabas, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Rio de Janeiro. Anais, SBG, V. 1 p. 326 – 329. 1984.

FRISCH, J. D. (1981) Aves brasileiras. São Paulo: Ed Dalgas-Ecoltec, . V1. 1981

GREGÓRIO, A.M.S.; MENDES, A.C. Batimetria e sedimentologia da Baía do Guajará, Belém, Estado do Pará, Brasil. **Amazônia: Cia e Desenv**, v. 5, n. 9, jul/dez, 53-73. 2009.

GOÉS, A. M. Estudos sedimentológicos dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. 1981. 62f. dissertação de mestrado. - Universidade Federal do Pará, CG, CPPG, Belém, 1981

HADDAD, C. F. B. Biodiversidade de anfíbios no estado de São Paulo. (1998) In: JOLY, C. A.; BICUDO, C. E. de M. (Orgs). Biodiversidade do estado de São Paulo : síntese do conhecimento ao final do século XX. V 6 - vertebrados. São Paulo : Fapesp, 15-26p. 1998.

HUBERT, J.E. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the cross composition and texture of sandstones. *Journal Sedimentary Petrology*, 32:440-450. 1962

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2007).
Contagem Populacional de 2007.

IMBIRIBA JÚNIOR, M.; COSTA, F.R. **Recursos hídricos**: o caso dos mananciais dos lagos Bolonha e Água Preta na região metropolitana de Belém, Pará, Brasil. Belém: SEMMA, [200-]. p. 1-28.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – SP Estudos hidrogeológicos para definição da possibilidade de captação de água subterrânea na usina de alumínio da ALBRAS em Barcarena – PA. Nº 21 381. São Paulo – SP. 100p. (Relatório Técnico). (1984).

JORDANO, P. (1993) Fruits and frugivory. In: FENNER, M. (ed) *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, UK: CAB International, 105-156p., 1993.

JOUANNEAU, J.M. E PUJOS, M – “Suspend Matter and Bottom Deposits in the Maroni Estuarine System (French Guiana)” – *Netherlands Journal of Sea n reserch*. 22(2) : 99-108. (1988)

LIMA, W. N. & KOBAYASHI, C. N. (1988) Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena, PA. *Geochimica Brasiliensis*, v. 2, n.1, p.53 – 71.

LIRA, L. et al. Material em suspensão, temperatura e salinidade no estuário do rio Mamucaba- PE. **Caderno Ômega da UFPe**, Recife, 1978.

MABESSONE, J. M., Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte e do seu embasamento. Relatório interno. FINEP/PADCT. 60 p. 1987.

MINISTÉRIO do Meio Ambiente. Biodiversidade Brasileira: (2002) avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília – DF, 404p. 2002.

MINISTÉRIO do Meio Ambiente. (2003) Instrução Normativa nº 03 de 27/05/2003 – Nova Lista de Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. 2003.

METODOS de análises. Belém: UFPA. Laboratório de Controle Ambiental- CT. 68p. (Apostila). 1980

MORAES, M. C. da S. **Avaliação do regime de precipitação na região de Belém (RMB) e sua relação com a hidrologia subterrânea**. 1999. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Pará, CG, Dpt de Meteorologia, Belém, 1999.

Morton, A.C. Heavy minerals in provenance studies. In: Zuffa, G.G. (Ed.), Provenance of Arenites. Reidel, Dordrecht, p.249-277. 1985.

NICHOLS, G. **Sedimentology and stratigraphy**. 2 ed. Local: Londres Blackwell Scientific Publications, 419 p. 2009.

NOVAES, F. C.; LIMA, M. F. C. Aves da Grande Belém: municípios de Belém e Ananindeua. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1998.

PATCHINEELAM, S., “Sedimentação Estuarina”. In: <www.usu.br/icba/oceano2>,2000,

PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: BOER,P.L.; van GELDER, A.; NIO, S.D. (Ed). **Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies**. Dordrecht : D.Reidel, p.289-300, 1988.

PEREIRA, E. R.; OLIVEIRA, W.; TANCREDI, A. C. F. N. S. Águas subterrâneas da região metropolitana de Belém. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4. Boletim de resumos expandidos. Belém. P. 120-123. 1994.

PEREIRA, C. T. do C. **Caracterização hidrogeoquímica do estuário do rio Curuçá (município de Curuçá – NE do Pará)**. 2006. 125f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Pará, CG, CPGG, Belém, 2006.

PINHEIRO, R.V.L E FARIA JR., L.E.C. – “Processos Sedimentares Recentes do Estuário Guajará, Belém (PA). 1987, 164f Dissertação de Mestrado, CG, CPPG/UFPa., Belém

PRITCHARD, D.W.. What is an estuary: a physical viewpoint. In: LAUFF, G.H. (Ed) **Estuaries**. Washington, American Association for the Advancement of Science, p. 3-5. (Publication, 83). 1967

PROJETO RADAM. **Folha SA. 23/24 São Luis- Fortaleza**. Belém: MME/DNPM, 1973. (Levantamento de Recurso Minerais, 5)

PROJETO Gurupi. **Relatório final de etapa**. Belém: DNPM/CPRM, 1977.

ROJO, C.; ALVAREZ COBELAS, M. (1994) An elementary, structural analysis of river phytoplankton. *Hydrobiologia*, (289): 43-55, 1994.

ROSSETI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M.; 1989. Estudo paleoambiental e estrutural dos sedimentos Barreiras e Pós- Berreiras, NE do Pará. *MPEG 1 (1)*; 25 – 74. Série Ciências da Terra.

SÁ, J. H. S. 1969. Contribuição à geologia dos sedimentos Terciários e Quaternários da Região Bragantina. *Boletim Instituto de Geoc. Geologia*. Rio de Janeiro, 3:21 – 36.

SAUMA FILHO, M. 1996. As águas subterrâneas de Belém e adjacências: influência da Formação Pirabas e Parâmetros físico-químicos para medidas de qualidade. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 128p. (Tese de Mestrado).

SECRETARIA EXECUTIVA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇA. – SEPOF – 2005 - ESTATÍSTICA MUNICIPAL. 2005.

SECTAM - Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Pará. Belém, 2002.

SEIBOLD, E. Das meer. In: BRINKMANN, R. (Hrsg) **Lehrbuch der allgemeinen geologie**. Bd 1. Stuttgart (Enke), 1974. 2. Aufl. p. 291-511.

SEICOM. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Mineração (1995) Plano diretor de mineração em áreas urbanas da região metropolitana de Belém e adjacências: Projeto de estudo do meio ambiente em sítios de extração de materiais de construção na região de Belém – Benevides, estado do Pará. Pará - Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Mineração e IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Belém, v. 2, 157p. (Relatório final).

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay rations. **Journal of Sedimentary Petrology**, n. 24, p.151-158. 1954.

SILVA JÚNIOR, J.S. (2002) Diversidade de mamíferos no município de Barcarena, Pará. In: VIEIRA, I.M.G. (Org.). Inventário de Flora da Região de Barcarena, Pará. Belém: Museu Emílio Goeldi, 77-93p. 2002.

SILVA, S. O. & LOEWENSTEIN, P., 1968. Contribuição à geologia da Folha São Luis (AS-23) no nordeste do estado do Pará II – Novas localidades e razão magnésio-cálcio do calcário Pirabas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Geologia, nº 12, 17p.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM). **Boletim Climatológico da Amazônia**, v. 7, n.73, p. 1-3. 2010. Disponível em: <
<http://www.sipam.gov.br/met/clima/>>. Acesso em 24/11/2011

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Brasil. **Ver. Bras. Geoc.** v. 15, n. 4, p. 273-286. 1985

TERRA Meio Ambiente e Geologia de Engenharia. - Relatório de Controle Ambiental (RCA) da Usina Siderúrgica do Pará - USIPAR. - Belém (2004)

THOREZ, I. “Practical **Identification of clays Minerals**”. Ed Belgique. G. Lelotte, 90 p. (1976)

VIEIRA, I. C. G. (ORG); BONALDO, A.; MENDES, A.; HARADA, A.; AMARAL, D.; MARQUES, F.; GAVINA, J.; SILVA JÚNIOR, J.S.; VIDEIRA, M.L.; MARTINS, M.; IMÁZIO, M.; LOBATO, R.; GALLATI, U.; OVERAL, W.; WOSIACKI, W. (2002) **Inventário da flora da região de Barcarena, Pará**: Relatório Final. Belém: Museu Emílio Goeldi, 2002

WOSIACKI, W.B.; SOUZA, A.B., SENA, W. (2002) Diversidade de Peixes no Município de Barcarena, Pará. In: VIEIRA, I.M.G. (Org.). **Inventário de Flora da Região de Barcarena, Pará. Belém**, Museu Paraense Emilio Goeldi – MPEG, 108-120p. 2002.

Y.S.I –Yellow Spring Instruments (1983) – **Manual de Instrumentações**. YSI Co. Inc. Scientific division Ohio/USA.

ZHOU, H., Peng, X., Pan, J., 2004. **Distribution, source and enrichment of some chemical elements in sediments of the Pearl River Estuary, China**. *Continental Shelf Research* 24, 1857-1875.