



**EICOMNOR ENGENHARIA**

## **COMPANHIA DOCAS DO RIO GRANDE DO NORTE - CODERN PORTO DE NATAL**



**Operação Portuária**

Set/2006

## ÍNDICE

1.0 INTRODUÇÃO.....	4
1.1 IDENTIFICAÇÃO DA ATIVIDADE .....	4
1.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR .....	4
1.3 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO RAA .....	4
1.4 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA .....	4
1.5 OBJETIVOS SÓCIO-AMBIENTAIS E JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO...	5
1.6 HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO.....	9
2.0 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....	14
2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	14
2.1.1 Navegabilidade.....	14
2.1.2 Acesso.....	15
2.1.3 Instalações .....	15
2.1.4 Equipamentos .....	16
2.1.5 Abastecimento de Água .....	17
2.1.6 Suprimento de Energia Elétrica .....	17
2.1.7 Comunicação .....	17
2.1.8 Combustível .....	17
2.1.9 Combate a Incêndio .....	17
2.1.10 Tratamento .....	18
2.2 MOVIMENTAÇÃO E OPERAÇÕES DO PORTO DE NATAL.....	18
2.2.1 Fluxo de Carga .....	18
2.2.2 Praticagem .....	22
2.3 RESÍDUOS PERIGOSOS.....	22
3.0 ÁREA DE INFLUÊNCIA .....	23
4.0 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	24
4.1 MEIO FÍSICO.....	24
4.1.1 Geologia e Geomorfologia.....	24
4.1.2 Condições Meteorológicas .....	38
4.1.3 Parâmetros Oceanográficos.....	41
4.1.4 Estuário do Potengi .....	51
4.2 MEIO BIOLÓGICO.....	74

4.2.1 Vegetação .....	74
4.2.2 Comunidade Bentônica .....	75
4.3 MEIO ANTRÓPICO .....	84
4.3.1 Atividades Pesqueiras .....	85
4.3.2 Atividade de Piscicultura .....	86
5.0 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E MEDIDAS MITIGADORAS .....	87
5.1 ÁGUA DE LASTRO .....	87
5.1.1 Avaliação de Risco .....	88
5.1.2 Medidas de Gestão de Água de Lastro .....	88
5.2 MONITORAMENTO DE DRAGAGENS .....	89
5.3 RESÍDUOS SÓLIDOS .....	91
5.4 LAVAGEM DE PORÕES E DERRAMES DE ÓLEO .....	92
6.0 PROGRAMA DE ACOMPANHAMENTO E MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS .....	93
7.0 CONCLUSÃO .....	99

## 1.0 INTRODUÇÃO

### 1.1 IDENTIFICAÇÃO DA ATIVIDADE

Atividade portuária

### 1.2 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O empreendimento é de responsabilidade da Companhia Docas do Rio Grande do Norte (CODERN), a autoridade portuária da região, inscrita no CGC/MF sob o nº 34.040.345/0001-90, número de cadastro na *International Maritime Organization* (IMO) do Porto de Natal: 20.043, código: BRNAT. A CODERN fica sediada na Av. Engº Hidelbrando de Góis 220, no Bairro da Ribeira em Natal/RN, CEP 59010-700, Telefone: (84) 4005 5311, Telefax (84) 3221 6072, e-mail: [administrativo@codern.com.br](mailto:administrativo@codern.com.br), [codern@cabugisat.com.br](mailto:codern@cabugisat.com.br) e site [www.cavuginet.com.br/codern/natal.htm](http://www.cavuginet.com.br/codern/natal.htm)

### 1.3 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELO RAA

Eicomnor Engenharia Ltda., empresa de consultoria inscrita no CNPJ/MF sob o nº 11.381.605/0001-96 e sediada na Rua Alemanha, 144, no Bairro da Imbiribeira em Recife/PE, CEP 51180-010, Telefone: (81) 3339 3413, PGE nº 130009/2006-5 e email: [eicomnor@eicomnor.com.br](mailto:eicomnor@eicomnor.com.br).

### 1.4 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

- Prof. Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho – Geólogo CREA 3090-D/PE, com certificado de registro junto ao Ibama de nº. 481066.
- Msc. Leonardo Hislei Uchôa Monteiro – Geólogo, Doutorando em Geociências – UFPE. CREA 39985 – D/CE, com certificado de registro junto ao Ibama de nº. 515188.
- Walter Moreira Lima Filho – Engenheiro Civil CREA 5730-D/PE, com pós-graduação em gestão ambiental e engenharia portuária, com certificado de registro junto ao Ibama de nº. 31653.

## 1.5 OBJETIVOS SÓCIO-AMBIENTAIS E JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO

Em 31 de outubro de 1996, a Câmara de Políticas de Infra-estrutura aprovou o Plano da Ação Governamental para o Subsetor Portuário, constante da 2ª fase do Programa Integrado de Modernização Portuária - PIMOP- segundo projeto elaborado pela Secretaria Executiva do Grupo Executivo para Modernização dos Portos - GEMPO.

O referido Plano de Ação constituiu instrumento de coordenação das ações a serem empreendidas nos diversos setores da administração pública ligados às atividades portuárias, objetivando a modernização dos portos, através do desenvolvimento de ações de "descentralização", "desburocratização" e "desregulamentação". Paralelamente a essas modificações institucionais e gerenciais, vultosos investimentos vêm sendo realizados no setor portuário, implicando ampliações e novas estruturas portuárias, com a implantação de novas unidades portuárias e ampliação de outras.

Reconhecidamente, a implantação e operação de portos e terminais marítimos apresentam grande potencialidade de geração de impactos ambientais diversos. Podem ser destacados, dentre outros, os seguintes:

Impactos diretos da implantação de infra-estruturas

- Alterações na dinâmica costeira, com indução de processos erosivos e de assoreamento e modificações na linha de costa;
- Supressão de manguezais e de outros ecossistemas costeiros;
- Efeitos de dragagens e aterros (incluindo impactos nas caixas de empréstimo);
- Comprometimento de outros usos dos recursos ambientais, especialmente os tradicionais;
- Alteração da paisagem.

Por outro lado a operação portuária propriamente dita gera impactos ambientais diversos, tais como:

- Ocorrência de acidentes ambientais (derrames, incêndios, perdas de cargas);

- Dragagens de manutenção e disposição de sedimentos dragados;
- Geração de resíduos sólidos nas embarcações (taifa), nas instalações portuárias e na operação e descarte de cargas;
- Contaminações crônicas e eventuais, pela drenagem de pátios, armazéns e conveses, lavagens de embarcações, perdas de óleo durante abastecimento e aplicação de tintas anti-incrustantes, à base de compostos estanho-orgânicos;
- Introdução de organismos nocivos ou patogênicos por meio das águas de lastro ou pelo transporte de cargas ou passageiros contaminados;
- Lançamento de efluentes líquidos e gasosos (incluindo odores);
- Lançamento de esgoto oriundo de instalações portuárias e embarcações.

A ocorrência desses impactos, diretos ou indiretos, gera conflitos diversos, caracterizados por interesses concorrentes, envolvendo principalmente os setores de pesca, turismo e lazer, expansão urbana e proteção ambiental.

Por iniciativa do Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro - GI-GERCO, instituído através da Portaria nº440, do Ministro do Estado da Marinha e Ministro Coordenador da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar - CIRM e que tem a competência para promover a articulação das ações federais incidentes na Zona Costeira, foi elaborado o "Plano de Ação Federal para a Zona Costeira do Brasil", visando orientar as ações do Governo Federal. Neste Plano, um conjunto de ações específicas contempla o setor portuário, reforçando a necessidade e importância de uma Agenda Ambiental Portuária.

O GI-GERCO, promovendo a discussão sobre o setor portuário, deliberou pela criação de um grupo de trabalho específico para o assunto. Em 19 de março de 1998 foi criado, através da Portaria SECIRM nº005, o "Subgrupo Agenda Ambiental Portuária", com as seguintes incumbências:

- preparar uma Agenda Ambiental para adequação do setor portuário aos parâmetros ambientais vigentes no país, visando ao estabelecimento de mecanismos que

possibilitem o acompanhamento e o cumprimento das normas de preservação ambiental em todos os portos;

- estabelecer procedimentos para confecção de planos de contingência para preparação e resposta em caso de acidentes;
- estabelecer procedimentos para monitoramento e controle ambiental da atividade portuária;
- estabelecer orientações gerais para a expansão do setor;
- estabelecer mecanismos para correção da problemática ambiental nos portos brasileiros.

Caracterizada a crescente importância da função portuária; avaliados os interesses e a atuação do governo federal na área portuária, através de exposições dos diversos setores envolvidos; analisado o processo de gerenciamento costeiro e os diversos instrumentos de gestão disponíveis, foram definidos, como procedimentos gerais para a implementação da Gestão Ambiental Portuária:

- observância à Política Nacional de Meio Ambiente, à Política Nacional para os Recursos do Mar e à Política Nacional de Recursos Hídricos;
- observância às convenções, acordos e resoluções internacionais pertinentes;
- observância aos princípios do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - Resolução CIRM, de 03 de dezembro de 1997;
- inserção da dimensão ambiental no processo brasileiro de modernização portuária;
- ênfase às ações de caráter preventivo;
- compatibilização com o processo de Gerenciamento Costeiro, via instrumentos de gestão como o Zoneamento Ecológico-econômico Costeiro e os Planos de Gestão, principalmente em atividades de expansão das áreas portuárias;

- compatibilização dos Planos de Desenvolvimento e Zoneamento dos Portos - PDZ com os planos de ordenamento municipais, metropolitanos de uso do solo e outros específicos, como os que estabelecem unidades de conservação, por exemplo;
- monitoramento e controle ambiental do dia-a-dia da atividade portuária;
- implementação de Planos de Contingência, para a preparação e resposta em caso de acidentes.

Os Planos de Desenvolvimento e Zoneamento dos Portos- PDZs - instrumento básico de planejamento estratégico dos portos e que são submetidos aos Conselhos de Autoridade Portuária - CAPs - para aprovação (Lei 8.630/93), devem, por um lado, incorporar o ordenamento ambiental do porto e, por outro, estar compatibilizados com o planejamento da região.

Os PDZs, conforme estabelecem as orientações gerais, deverão integrar-se aos planos diretores municipais e/ou metropolitanos e às diretrizes e metas do gerenciamento costeiro e do sistema de recursos hídricos, estabelecidos para a região, contemplando: zoneamento ambiental, identificação de áreas de risco, áreas críticas e de preservação e definir os locais para serviços de apoio (ex.: tratamento de resíduos e efluentes, locais de descarte de material dragado).

Cada porto, segundo suas particularidades ambientais e organizacionais, deverá estabelecer uma normatização dos procedimentos da operação portuária de forma a evitar impactos ao meio ambiente. Esta normatização deverá ser compatibilizada com a legislação vigente e normas de segurança à navegação e aos demais instrumentos de atuação da Marinha Brasileira.

Cada porto deverá dispor, como instrumento de gestão, de um Programa de Monitoramento. Este programa deverá contemplar o acompanhamento de parâmetros importantes para o desenvolvimento das atividades portuárias, como: ventos, marés, correntes, resíduos sedimentáveis e batimetria. Bem como parâmetros de qualidade ambiental, como: oxigênio dissolvido, matéria orgânica e produtos tóxicos (nos corpos d'água), diversidade biológica e cobertura vegetal; ou ainda particulados e outros poluentes atmosféricos.



O programa de monitoramento deverá ser desenvolvido caso a caso, partindo do conhecimento das características ambientais locais, das fontes poluidoras e dos poluentes gerados. Deverão ser adequadamente avaliados os "parâmetros-chave" a serem acompanhados e a frequência das amostragens/medições, evitando-se custos desnecessários. É recomendado o desenvolvimento de um programa interinstitucional que aproveite, de forma articulada, a capacidade instalada dos órgãos ambientais, de universidades e de institutos de pesquisa.

A gestão ambiental dos portos organizados do País deverá ser baseada num modelo institucional com estrutura gerencial ágil, que privilegie a articulação entre todas as autoridades envolvidas e tenha como fundamento legal a Lei de Modernização dos Portos e a legislação ambiental. Cada porto deverá ter sua estrutura de gerenciamento ambiental que coordenará as ações de planejamento, normalização e decisão relativas aos aspectos ambientais internos, estabelecendo, ainda, interface eficaz para uma atuação integrada com as instituições responsáveis pela gestão ambiental no entorno da área portuária.

Assim sendo, o Porto de Natal, através da CODERN, como ente que contribui de forma decisiva para o desenvolvimento social e econômico do Estado do Rio Grande do Norte e da cidade de Natal, em particular, se engaja ao processo de implantação da Agenda Ambiental Portuária, definida pelo governo federal, para um horizonte de 4 anos, e estabelece através deste relatório, um elenco de ações de planejamento inicial para atingimento das metas ali contidas, planejamento este que deverá ser periodicamente revisto, no sentido de adequá-lo às realidades institucionais e de disponibilidade financeira.

## 1.6 HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO

Os estudos do Porto de Natal tiveram origem em 1875, por um engenheiro britânico chamado de Sir Jonh Hawkshaw, quando foi preconizada a derrocagem dos trechos dos arrecifes e arrasamento da ponta sul da Baixinha, visando melhorar o acesso ao estuário.

O projeto do porto de Natal foi aprovado pelo Decreto nº 15.277, de 14/1/1922, e teve sua execução iniciada no mesmo ano, pela contratada C.H. Walker & Cia. Ltda., sendo interrompido de 1924 a 1927.

O Decreto nº 21.995, de 21/10/1932, determinou que a administração e a exploração do porto ficasse a cargo da respectiva fiscalização, subordinada ao Departamento Nacional de Portos e Navegação. Assim, em 24/10/1932, as suas primeiras instalações foram inauguradas, começando a operar. O porto continuou a ser administrado pela União nos períodos de existência dos Departamento de Portos, Rios e Canais e Departamento de Portos e Vias Navegáveis e posteriormente pela Portobrás, criada em 1976.

A partir de 1983, a Administração do Porto passou a integrar a Companhia Docas do Estado do Rio Grande do Norte (CODERN), nos termos da Assembléia Geral de Acionistas da Portobrás, de 6/4/1981.

Entre os anos de 1902 e 1982 inúmeras intervenções antrópicas foram realizadas ao longo do estuário do Potengi, com o objetivo de regularizar a dinâmica dos processos de erosão e deposição de sedimentos, a fim de proporcionar uma melhoria nas condições de navegabilidade do canal de acesso.

Em ordem cronológica, foram realizadas as seguintes intervenções :

1902 – Dragagem do canal de acesso próximo a embocadura.

1903 – Derrocagem de um volume de 2.206m<sup>3</sup> da Ilha da Baixinha.

1922 – Dragagem defronte à ponte de atracação, numa extensão de 200m e volume de 59.754m<sup>3</sup>.

1923 – Derrocagem parcial da Ilha da Baixinha, que possibilitou maior abertura do canal de acesso na barra e melhores condições de manobra.

1927 – Início da construção do Dique da Limpa.

1929 – Finalização da construção do Dique da Limpa e construção dos espigões de nº1 a 9. Com a construção dos espigões de nº4 a 9 a margem esquerda foi erodida e os espigões ficaram solapados. Isto justificou o prolongamento e reforço dos espigões da margem esquerda.

1929 – Espigões de nº 6 a 9, já prolongados. Grande parte da pedra colocada ficou soterrada devido à erosão.

1947 – Construção do espigão defletor E-1A. Esse espigão possui a tendência de formar um braço de mar em direção ao canal de acesso.

1949 – Construção dos espigões defletores E-2A, E-3A e E-4A.

1955 – Dragagem do canal de acesso da barra, com volume de 49.840m<sup>3</sup>.

1956 – Derrocagem de 25m da extremidade da Ponta do Picão para a cota – 8,00m com um volume de 23.185m<sup>3</sup>. Levantamentos mais recentes mostraram que a derrocagem não atingiu a cota – 8,00m, ou então que não foram retirados os resíduos da detonação.

1956 – Derrocagem da Pedra Limpa com um volume de 1.500m<sup>3</sup>, o que gerou melhorias nas condições de manobra.

1956 – Construção parcial do Molhe Defletor na extremidade da Ponta do Picão, com um volume de 4.633m<sup>3</sup>. Obra não concluída.

1956 – Novo prolongamento do espigão nº 9 (+100m), perfazendo um volume de 7.020m<sup>3</sup>, passando então a ser chamado de Guia Corrente da Redinha. Esta obra provocou erosão entre o espigão nº 9 e a Ilha da Baixinha.

1960 – Alçamento e reforço do Dique da Limpa.

1963 – Desvio do Rio Doce para o interior da gamboa Manimbu. Este desvio não causou nenhum efeito significativo ao comportamento hidráulico, pois o riacho (Rio Doce) tem seu leito de areia com contribuição de sólidos insignificante.

1966 – Dragagem do canal de acesso na projeção do Banco das Velhas com um volume total de 362.017m<sup>3</sup>. O despejo foi realizado nas duas margens com retorno do material. Ocasinou decréscimo do Banco das Velhas.

1967 – Dragagem do canal de acesso e bacia de evolução (cota –8,00m), perfazendo um volume de 553.688m<sup>3</sup>.

1968 – Dragagem do canal de acesso e Base Naval, com um volume de 884.815m<sup>3</sup>. O despejo foi realizado nas margens com retorno de material.

1971 – Derrocagem de um trecho da Pedra da Baixinha, com um volume de 5.900m<sup>3</sup>, que proporcionou melhorias nas condições de acesso.

1972 – Dragagem do canal de acesso na projeção do Banco das Velhas, com um volume de 210.420m<sup>3</sup>, o que ocasionou decréscimo no mesmo. O despejo foi realizado junto ao Guia Corrente da Redinha, do lado externo com retorno de material.

1982 – Derrocagem experimental com explosivos na entrada da barra (canal de acesso).

As dragagens executadas ocorreram em situações em que o canal de acesso ao Porto e à Base Naval tenha sido prejudicado pelo assoreamento. Os trechos em que ocorreram essas dragagens não foram definidos na bibliografia disponível, o que torna difícil correlacionar os efeitos das dragagens sobre determinadas regiões do estuário.

Tanto a derrocagem parcial da Ilha da Baixinha, quanto a da pedra da Limpa, proporcionaram maiores calados e condições de acesso em alinhamento retilíneo na entrada da barra. No entanto, as derrocagens dos 60m lineares da extremidade do recife de Natal não surtiram efeito algum, em virtude da não remoção das pedras detonadas, conseqüentemente o calado atingido por essas derrocagens não atenderam às necessidades do porto.

O objetivo da construção dos espigões E-1 ao E-9 e do Dique do Limpa era o de conter e eliminar parcialmente o Banco das Velhas, aumentar e direcionar as correntes do canal de acesso para que esse mantivesse seu calado compatível com o tráfego da região. Contudo, esses objetivos não foram totalmente alcançados, pois apesar de o Banco das Velhas ter diminuído de volume o canal de acesso na região das obras passou a ficar freqüentemente assoreado.

A margem esquerda, onde foram construídos os espigões, passou a ser mais erodida junto ao enraizamento das obras.

O fato do Dique do Limpa, do Guia Corrente da Redinha e dos espigões terem sido ineficazes com relação ao calado do canal de acesso na região, está relacionado com as obras que não proporcionaram o aumento das velocidades de vazante e, conseqüentemente, não criaram condições favoráveis à expulsão do material que entra na enchente por efeitos simultâneos de correntes de maré, do transporte litorâneo e da ondulação.

O último prolongamento do espigão E-9, que deu origem ao Guia Corrente da Redinha, proporcionou a formação de processos erosivos entre a Ilha da Baixinha e o espigão, facilitando o escoamento através dessa região.

Após a análise das intervenções antrópicas ocorridas até então no estuário do Potengi, bem como as influências que essas exercem sobre as configurações batimétricas da região e a necessidade de novas intervenções, em janeiro de 1985 foi

elaborado pelo INPH – Instituto de Pesquisas Hidroviárias um novo projeto, denominado “Projeto de Regularização da Embocadura do Estuário do Rio Potengi, através da construção de Obras Fixas, Dragagem e Derrocagem”. Esse projeto foi posteriormente modificado pela CODERN, chegando a uma versão final em fevereiro 1992.

Em 1997, teve início a execução deste projeto, que constou das seguintes obras:

1997 – Derrocagem de 2.257,30 m<sup>3</sup> na entrada da barra (canal de acesso).

1998–1999 – Dragagem do canal de acesso e da bacia de evolução do canal do Porto, com um volume de 1.824.533,40 m<sup>3</sup>.

1998-1999 – Construção do Guia Corrente com 750,0 m de pedra, perfazendo um volume de 119.041,47m<sup>3</sup>.

12/2001 – Construção de berço de 140,0 m de comprimento.

## 2.0 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

#### 2.1.1 Navegabilidade

Historicamente a navegabilidade da entrada do estuário do Potengi sempre foi bastante difícil em virtude dos altos-fundos existentes. A entrada era muito estreita. Tanto na maré de enchente como na maré de vazante, em decorrência da predominância dos ventos. Na preamar, para que fossem admitidas com segurança no Porto, as embarcações deviam, ter no máximo: 180m de comprimento, 26m de boca e 7,3m de calado. Na baixa-mar, o calado máximo era de 5,5m.

A direção principal dos ventos durante quase todo o ano é ESE. No inverno, de fevereiro a julho, costuma rondar para N ou para S, praticamente SSW, podendo pender também para NE no restante do ano.

Quando uma embarcação passa da água do mar para a água doce, o seu calado aumenta devido a diferença de densidade, este aumento em torno de 2 a 3% não ocorre no estuário do Potengi, pois o mesmo se comporta como um braço de mar.

Após as obras de Dragagem, Derrocagem e construção do Guia Corrente, o canal de acesso passou a apresentar as seguintes condições de navegabilidade:

- Calado máximo recomendável de 10,0m;
- Largura de 100,0m;
- Bacia de Evolução: 250 x 400m
- Amplitude máxima da maré de 2,80m;
- Velocidade média na vazante: sizígias 3,5 nós / quadratura 1,3 nós;

Porém com o assoreamento as profundidades baixaram para 7,40m em alguns locais da Bacia de Evolução e do Canal de Acesso, portanto essa Dragagem de manutenção visa dotar o Porto das mesmas condições de navegabilidade existentes logo após as obras de Dragagem, Derrocagem e Guia Corrente.

### 2.1.2 Acesso

- *Rodoviário* – Pelas rodovias federais BR-101 e BR-226, ambas encontrando a BR-304, próximo a Natal, e a BR-406.
- *Ferrovário* – O porto é ligado a outros estados nordestinos pela Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN) da malha Nordeste, antiga Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA), Superintendência Regional Recife (SR 1).
- *Marítimo* – A barra está situada próximo à foz do rio Potengi, sendo limitada a leste pelo arrecife de Natal e a oeste pela Pedra da Baixinha. Tem largura de 150m e profundidade de 8,5m. O canal de acesso possui extensão de 2km, largura entre 90m e 400m e profundidade mínima de 5,3m e máxima de 7m.

### 2.1.3 Instalações

Conforme a Portaria-MT nº 1.029, de 20/12/93 (D.O.U. de 22/12/93), a área do porto organizado de Natal, no estado do Rio Grande do Norte, é constituída:

a) pelas instalações portuárias terrestres existentes na margem direita do rio Potengi, desde a Base Naval de Natal até o molhe leste, na interseção com o arrecife de Natal, junto ao Forte dos Reis Magos, abrangendo todos os cais, docas, pontes e píeres de atracação e de acostagem, armazéns, edificações em geral e vias internas de circulação rodoviária e ferroviária e ainda os terrenos ao longo dessa faixa marginal e em suas adjacências pertencentes à União, incorporadas ou não ao patrimônio do porto de Natal ou sob sua guarda e responsabilidade;

b) pela infra-estrutura de proteção e acesso aquaviário, tais como áreas de fundeio, bacias de evolução, canal de acesso e áreas adjacentes a esse até as margens das instalações terrestres do porto organizado, conforme definido no item "a" acima, existentes ou que venham a ser construídas e mantidas pela Administração do Porto ou por outro órgão do poder público.

As instalações são constituídas por:

- Instalações de Acostagem – Cais comercial com 400,0 m de comprimento com 2 berços de atracação de aproximadamente 200,0m cada, largura da plataforma de 25,0 m e profundidade de 11,5 m em toda a sua extensão, para a operação de carga geral,

granéis sólidos e contêineres. Recentemente, o Porto de Natal ampliou sua faixa de cais em mais 140,0m, permitindo mais um berço de atracação, que tem as mesmas características do cais existente onde deverá ser instalado um Terminal de Contêiner, com área de 15.000m<sup>2</sup>, exclusivo para atracação de navio porta-contêiner. Atualmente, o porto dispõe de instalações elétricas com capacidade para recepção e funcionamento de até 80 contêineres de 40 pés.

- Instalações de armazenagem:
  - Dois armazéns de primeira linha, com 1.800m<sup>2</sup> cada;
  - Dois galpões contínuos aos armazéns com área de 456m<sup>2</sup> e 380m<sup>2</sup> cada;
  - Área retroportuária de 6.000m<sup>2</sup> contígua ao cais e outra de 7.500m<sup>2</sup>;
  - Um armazém frigorífico de 1ª linha com área de 2.418,0m<sup>2</sup> (arrendamento);
  - Um armazém de 1ª linha com área de 1.970m<sup>2</sup>, projeto em andamento com previsão prevista para junho de 2001 (arrendamento);
- Balança rodoviária: Duas, sendo uma de 80t de capacidade e a outra de 60t.

#### 2.1.4 Equipamentos

No período de realização do trabalho objeto deste relatório, o porto de Natal possuía os seguintes equipamentos:

Um guindaste tipo Portalino para descarregamento de granéis sólidos, com capacidade de 300 toneladas por hora;

- Duas empilhadeiras com capacidade de 1,5 ton;
- Uma empilhadeira com capacidade de 2,0 ton;
- Dezenove empilhadeiras com capacidade de 2,5 ton;
- Quatro empilhadeiras com capacidade de 3,0 ton;
- Duas empilhadeiras com capacidade de 4,0 ton;



- Duas empilhadeiras com capacidade de 7,0 ton;
- Uma Top Loader de 37 ton.

#### 2.1.5 Abastecimento de Água

Fornecido pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte em uma linha direta às instalações portuária. A distribuição de água na faixa do cais é feita através de duas redes, uma alimentada diretamente pela Cia de Águas e com vazão de 10m<sup>3</sup>/h e outra alimentada de conjunto de reservatórios (superior para 100m<sup>3</sup> e inferior para 200 m<sup>3</sup>) com capacidade de 25m<sup>3</sup>/h.

#### 2.1.6 Suprimento de Energia Elétrica

Fornecida pela COSERN, em 13,8 kva e alimentado para 220/380/440 v e 60 hz de frequência, através de sua subestação elétrica de 750kva. Possui duas usinas de geração própria de energia elétrica, sendo uma com capacidade instalada de 710 KVA e outra em instalação de 920 KVA. Possui duas usinas abaixadoras de energia elétrica, sendo uma com capacidade instalada de 1300 KVA e outra de 750 KVA.

#### 2.1.7 Comunicação

A rede telefônica interna ligada a central PABX da CODERN, que é alimentada por linhas tronco, fornecidas pela EMBRATEL. Existem, ainda, no prédio da Administração do Porto, dois telefones públicos e a EMBRATEL, dependendo de prévia solicitação, poderá instalar linhas diretamente para embarcações.

#### 2.1.8 Combustível

O abastecimento de combustível para navios atracados no porto é feito por meio de caminhões tanque diretamente da faixa do cais, ou no Píer das Dunas, terminal privativo da Petrobrás.

#### 2.1.9 Combate a Incêndio

Composta por extintores de incêndio, manuais, no interior das unidades armazenadoras e das instalações prediais, além de conjunto composto por 02 (duas) motos-bomba com sucção direta do Rio Potengi.

### 2.1.10 Tratamento

A drenagem dos armazéns é feita através de caixas coletoras que encaminha a faixa do cais. O esgoto sanitário é conduzido através de tubulação até a galeria coletora da rede urbana.

## 2.2 MOVIMENTAÇÃO E OPERAÇÕES DO PORTO DE NATAL

### 2.2.1 Fluxo de Carga

O Porto de Natal movimenta cargas no cais público, Longo curso, Cabotagem e outras navegações. Seus principais produtos de movimentação são os exportados: melão, açúcar, melancia, manga, mamão, uva, camarão, peixe congelado e os importados: trigo, equipamentos, caixaria.

O porto de Natal movimentou, no cais público, 391.428t de cargas e, fora do cais, 4.364.885t, que responderam, respectivamente, por 6% e 94% do movimento total do porto, 4.756.313t. Estas informações foram baseadas no relatório de Estatística Portuária do ano de 2002, referente ao porto em questão (Quadro 1).

As principais cargas movimentadas foram:

- No cais público
- No longo curso

**Cargas importadas** - Granel sólido: trigo 148.881t - Carga geral: caixaria de papelão 1.138t, contêineres 2.870t, equipamento solda 1.454t, cerâmica 20t, contêineres vazios 2.073t.

**Cargas exportadas** - Carga geral solta: açúcar 80.457t, melão 117.782t, melancia 9.317t, manga 4.813t, banana 3.392t, abacaxi 184t, mamão 771t, outras cargas 120t - Carga geral em contêiner: camarão 764t, banana 386t, manga 2.407t, melancia 2.172t, melão 2.985t, mamão 258t, inhame 198t, cantoneiras 38t, geradores 21t, jerimum 23t, abacaxi 12t, cargas diversas 112t, contêineres vazios 287t, tara de contêiner 2.208t.

- Na cabotagem

**Cargas desembarcadas** - Carga geral: geradores 1970t, diversos 112t.

**Cargas embarcadas** - Granel líquido: gasolina 513t, óleo diesel 1.941t - Carga geral: diversos 1.215t.

- Em outras navegações

**Cargas desembarcadas** - Carga geral: peixe 288t, compressores diversos 242t, diversos 4t.

Nos terminais de uso privado Terminais da Petrobras (Natal – Pier das Dunas e Macau - RN) Empresa: Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras, a movimentação de cargas foi a seguinte:

- Na cabotagem

**Cargas desembarcadas** – Granel líquido: gasolina 84.125t, óleo diesel 33.998t, QAV (querosene de aviação) 28.851t.

**Cargas embarcadas** – Granel líquido: petróleo 4.180.839t óleo diesel 4.758t.

- Em outras navegações (marítima)

Cargas desembarcadas – Carga geral: tubos/AFA 10.680t

Cargas embarcadas – Carga geral: tubos/AFA 21.634t.

Quadro 1 – Evolução da movimentação de cargas do Porto de Natal entre os anos de 1986 e 2002 (valores em toneladas)

ANO	EMBARQUE				DESEMBARQUE				TOTAL
	GRANEL SÓLIDO	GRANEL LÍQUIDO	C. GERAL	SUBTOTAL	GRANEL SÓLIDO	GRANEL LÍQUIDO	C. GERAL	SUBTOTAL	
1986	7.749	155.973	50.714	214.436	678	182.899	15.360	198.937	413.373
1987	9.117	2.602.967	67.130	2.679.214	1.256	144.903	17.430	163.589	2.842.803
1988	1.313	3.198.638	40.660	3.240.611	–	194.989	8.640	203.629	3.444.240
1989	5.403	3.795.086	28.763	3.829.252	–	206.619	6.629	213.248	4.042.500
1990	5.402	3.927.911	33.608	3.966.561	7	219.168	3.424	222.599	4.189.160
1991	6.575	3.857.454	59.625	3.923.654	–	197.886	5.104	202.990	4.126.644
1992	3.967	4.058.459	47.133	4.109.559	–	239.166	2.117	241.283	4.350.842
1993	1.879	3.916.018	68.050	3.985.947	–	200.662	3.255	203.917	4.189.864
1994	3.185	4.032.627	74.423	4.110.235	–	208.061	5.677	213.832	4.324.067
1995	762	4.226.871	98.272	4.325.905	80	263.890	9.547	273.517	4.599.422
1996	–	4.751.483	85.014	4.836.497	–	265.875	6.371	272.246	5.108.743
1997	–	5.249.459	117.857	5.367.316	–	335.665	17.973	353.638	5.720.954
1998	–	5.286.463	161.299	5.447.762	–	359.716	10.862	370.578	5.818.340
1999	–	4.955.691	160.283	5.115.974	–	665.726	23.315	689.041	5.805.015
2000	–	4.805.928	230.930	5.036.858	–	192.663	93.911	286.574	5.323.432
2001	–	4.272.986	199.356	4.472.342	97.669	208.675	21.433	327.777	4.800.119
2002	–	4.188.051	251.556	4.439.607	148.881	146.974	20.851	316.706	4.756.313

Para o quadro mais atual das movimentações de cargas do Porto foram disponibilizadas informações de entre o início do ano de 2005 até maio de 2006. Para o ano de 2005 houve uma movimentação total de 311.273 toneladas, entre cargas de cabotagem e longo curso (Quadro 2).

Quadro 2 – Evolução da movimentação de cargas do Porto de Natal entre os anos de 1986 e 2002 (valores em toneladas).

MESES	ESTATÍSTICA PORTUÁRIA					
	MOVIMENTAÇÃO MENSAL DE CARGAS EM TONELADAS					
	LONGO CURSO			CABOTAGEM		
	2 0 0 5	2 0 0 6	%	2 0 0 5	2 0 0 6	%
JANEIRO	38.499	48.249	25,33	337	113	(66,47)
FEVEREIRO	22.925	1.836	(91,99)	127	138	8,66
MARÇO	20.977	5.889	(71,93)	112	164	46,43
ABRIL	14.327	-	(100,00)	236	286	21,19
MAIO	7.289	21.115	189,68	173	284	64,16
JUNHO	976			228		
JULHO	12.957			207		
AGOSTO	16.482			274		
SETEMBRO	33.342			94		
OUTUBRO	28.149			219		
NOVEMBRO	75.492			129		
DEZEMBRO	37.530			192		
<b>TOTAL</b>	<b>308.945</b>	<b>77.089</b>		<b>2.328</b>	<b>985</b>	

### 2.2.2 Praticagem

- *Obrigatória* – Normalizada pela Capitania dos Portos, Portaria nº. 0054, de 12 de setembro de 1994. Ponto de Recebimento de Práticos: 5° 45' 06" S e 35° 10' 30" W até qualquer ponto da área portuária nos seguintes casos: navios estrangeiros; navios petroleiros, propaneiros, transportadores de cargas explosivas e outros de bandeira brasileira com arqueação bruta superior a 2000.
- *Facultativa* – Para navios estrangeiros de arqueação bruta inferior a 2000, desde que comandados por marítimos brasileiros de categoria igual ou superior a de Mestre de cabotagem.

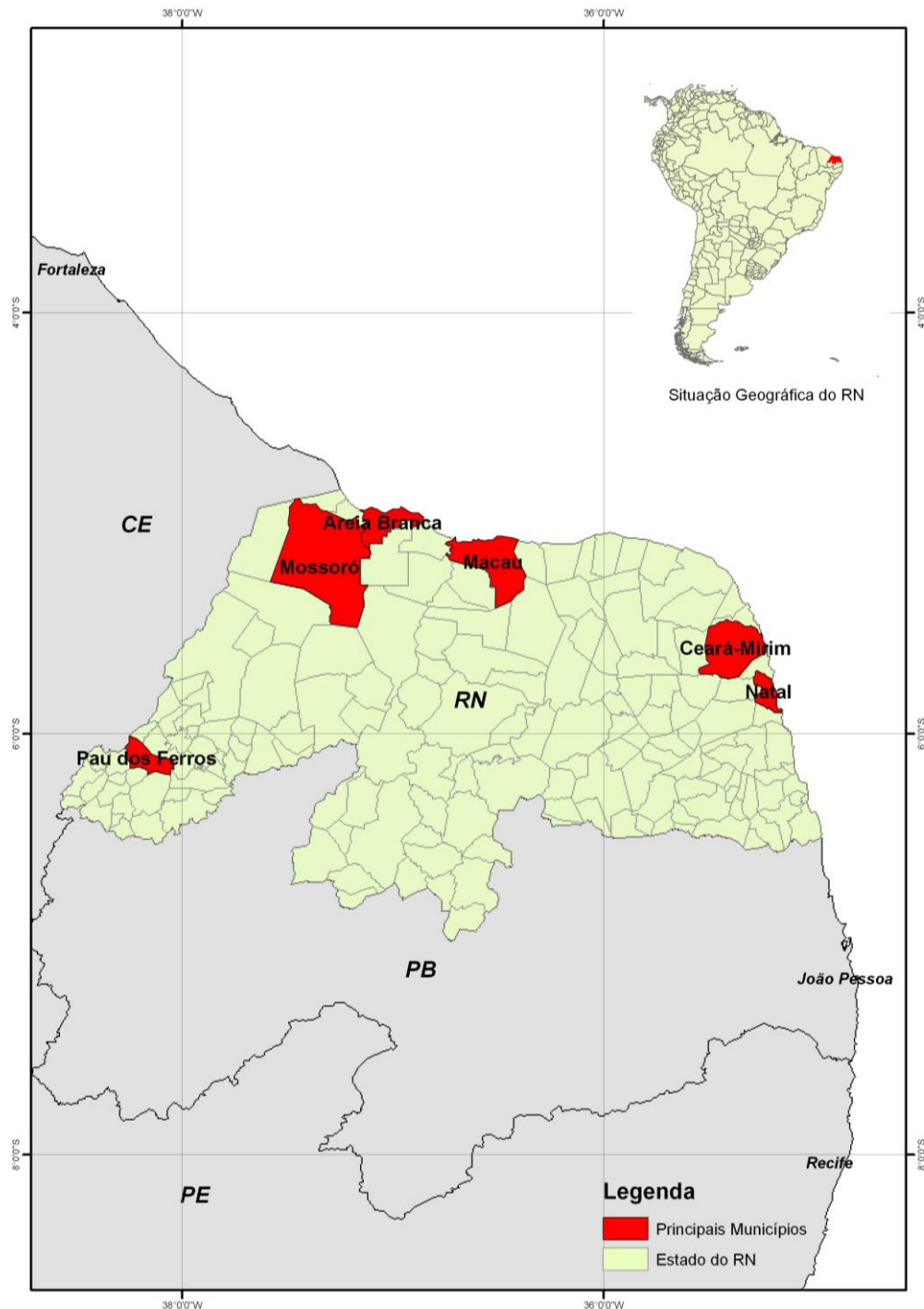
### 2.3 RESÍDUOS PERIGOSOS

O Porto de Natal disponibiliza o Píer das Dunas, especializado na movimentação de combustíveis (exclusiva), localiza-se na Área do Porto Organizado, cerca de 50 metros ao norte do cais público e é privado da Petrobrás. Dessa mesma empresa existem, fora da Área do Porto Organizado, no município de Guamaré (RN), um cais para contêineres “refrigerados” e de tomadas no cais para suprimento de água, com vazão de movimentação de pequenas cargas e um quadro de bóias especializado na movimentação de óleo bruto (petróleo). Nestas áreas movimentam-se, além de óleo bruto, a gasolina, óleo diesel e QAV (querosene de avaliação) através de navegação de cabotagem.

O terminal Dunas tem capacidade de armazenamento para 26.642 m<sup>3</sup> para os derivados de petróleo, com exceção dos GLP (Gás liquefeito de petróleo), contabilizando seis tanques de armazenamento, onde cada um tem 4440 m<sup>3</sup> de capacidade. Guamaré possui uma capacidade de 190.142 m<sup>3</sup> para armazenagem, em tanques, de petróleo.

### 3.0 ÁREA DE INFLUÊNCIA

Inclui todo o estado do Rio Grande do Norte, especialmente os municípios de Natal, Mossoró, Pau dos Ferros, Areia Branca, Macau e Ceará-Mirim. E interagem com os Portos do Ceará, Paraíba e Pernambuco e eventuais linhas internacionais.



**Figura 1** – Localização geográfica da área de influência e seus principais municípios.

## 4.0 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Nesta etapa foram considerados os estudos realizados por Cunha (2004) em sua Tese de Doutorado realizado na Universidade de Barcelona e Vital (2006) em um relatório técnico feito para CODERN, que descrevem muito bem sobre os aspectos de diagnóstico ambiental do estuário do rio Potengi e sondagens hidroacústicas.

### 4.1 MEIO FÍSICO

#### 4.1.1 Geologia e Geomorfologia

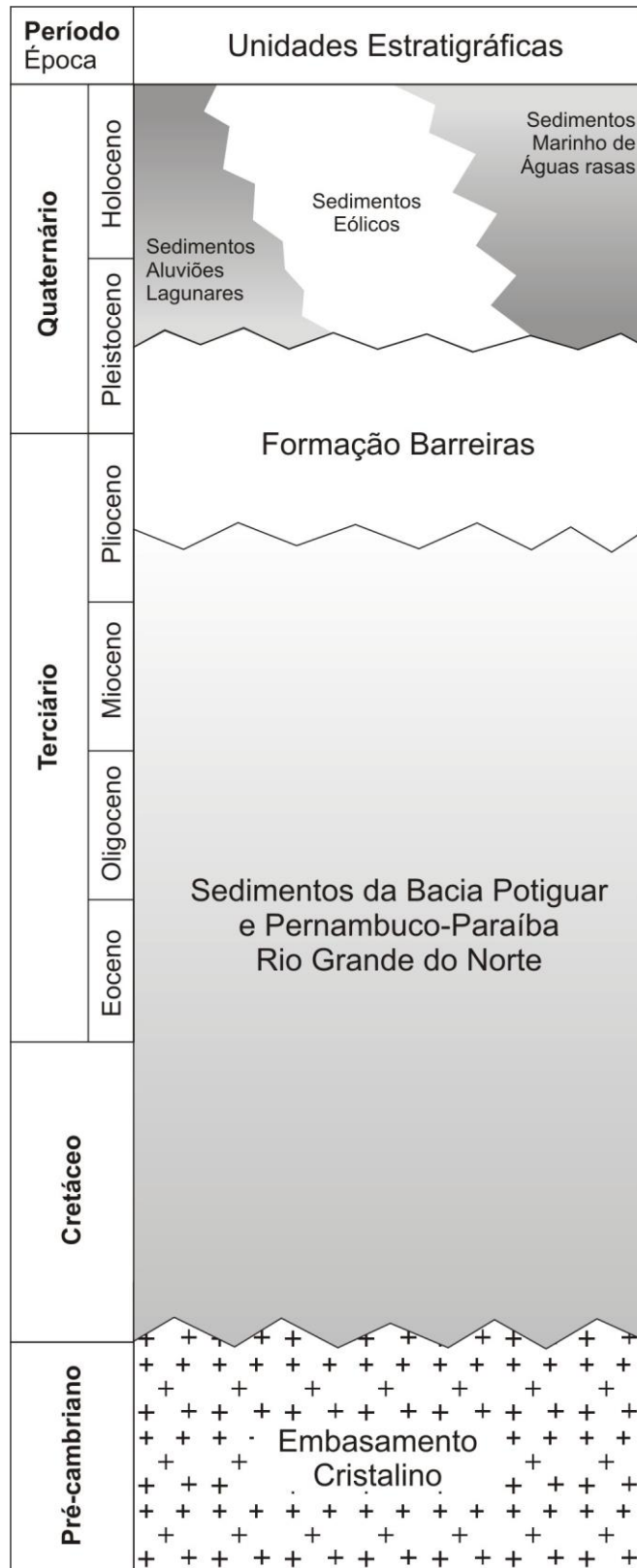
##### 4.1.1.1 Aspectos Regionais

As descrições geológicas da faixa costeira do nordeste oriental do Brasil discutem uma disposição dos terrenos cristalinos pré-cambrianos, no embasamento, com ocorrências de rochas de diversos graus metamórficos, como migmatitos, gnaisses, xistos, quartzitos e mármore, representantes do Maciço de Caldas Brandão (Gomes, 1981) ou Complexo Caicó (Jardim de Sá 1994). Sobre este arcabouço estão depositados os sedimentos mesoceno-zóicos, os quais se apresentam como uma estreita faixa semi-contínua, que compõem, de norte para sul, as bacias sedimentares Potiguar e Pernambuco – Paraíba; estas bacias foram geradas associadas ao processo de ruptura do Gondwana, e evoluíram para uma fase transicional e, posteriormente de oceano aberto, sendo desta fase os registros aflorantes.

Superpostos a estas seqüências e em discordância erosiva, ocorrem os sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Barreiras, que por sua vez são recobertos também discordantemente por sedimentos continentais e transicionais mais recentes, representados pelas dunas, praias, recifes, terraços holocênicos e flúvio-lacustres e aluviões (Figura 1).

A modelagem do relevo na faixa costeira potiguar está associada principalmente aos processos erosivos atuantes sobre os depósitos sedimentares da Formação Barreiras, processos esses condicionados por estruturas geológicas (falhas) antigas, reativadas por atividade neotectônica (Lima, 1992).





**Figura 1** – Coluna estratigráfica simplificada para o litoral oriental do Rio Grande do Norte. (Fonte: Diniz, 2002)

#### 4.1.1.2 Aspectos Locais

##### *Cobertura terciária: Formação Barreiras*

As rochas sedimentares designadas de “Barreiras” são encontradas em uma ampla faixa ao longo do litoral brasileiro ocorrendo desde o Estado do Rio de Janeiro até o Pará, sendo freqüente objeto de referencia na literatura geológica (Figura 2). Os trabalhos tratam esta unidade com relação à sua ocorrência, contexto estratigráfico, litotipos e, mais recentemente, sistemas deposicionais. A mesma já foi designada de série, grupo ou formação.

Campos e Silva (1968, 1969) propuseram, com base em dados de subsuperfície, uma tentativa de correlação com as unidades litoestratigráficas do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte que ocorrem em superfície. Foram identificadas três unidades, assim descritas: uma unidade superior, essencialmente arenosa, com espessura de 10 a 20m e mineralogicamente constituída quase que totalmente por quartzo, com alguns níveis enriquecidos em concreções ferruginosas; uma unidade média caracterizada por argilas, argilas sílticas e argilas arenosas; uma unidade inferior, predominante arenosa. Na tabela 01, pode-se observar a correlação propostas entre estas unidades informais com as unidades aflorantes na porção litorânea oriental, setentrional e nos capeamentos das serras, no Estado do Rio Grande do Norte.



**Figura 2** – Falésia localizada na Barreira do Inferno, a qual é típica da Formação Barreiras. Ao longo de toda a área de estudo esta Formação apresenta-se capeada por sedimentos eólicos no continente e por sedimentos inconsolidados recentes na porção submersa. Fonte: Vital, 2006.

Unidades de Subsuperfície	Unidades de Superfície				
	G R U P O  B A R R E I R A S	Faixa Litorânea Oriental	G R U P O  B A R R E I R A S	Faixa Litorânea Setentrional	Capeamento das Serras
Unidade Arenosa Superior				Arenito vermelho (Jenkins 1913) = Fm. Potengi (Campos e Silva 1965, 1966). Arenito friável conglomerado (Jenkins 1913) = Fm. Macaíba (Campos e Silva: 1965, 1966).	
Unidade Argilosa		Arenito friável castanho-avermelhado. (Jenkins 1913). Fm. Riacho Morno (Campos e Silva 1965, 1966; Mabesoone 1966). Fm. Grararapes (Campos e Silva 1968).		Fm. Riacho Morno (Beurlen 1967). Fm. Barreiras (Kegel 1957).	
Unidade Arenosa Inferior				Fm. Tibau (Campos e Silva 1966). Fm. Infra-Barreiras (Kegel 1957).	Fm. Serra do Martins (Mabesoone 1966). Fm. Mossoró (Beurlen 1967).

**Tabela 01** – Proposta de empilhamento litoestratigráfico para o Grupo Barreiras no Estado do Rio Grande do Norte, com base em dados de subsuperfície (Campos e Silva 1969). Fonte: Vital, 2006.

Nos últimos anos, após estudos de detalhe e reavaliações embasadas em técnicas modernas de estratigrafia, alguns autores (Alheiros *et al.* 1988, Mabesoone *et al.* 1991) reconheceram o problema de correlação regional dos empilhamentos lito e edafoestratigráficos admitidos anteriormente para o “Grupo Barreiras”, sendo então retomada a denominação original de “Formação Barreiras” para as rochas terció-quaternárias que afloram ao longo da faixa costeira do litoral nordestino. Este fato encontra-se apoiado na relativa homogeneidade da referida unidade com relação às características litológicas e deposicionais.

Neste trabalho, a denominação “Formação Barreiras” (Mabesoone *et al.* 1991, Alheiros *et al.* 1988) será adotada para a seqüência cenozóica correspondente, que aflora nas falésias ao longo do litoral estudado.

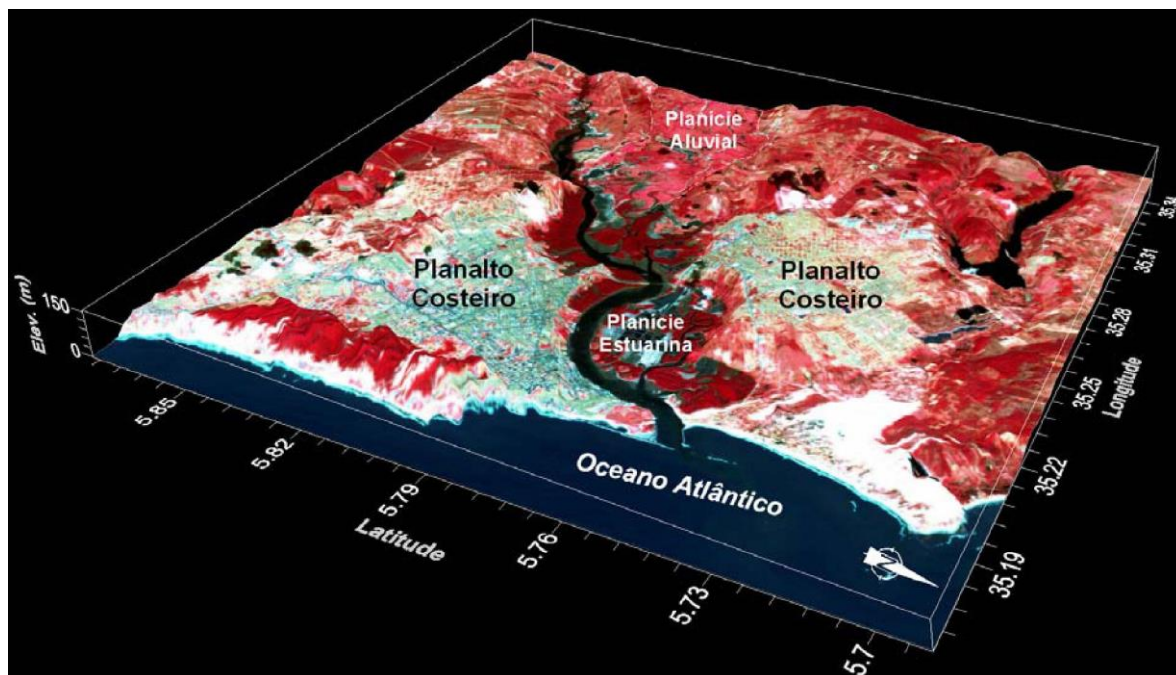
Segundo Alheiros *et al.* (1988) e Alheiros & Lima Filho (1991), os sedimentos continentais da Formação Barreiras foram depositados em um sistema fluvial entrelaçado, associado com leques aluviais e depósitos litorâneos, de idade plio-pleistocênica. Esses últimos autores realizaram estudos na área costeira abrangendo os estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, onde efetuaram um mapeamento faciológico preliminar para a Formação Barreiras, tendo sido individualizadas três fácies distintas.

A fácies que predomina ao longo do estuário Potengi é denominada de fácies fluvial de canais entrelaçados, que é claramente a predominante na área estudada, sendo caracterizada por depósitos de canais e barras longitudinais, onde esses depósitos são geralmente recobertos por aqueles dos leques aluviais distais. É possível identificar duas fácies fluviais. A primeira situada no trecho entre Goiana (PE) e Natal (RN), é representada por areias quartzosas de coloração creme, contendo raros grãos de feldspatos e aspecto maciço. A ausência de argilas nesses depósitos, associada as características granulométricas, possibilitam associá-la à fácies fluvial, provavelmente de canais entrelaçados. Já a segunda fácies mostra-se mais feldspática, de coloração mais forte, variando entre diferentes tons de vermelho. As rochas mostram estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte, com os sedimentos apresentando-se mais selecionados e com baixo grau de arredondamento, em relação à fácies anterior. Neste depósito destacam-se barras longitudinais, com espessura considerável e com estratificação tabular. Essa segunda fácies, considerada a mais dominante, ocorre preferencialmente próxima aos rios de grande porte; nos arredores de Recife (PE), apresentando níveis de paleossolos.

Estudando o litoral oriental do Rio Grande do Norte, mais precisamente na região de Canguaretama, Menezes *et al.* (1998) descrevem feições do tipo barra fluviais com estratificações cruzadas, gradação normal e bioturbações, além de barras estuarinas, possibilitando a caracterização de um sistema fluvial meandrante a estuarino. Também são identificadas feições semelhantes a estruturas do tipo *tidal bundles*, que evidenciam a influência de maré. Provavelmente, a porção estuarina desse sistema pode ser correlacionada à fácies flúvio-lagunar proposta inicialmente por Alheiros & Lima Filho (1991). Menezes *et al.* (1998) ainda descrevem a presença de crostas lateríticas intercaladas nas camadas mais superiores dos afloramentos estudados, tendo sido interpretadas como superfícies de exposição subaérea ou variações do lençol freático.

Estas rochas da Formação Barreiras também são muito bem observadas no modelo digital de elevação (MDE) elaborado do estuário Potengi, a partir de dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), apresentando resolução espacial de 90 metros, adquiridos através do governo norte-americano pelo USGS Eros Data Center (United States Geological Survey). A figura 3, mostra o MDE elaborado a partir da combinação dos dados do SRTM com a imagem Landsat 7 ETM+ (2001) pertencente ao

Laboratório de Geoprocessamento (GEOPRO) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.



**Figura 3** – Modelo digital de elevação (MDE) do estuário Potengi a partir de dados do SRTM combinados com a imagem Landsat 7 ETM+ para visualização topográfica da área estudada do planalto costeiro composto predominantemente nesta região por rochas da Formação Barreiras. Fonte: Vital, 2006.

Neste modelo digital de elevação (MDE), observa-se espacialmente a dimensão das rochas sedimentares da Formação Barreiras que constituem o planalto costeiro, bem como outras unidades geomorfológicas como a planície estuarina e aluvionar do rio Potengi.

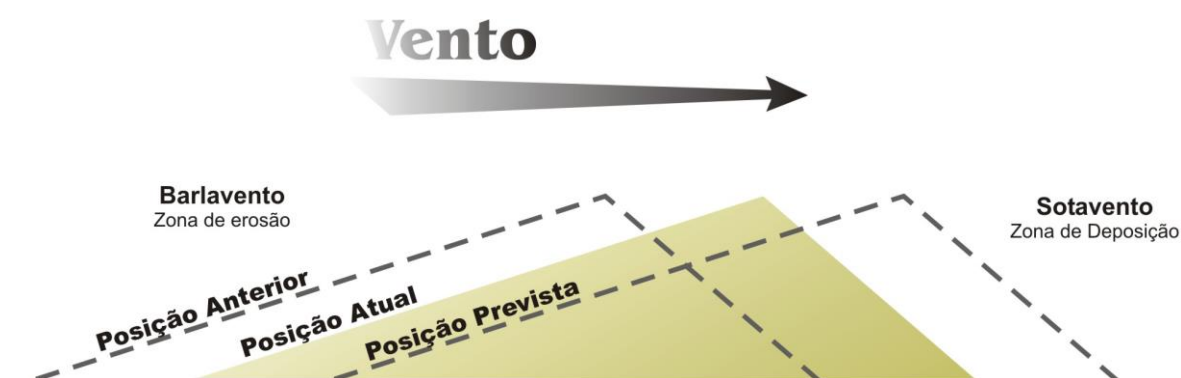
#### Coberturas quaternárias: Depósitos sedimentares recentes

- As Dunas

Característicos de sedimentos arenosos muito selecionados, de granulometria fina e média, de diversas cores (branco, amarelo ou vermelho), que aparecem na faixa litorânea cobrindo os sedimentos terciários do Grupo Barreiras.

Os estudos sedimentológicos realizados por Andrade (1968), mostram grãos predominantemente sub-arredondados de brilho fosco e valores de seleção situados entre 0,37 e 0,75 fi, que delatam sua origem eólica ou *retrabalhamento* dos sedimentos praias.

O processo de deposição dos sedimentos eólicos parecem ser resultados da expansão vertical da corrente de vento quando esta supera uma depressão topográfica fazendo com que sua velocidade decaia aumentando a turbulência fazendo com que haja a migração de campos de dunas (Figura 4), Pinheiro (2000). De forma simplificada o transporte ocorre sobre os sedimentos na face à barlavento da duna, são carreados pelos processos de transporte conhecidos (arraste, saltação e suspensão) e depositados na face sotavento.



**Figura 4** – Esquema de movimentação dos sedimentos eólicos sobre a forma de dunas. A erosão ocorre na face à barlavento e deposição na face a sotavento.

Estão morfologicamente dispostas em formas de pequenas colinas suavemente modeladas com o eixo maior paralelo a semi-paralelo segundo a orientação geral SE para NW, em virtude do intenso controle dos ventos predominantemente SE.

Na região pós-praia, próximo à praia do Forte, sobre uma feição a qual parece se um pequeno cordão de dunas com no máximo 6 metros de altura ocorre uma atividade eólica na qual atingi a Avenida da *praia* do Forte (Figura 5). No período de 9:00 às 18:30 dia 27 de outubro de 2000 foi realizado medições de vento neste local (coordenadas UTM 256651.9E e 9362367.0N), onde foi registrado direções variando de SE para ESE com velocidades na ordem de 5,8m/s com valores máximos na ordem de 7,8m/s, condições estas que se qualificam para o transporte eólico ocorrente. A temperatura ambiente variou de 25,8°C a 33,3°C.





**Figura 5** – Atuação dos ventos sobre a *praia* do Forte, atividade eólica impondo sedimentos à Avenida do Forte.

- As praias

Ocupam a porção mais externa da planície costeira, ocorrem ao longo de toda extensão da costa e são predominantemente compostas por areias quartzosas inconsolidadas, de granulometria média e grossa. e estão submetidas à ação combinada das marés, ondas e correntes de deriva litorânea.

Os estudos sedimentológicos apontam um decréscimo na faixa granulométrica que seguiu das praias de Mãe Luiza, Areia Preta com sedimentos de textura grossa e *praia* do Meio, do Forte e Redinha com granulometria médias. Esta descrição acompanha um perfil Sul para Norte. Estas caracterizações estão relacionadas com a morfologia das praias citadas. As praias do Forte e do Meio estão protegidas por uma linha de recife onde, em alguns trechos, apresentam reentrâncias que permitem a entradas de ondas proporcionando menor grau energético ao ambiente de deposição, isto em condições de maré altas. As ondas ao ultrapassarem a linha de recifes sofrem processos de difração alcançando e dando formas, à linha de costa, de arcos (Figura 6). As praias de Mãe Luiza e Areia Preta são desprotegidas em relação às outras mencionadas acima.

Morfológicamente estas praias caracterizam-se com inclinação baixa a média, de formas não estáveis e normalmente separadas por pontais rochosos de arenitos ferruginosos da Formação Barreiras.

- Os Recifes

Os recifes são compostos por arenitos de praia, comumente encontrados próximos a embocaduras na maioria dos rios do Nordeste brasileiro. Encontram-se distribuídos ao longo das praias da região de Natal, em forma de bancos alongados, paralelos à linha litorânea. Com formas assimétricas, estas formações apresentam-se em queda abrupta para a parte externa (mar aberto) e em suave declive na cara que da para o continente. O alto grau de cimentação faz com que estas rochas sejam bastante resistentes à erosão marinha, atuando como uma proteção natural às praias adjacentes.

Os recifes de Natal foram descritos inicialmente por Branner (1904), mas apenas após 1990 é que seriam datados e melhor estudados (e.g. Oliveira *et al.* 1990, Bezerra *et al.* 1998, Pereira 1999, Vieira 2005). O recife externo é mais contínuo estendendo-se por cerca de 4.5 km na *praia* do Meio e *praia* do Forte com largura entre 20-75 m, enquanto o recife interior é visível apenas na *praia* do Meio. Comparada com o recife principal, este é bem mais estreito (9-35 m largura). Os corpos de rochas de praia são subhorizontais e mergulham suavemente em direção ao mar ( $<10^\circ$ ). Oliveira *et al.* (1990) datou estas duas linhas de rochas praias pelo método do  $^{14}\text{C}$  obtendo diferentes idades para os dois cordões. O exterior, mais contínuo (BR-01 na Fig. 08b) apresentou cerca de 4.700 anos A.P. (antes do presente) e o mais interior cerca de 6.250 anos A.P. Posteriormente Bezerra *et al.* (1998, 2003) e Vieira (2006) dataram mais amostras e concluíram que estes depósitos foram formados preferencialmente entre ~ 7.460 - 4.240 anos A.P.

Segundo Oliveira (1978), os recifes estão constituídos por materiais diversos, que vão desde as areias medias e grossas aos estratos de conglomerados cimentados por matriz carbonática. Na região de Natal, a granulometria dos componentes do recife, mostra uma estreita semelhança com os sedimentos praias, constituídos por areias grossas, próprias do setor sul que derivam para as de grão médio, características do norte.

Estes corpos de arenitos de praia apresentaram uma largura média de aproximadamente 50 metros que aflora e uma espessura média de 4 metros. É



conhecido como o “Recife de Natal” e apresenta-se retilíneo e contínuo desde a *praia* dos Artistas até desembocadura do Estuário Potengi, quando é interrompido pelo rio e então ressurgir mais ao norte, em frente à *praia* da Redinha.

A origem destes recifes de arenito é ainda um tema de debate, porém é perfeitamente aceito o fato dos mesmos serem considerados paleolinhas de praias, ou seja, testemunhos de um nível do mar diferente do atual. Isso é confirmado pelas posições atuais de algumas linhas submersas e outras completamente emersas (Figura 6).



**Figura 6** – Rochas praias paralelas à linha de costa. *praia* do Meio, Natal-RN. A) vista aérea durante maré alta (10/2002); B) vista aérea das duas linhas de rochas praias durante maré baixa (11/2001); C) detalhe das estruturas sedimentares observadas. Fotos: Vital, 2006.



**Figura 7** – Formato em cúspides das *praias* do Forte e *praia* do Meio, ocasionado pelo efeito da difração das ondas incidentes que ultrapassam a linha de refices de arenito.

- Aluviões e Terraços holocênicos

Encontram-se delimitando as margens do estuário do Potengi, principalmente nas proximidades da sua desembocadura. A litologia e granulometria destes depósitos, segundo Costa (1971), variam bastante, observando-se areias mal selecionadas, cascalho com pedras de quartzo, rodadas e semi-rodadas, assim como material microclástico.

A diferenciação entre as aluviões recentes e os paleoterraços parece ser muito difícil, porém, os terraços holocênicos são constituídos por material mais grosso, devidos a um transporte mais competente dos rios, ocasionando uma intensa fase erosiva.

Costa *et al.* (1971) observou também que através dos perfis litológicos dos poços perfurados na área de Natal, a presença de terraços escalonados submergidos, produzidos pela elevação do leito do estuário, propiciados pelo predomínio dos processos de assoreamento, decorrente sobre os de erosão.

Os vários aspectos deposicionais observados nesta formação, como estratificações cruzadas, tabulares e estratificações paralelas; estratificação gradual e cíclica, juntamente com a variedade granulométrica demonstra a atuação dos mecanismos distintos, como as correntes de marés, correntes costeiras e ainda a influência eólica. Sua morfologia consiste numa superfície plana, com cotas máximas entre 4 e 6 metros acima do nível atual do mar.

- Os Mangues

A zona da desembocadura dos principais leitos fluviais está influenciada pelas interações entre as flutuações das marés e os fluxos fluviais, que controlam a presença de uma série de depósitos característicos destes meios, sendo os mais destacados os depósitos de manguezais que formam a planície de inundação. Os mangues no baixo Estuário do Rio Potengi encontram-se na maior parte na margem esquerda (Figura 8)





**Figura 8** – Exposição predominante do mangues do estuário do Rio Potengi.

Os manguezais limitam-se a zona submetida à imersão periódica pelas águas com salinidade elevada, que compõe o estuário dos rios. Nos principais rios da região, o estuário penetra para o interior até 20,0 km, com o limite de influência das águas marinhas identificado pela presença da vegetação típica de manguezal. Nesta zona, os sedimentos são predominantemente lamacentos, com porcentagens de até 85% de frações inferiores a 0,062 mm, e com um conteúdo elevado de matéria orgânica formada por folhas, restos de troncos e raízes.

Os depósitos ou formações de manguezais encontram-se bordejando todo o ambiente do estuário.

A vegetação típica do manguezal na zona se distribui ao longo do rio Jundiá até a cidade de Macaíba, no Potengi, até a localidade de Barreiros e no Rio Doce, até a estrada que une Natal com a Redinha, o que demonstra a influência das marés nestas localizações.

Estes ambientes parecem ocupar os recuos ou entradas do estuário, principalmente na sua margem direita, limitando-se, na direção do continente, com os paredões terciários da Formação Barreiras.

Os manguezais mostram variações, podendo-se distinguir três zonas. A zona inferior, geralmente coberta pelas águas com substrato de lamas, que está sempre colonizado pela *Rhizophora mangle* e a zona superior, apenas banhada pela preamar, com um substrato que apresenta um maior percentual de sedimentos arenosos e ainda, em um setor mais alto, de substrato arenoso, dificilmente alcançado pelas marés, que freqüentemente utilizam-se para a instalação de salinas. Nestas duas últimas, a vegetação muda da *Rhizophora mangle* a uma flora mais rasteira, como as gramíneas e as ciperáceas.

A origem destes depósitos ou formações está estreitamente ligada com a evolução paleográfica do ambiente do estuário, através de um complexo padrão de drenagem no passado, com três leitos fluviais que desaguaram em um seio tectonicamente rebaixado e por onde discorreram em função das flutuações do nível do mar.

O efeito das correntes das marés é muito marcado, distribuindo, segundo sua influência, a carga sedimentar existente nos bancos, ilhas arenosas ou canais de marés de uma forma semelhante aos deltas das marés.

Deste modo, se favorece o desenvolvimento de uma vegetação exuberante de "*Rhizophora mangle*", que exerce uma função fixadora dos sedimentos finos transportados pela suspensão, que avançam progressivamente e que colonizam grande parte do estuário.

A importância ecológica dos mangues é inquestionável, isto porque estão entre os principais responsáveis pela manutenção de boa parte das atividades pesqueiras das regiões tropicais. Servem de refúgio natural para reprodução e desenvolvimento assim como local para alimentação e proteção para crustáceos, moluscos e peixes de valor comercial. Além dessas funções, os manguezais ainda contribuem para a sobrevivência de aves, répteis e mamíferos, muitos deles integrando a lista de espécies ameaçadas ou em risco de extinção.

#### 4.1.2 Condições Meteorológicas

Segundo a classificação de Köppen, a região estudada está situada numa zona de transição entre os climas As' - quente e úmido, e BSh - árido quente, com predominância do tipo AS', o qual é caracterizado por uma precipitação anual irregular. A vasta extensão territorial da região Nordeste (1.540.827 km<sup>2</sup>) somada ao papel do relevo, tornam o quadro climático dessa região um dos mais complexos. Esta complexidade não traduz a extraordinária variedade climática do ponto de vista da pluviometria (Nimer, 1972).

A chuva é o elemento climático de maior significância para o Nordeste brasileiro, e como foi anteriormente mencionado, tem relação direta com a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A região nordestina é caracterizada por temperaturas elevadas ao longo do ano, e pequena amplitude térmica. No entanto, no ponto de vista pluviométrico não ocorre a mesma distribuição, ou seja, há uma forte variação sazonal no regime de chuvas da região, com uma estação seca de 7-8 meses de duração. A estação chuvosa ocorre de janeiro a abril, quando a ZCIT está em seu extremo sul, ficando o resto do ano seco e sob domínio do Centro de ação do Atlântico Sul. O fenômeno El Niño também causa uma estiagem na região nordestina.

De acordo com os dados de precipitação medidos pela Estação Climatológica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para os anos de 2001 e 2002 observa-se que esta região caracteriza-se por um regime pluviométrico mais elevado, ou seja, períodos chuvosos, que se estendem de março a abril e de junho a agosto, verificando-se em junho, o valor máximo da média mensal de chuvas para 2001 e no mês de março para o ano de 2002 (Figura 9). O volume médio anual das chuvas foi de 1278,6 e 2028,2 mm, respectivamente para os anos de 2001 e 2002 (Frazão 2003).

A precipitação é um importante fator-controle do ciclo hidrológico e, portanto, da regulação das condições ecológicas e geográficas de uma determinada região. Conforme os dados meteorológicos obtidos das médias mensais para os anos de 2001 e 2002, na Estação Climatológica Principal - UFRN, os ventos predominantes são provenientes do quadrante E (este) e os de maior frequência, são provenientes de ESE.

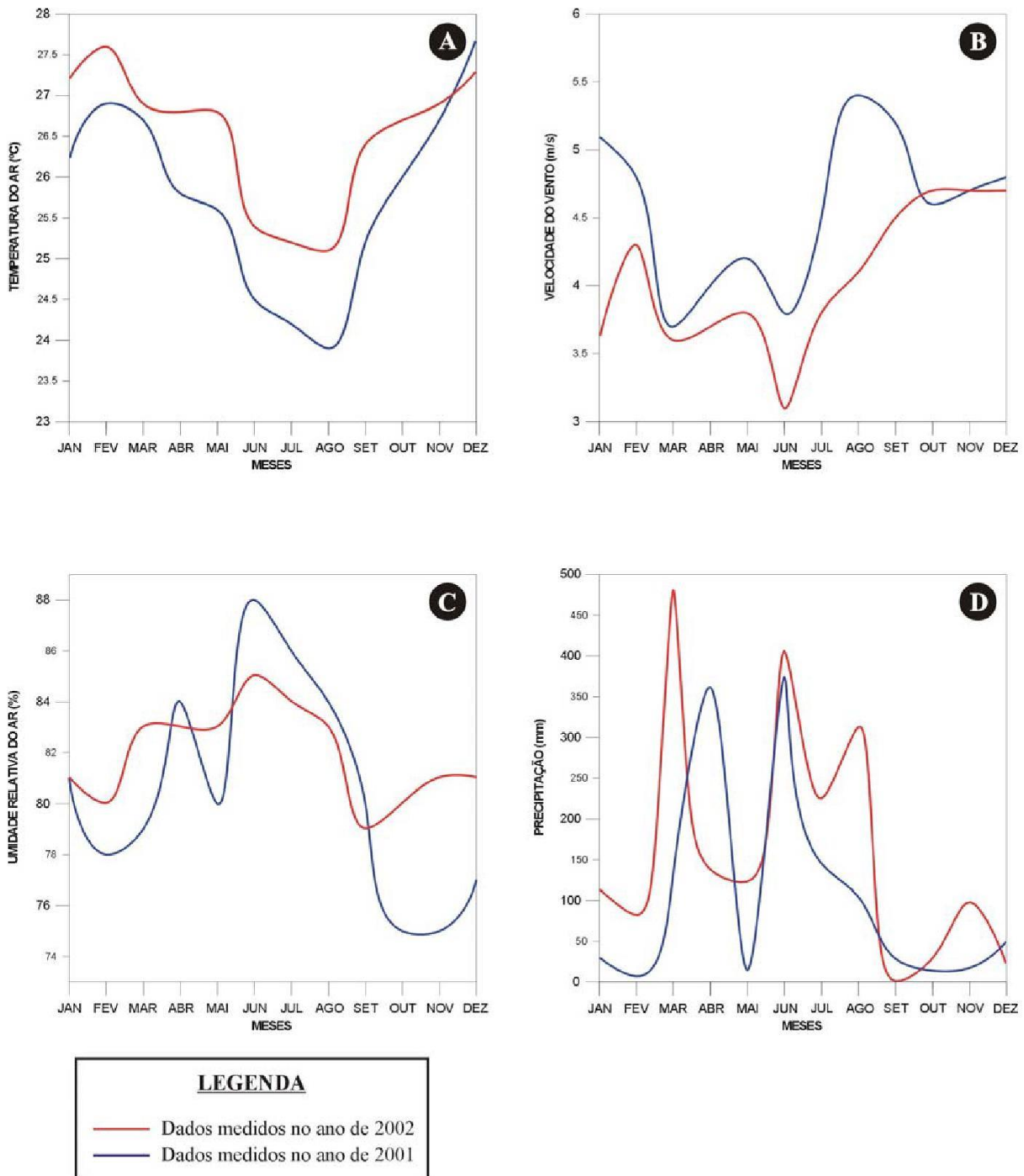
A velocidade dos ventos apresenta variações em escala de dias, semanas e também sazonal (Figura 9), com maior intensidade no período de julho a setembro para o ano de 2001 e de outubro a dezembro para 2002, atingindo respectivamente velocidades de 5,4 e 4,7 m/s e influenciando diretamente na propagação das ondas (Frazão, 2003).

Observa-se ainda, que ao longo de todo ano, prevalece uma circulação secundária de brisa marítima. Ao longo do dia, o ar aquece mais rapidamente sobre a terra do que sobre as águas costeiras, decorrendo, deste fato, o decréscimo de pressão sobre a terra e uma convergência do ar marítimo sobre a mesma. Este deslocamento de E para W constitui a brisa marítima, que se intensifica ao longo do dia, atingindo velocidades máximas do meio para o fim da tarde. Com o anoitecer, a brisa se arrefece, podendo até inverter-se, durante a madrugada, constituindo o terral de W para E (Portobrás, 1979).

Além da variação na intensidade dos ventos, a direção também apresenta uma variação sazonal. Esta variação do regime de ventos está associada à posição da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical). A ZCIT caracteriza-se por uma estreita faixa de nuvens sobre a região equatorial, para onde convergem os ventos Alísios dos dois hemisférios. A ZCIT está inserida numa região onde ocorre a interação de características marcantes atmosféricas e oceânicas. O conjunto das características associadas a ZCIT faz com que esta sofra um deslocamento norte-sul ao longo do ano, alcançando sua posição mais ao sul ( $1^{\circ}$  N) durante o mês de abril, originando ventos de E, e a sua posição mais ao norte ( $8^{\circ}$  N) durante o inverno do Hemisfério Sul, favorecendo os ventos de SE. Pode-se também inferir sobre a dependência direta da ZCIT em relação à temperatura da superfície do mar e ao aquecimento da superfície terrestre, pois ela estará sempre mais próxima do hemisfério que se encontra na época de verão. Assim, nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, a zona de máxima cobertura de nuvens, precipitação e convergência de massa localiza-se próxima do litoral norte-nordeste brasileiro.

Como podemos observar na figura 9 os ventos fortes nesta região estão associados ao maior contraste térmico entre o oceano e o continente no período menos chuvoso. A temperatura do ar na área de estudo apresenta-se elevada ao longo de todo o ano, com valores médios de  $25,8^{\circ}$  e  $26,6^{\circ}\text{C}$  para os anos de 2001 e 2002, respectivamente. Apresentando valores mínimos de  $20,3^{\circ}$  e  $23,9^{\circ}\text{C}$  e valores máximos de  $29,6^{\circ}\text{C}$  para os anos anteriormente citados.

A insolação média anual foi de 3050 e 2919 horas para os anos de 2001 e 2002 e a umidade relativa do ar apresentou valores máximos de 88 e 85%, para 2001 e 2002, entre os meses de junho a agosto (Figura 9).



**Figura 9** – Variação dos parâmetros meteorológicos. A) Temperatura do ar; B) Velocidade do vento; C) Umidade relativa e D) Precipitação ao longo dos anos 2001 a 2002 (Frazão, 2003). Fonte: Vital, 2006.



### 4.1.3 Parâmetros Oceanográficos

Os processos costeiros são o resultado da interação entre os agentes dinâmicos ou fatores impulsores (vento, ondas, correntes, marés e outros fenômenos) com a zona litoral, logo, o conhecimento dos agentes, desde o ponto de vista de sua descrição e magnitude de variação a curto e médio prazo é fundamental para a avaliação dos processos e funcionamento do sistema litorâneo.

#### 4.1.3.1 Ondas

As ondas que se observam nos oceanos são geradas pelos ventos que sopram sobre a superfície aquática. Existem ondas geradas por abalos sísmicos, os maremotos, que, embora de efeito catastrófico, são tão raras que não têm muito significado no processo costeiro.

As geradas pelos ventos atuam como importantes agentes modificadores de energia. Elas obtêm sua energia a partir dos ventos, transferem-na através da vastidão dos oceanos e a descarregam nas zonas costeiras, onde se constituem na principal causa de erosão, gerando diversos tipos de correntes e diferentes padrões de transporte de areia. As ondas significativas são geradas durante tempestades e dependem fundamentalmente da velocidade dos ventos, da duração da tempestade e do fetch, a pista sobre a qual a tempestade atua. Quanto maiores a duração e a pista, maior a quantidade de energia potencial obtida pelas ondas.

Em águas profundas, a velocidade de propagação é proporcional ao período das ondas, entretanto, quando o trem de ondas se aproxima da costa, a espessura da lâmina d'água começa a influenciar a velocidade, diminuindo-a, absorvendo energia, promovendo então, por intermédio da topografia do fundo do mar, a refração das ondas, com mudanças na direção de propagação.

Atingindo as zonas mais rasas, as ondas têm seu comprimento diminuído, em contraposição ao aumento da altura das cristas, adquirindo elevada esbeltez. Este processo avança com a diminuição da profundidade até que a onda se instabiliza e quebra a rebentação.

Os principais tipos de rebentação, segundo Galvin (1986) são: de derramamento ou deslizamento (*spilling*), mergulhante (*plunging*); ascendente (*surging*); frontal. Este

último é mais raro. O tipo de arrebentação por mergulho (plunging) e por deslizamento (spilling), dependem da esbeltez inicial da onda e da declividade da antepraia.

Como as ondas que chegam à costa têm alturas diferentes, as mais altas quebram a profundidades maiores do que as mais baixas, gerando assim o que se conhece como zona da arrebentação. Em praias de baixa declividade, depois da arrebentação, as ondas se transformam em pequenas vagas que viajam pela zona de surf até derramar-se na face da praia, a zona de espraiamento.

É nas zonas de arrebentação, surf e espraiamento, uma faixa relativamente estreita, que se dissipam as enormes quantidades de energia trazidas pela ondulação oceânica. Da quantidade de energia aí liberada função do trem das ondas e do tipo de arrebentação depende o perfil de praia e o tamanho de grão dos sedimentos praias. Quanto maior o tamanho de grão, mais íngreme o perfil praias.

Desta forma, a morfologia dos perfis de praias arenosas em uma determinada região é função do nível energético das ondas. Como consequência direta deste fenômeno, as regiões submetidas a diversos regimes de ondulação relacionados com diferentes estações do ano, inverno e verão, por exemplo, ou submetidas periodicamente a tempestades, mostram variações cíclicas no perfil de praia, através da movimentação de enormes volumes de areia. Em condições de alta energia, as ondas erodem a praia, retirando dali a areia que se deposita em bancos construídos sob a zona de arrebentação.

O processo se reverte quando, em condições de baixa energia, há um lento e paulatino transporte da areia em direção à praia, promovendo a construção das bermas que costumam aparecer na pós-praia.

### *Clima de onda na Região de Natal*

A costa brasileira pode, de uma forma geral, ser considerada como uma área calma, por não ser afetada por nenhum sistema climático capaz de gerar tormentas de grandes magnitudes. O maior sistema meteorológico que está presente no Brasil é o anticiclone do Atlântico Sul, que apresenta características estacionárias, devido a sua atuação quase permanente, e que é responsável pela formação das frentes frias que se

deslocam na direção norte. Em geral, observa-se uma redução da frequência e energia das ondas, da costa sul para a região nordeste.

Segundo Homsí (1978), que definiu as características das ondas para as regiões Sul, Sudeste e parte oriental do Nordeste do Brasil, incluindo Natal, e baseado no registro de 14 ondógrafos, as ondas com maior altura significativa ( $H_s$ ), registrada durante todo o período de estudo (1962 - 1978) e considerando todas as direções e estações do ano, foram de 4,9 m, na estação de Tramandaí (extremo sul do Brasil), no outono 1963; a segunda região que apresentou as maiores alturas é a de Macaé (Rio de Janeiro), com uma  $H_s$  máxima da ordem de 4 metros, registrada no verão de 1978. Com exceção destas duas zonas, observa-se que a característica marcante do litoral, compreendido desde Rio Doce ( $18^\circ$  de latitude sul) até Natal ( $5,9^\circ$ s), é a de alturas significativas máximas inferiores a 4 metros.

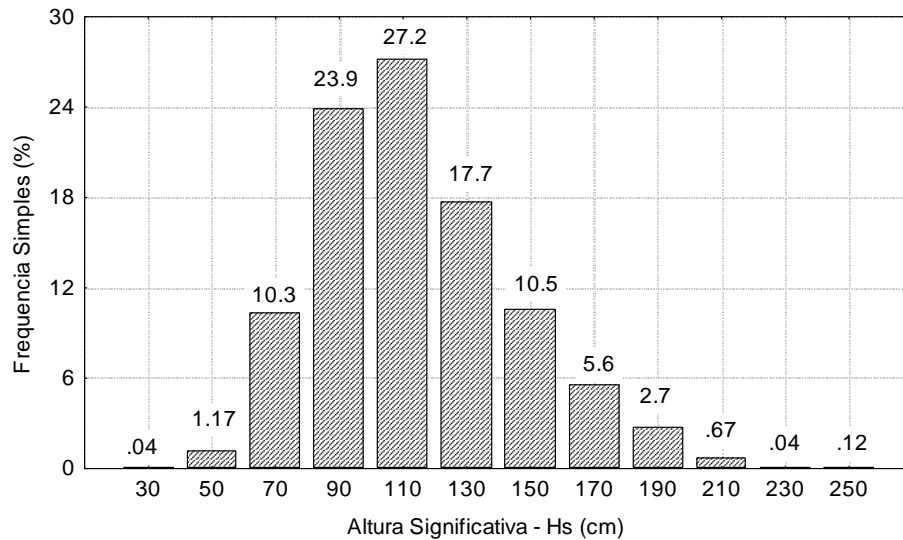
A caracterização das ondas para a região de Natal, está baseada nos registros e relatórios dos 2 anos de medidas (1977-79) das alturas das ondas, realizadas na estação ondográfica leste - Reis Magos, pelo Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH) e da HIDROCONSULT S.A. Os registros foram obtidos com um ondógrafo de pressão marca OSPOS 62-B2, fabricado pela Van Essen, instalado a uma profundidade média de 14 metros, com coordenadas ( $5^\circ 46' 05''$  de Latitude sul e  $35^\circ 11' 01''$  de Longitude oeste). Os registros foram coletados diariamente, a intervalos de 3 horas e com 15 minutos de duração. As medidas de direção das ondas foram realizadas diariamente, duas vezes ao dia, utilizando um teodolito *Wild*, a partir de pontos de referência e corrigidos para o azimute verdadeiro.

A eficiência das campanhas foi avaliada pela relação entre o número total de registros e o número de registros possíveis, o que indicou para o período analisado, um rendimento superior a 87% para as médias das alturas das ondas e 66% para as medidas de direção. O valor do rendimento obtido pode ser considerado satisfatório e representativo para este tipo de campanha.

#### *Clima de onda a Curto Prazo*

As características das ondas para o período dos dois anos mostram que a altura significativa apresenta uma distribuição homogênea, que pode ser caracterizada por uma função lognormal ou Weibull  $k=1,9$ , com altura média de 1,14 m, moda de 1,10 m e

desvio padrão de 0,21m (Figura 10). O período médio associado à altura significativa apresenta uma distribuição lognormal, com valor mais freqüente de 6,2 s, uma média de 6,4 segundos e um desvio padrão de 0,85s.



**Figura 10** – Histograma da altura significativa para o período (1977-79).

A largura espectral ( $e$ ) é utilizada como um indicador do tipo de ondulação e pode ser calculada, entre outras formas, pela relação entre o período de cristas ( $T_c$ ) e o período médio ( $T_z$ )  $e = (1 - (T_c/T_z)^2)^{0,5}$  ou por meio da esbelteza da onda definida pela relação entre  $(H_o/L_o)$ , onde são utilizados os seguintes limites: sea ( $H_o/L_o > 0,015$ ) y swell ( $H_o/L_o < 0,011$ ). Utilizando a segunda expressão para definir o tipo de ondas (Tabela I), observa-se que as ondas tipo sea, formadas por influência dos campos de vento local, apresentam uma freqüência relativa de 70%, e as ondas tipo swell, formadas em regiões mais afastada da costa, uma freqüência de 12%. O restante da porcentagem relativa (19,22 %) corresponde a ondas com características entre sea e swell, e que não pode ser diferenciada por este método (Tabela 2).

<b>Inclinação</b>	<b>Freqüência (%)</b>	<b>Esbeltez</b>	<b>Total (%)</b>
>25	<b>0,35</b>	0,0500	<b>SEA</b>
25 a 35	<b>8,92</b>	0,0400	
35 a 50	<b>16,83</b>	0,0286	
50 a 75	<b>43,01</b>	0,0200	<b>69,11</b>
75 a 100	<b>19,22</b>	0,0133	<b>19,22</b>
100 a 150	<b>9,2</b>	0,0100	<b>SWELL</b>
150 a 200	<b>1,84</b>	0,0067	
<200	<b>0,63</b>	0,0050	<b>11,67</b>

**Tabela 2** – Classificação dos tipos de ondas observadas utilizando a esbeltez (Ho/Lo).

Na Tabela 3, se representa a distribuição direcional da altura significativa e do período médio para todo o intervalo de observações, divididos por intervalos angulares de 15 graus e por trimestre. Observa-se que o clima de ondas de Natal apresenta uma forte componente Este, com a maioria das ondas distribuídas somente em três direções E, ENE e ESE.

A distribuição das alturas significativas das ondas apresenta uma série de variações anuais e direcionais, que caracterizam uma flutuação total entre 20 e 260 cm. Se observa a presença de uma alternância nas condições energéticas ao longo do ano, com um período de menor energia de dezembro a maio, alturas entre 40 e 180 cm, e um outro, de maior energia, entre junho e novembro, com alturas entre 40 e 260 cm.

Com relação à distribuição direcional, se observa que as ondas de maior energia estão relacionadas principalmente com a direção ESE e, secundariamente, com o rumo Leste. Por último, vale ressaltar que, no período de setembro a fevereiro, não foram observadas ondas provenientes de ENE. O período médio também apresenta variações anuais e direcionais, com limites anuais entre 4,8 e 10,8 segundos.

Dir.	Período	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Dez-Fev	TOTAL
ENE	Hs (cm)	40-100	120-180	-	-	40-180
	Tz (s)	<b>7,2-8,8</b>	6,4-6,8	-	-	6,4-8,8
E	Hs (cm)	20-160	40-260	60-220	40-180	20-260
	Tz (s)	4,8-10,8	4,8-8	5,2-8,4	5,2-9,2	4,8-10,8
ESE	Hs (cm)	40-160	60-220	80-260	60-180	<b>40-260</b>
	Tz (s)	5,2-10,4	4,8-8	5,2-8	5,6-7,6	4,8-10,4
TOTAL	Hs (cm)	20-160	<b>40-260</b>	<b>60-260</b>	40-180	20-260
	Tz (s)	4,8-10,8	4,8-8	5,2-8,4	5,2-9,2	4,8-10,8

**Tabela 3** – Distribuição direcional e sazonal dos limites de variação da altura significativa e do período médio.

Os valores das alturas máximas variam entre 40 e 400 cm, com uma distribuição ao longo do ano semelhante à altura significativa, onde se observa que as maiores alturas aparecem no período de setembro a novembro e associadas aos rumos ESE e E (Tabela 4).

Direção	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Dez-Fev
ENE	60-160	240-260	-	-
E	40-280	60-360	<b>80-420</b>	80-280
ESE	80-280	80-320	<b>120-400</b>	80-280

**Tabela 4** – Representação dos limites de variação das alturas máximas observadas.

Considerando a distribuição anual dos tipos de ondas, se observa um claro predomínio das ondas formadas por influência do campo de ventos local (*sea*), estando os *swells* praticamente restritos ao período de março a maio, quando estão presentes as ondas com direção ENE.

A partir das discussões anteriores e como conclusão deste item, se pode afirmar que o clima de ondas registrado no ondógrafo dos Reis Magos é principalmente do tipo *sea* e que pode ser bem caracterizado pela largura espectral.

O tipo predominante das ondas e a direção de aproximação ao longo do ano, mostra que o regime das ondas em Natal esta controlada pelos campos de ventos regionais, coincidindo com a direção e padrão de variação dos ventos alísios. Variações na altura significativa das ondas estão associadas às flutuações de velocidade dos ventos em relação ao ciclo anual. As menores alturas são encontradas no início do ano, associadas a velocidades do vento mais baixas e as maiores alturas, durante o período de junho a setembro, quando o vento sofre uma intensificação, devida à migração da zona de convergência intertropical para uma posição mais ao norte.

#### *Clima de onda a Médio Prazo*

Para a composição das distribuições de probabilidade conjunta ou diagrama de dispersão dos parâmetros característicos das ondas a médio prazo, foram utilizados os dados do *Ocean Wave Statistics*, corrigidos a partir dos dados registrados no ondógrafo de Natal, e que estão representados nas Tabela 5 e 6.

<b>Hs (cm)</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>total</b>
<b>25</b>	0,2	0,2	0,6	1,1	0,3	0,1	0,0	2,5
<b>50</b>	0,6	1,0	3,4	4,4	1,9	0,2	0,2	11,8
<b>100</b>	1,1	2,6	7,8	17,5	6,7	0,8	0,1	36,7
<b>150</b>	0,3	1,8	4,2	18,2	8,1	0,8	0,0	33,5
<b>200</b>	0,0	0,1	1,6	6,4	3,4	0,4	0,0	11,8
<b>250</b>	0,0	0,0	0,5	1,9	1,1	0,2	0,0	3,6
<b>Total</b>	2,2	5,8	18,1	49,5	21,5	2,5	0,4	100,0

**Tabela 5** – Distribuição direcional da altura significativa das ondas.

<b>Tz (s)</b>	<b>&lt; 5</b>	<b>5</b>	<b>6,5</b>	<b>8,5</b>	<b>10,5</b>	<b>12,5</b>	<b>total</b>
<b>25</b>	0,2	0,2	0,6	1,1	0,3	0,1	0,0
<b>50</b>	0,6	1,0	3,4	4,4	1,9	0,2	0,2
<b>100</b>	1,1	2,6	7,8	17,5	6,7	0,8	0,1
<b>150</b>	0,3	1,8	4,2	18,2	8,1	0,8	0,0
<b>200</b>	0,0	0,1	1,6	6,4	3,4	0,4	0,0
<b>250</b>	0,0	0,0	0,5	1,9	1,1	0,2	0,0
<b>Total</b>	2,2	5,8	18,1	49,5	21,5	2,5	0,4

**Tabela 6** – Diagrama de dispersão entre a altura significativa e o período médio.



### Correntes litorâneas e transporte de sedimentos

As ondas que chegam à praia acabam por gerar uma série de correntes, cujo padrão depende do ângulo de incidência que fazem com a linha de praia. As mais importantes são as correntes de marés, as correntes oceânicas e as geradas pela arrebentação da onda. Estas últimas são muito importantes para as praias de costas abertas, podendo ser correntes de deriva litorânea (*longshore currents*) ou correntes de retorno (*rip currents*).

Quando as ondas batem paralelamente à linha de costa, desenvolvem um padrão de circulação celular através de correntes de retorno perpendiculares à praia, por onde voltam ao mar as águas que ali se empilham continuamente.

As correntes de retorno acabam por modificar a altura das ondas na zona de arrebentação e, de acordo com Komar (1983), depois de um determinado tempo, reorganizam os sedimentos de fundo produzindo uma série de reentrâncias na linha de praia separadas pelas cúspides praias.

Quando as ondas incidem obliquamente à linha de costa, desenvolvem as correntes litorâneas, através das quais as massas d'água deslocam-se paralelamente à linha de praia. As correntes litorâneas transportam os sedimentos que foram postos em movimento pela ação das ondas ao longo de amplos trechos da costa. Este movimento de areia é denominado de deriva litorânea e constitui-se num processo significativo de transporte de sedimentos ao longo das costas arenosas.

O equilíbrio de uma praia depende da relação entre o aporte de sedimentos e a capacidade de transporte litorâneo. Se uma quantidade de areia maior que aquela que pode ser transportada pelas ondas é levada até a costa, a praia tenderá a acumular areia (por exemplo, nas proximidades de desembocaduras de rios). Caso contrário, se o aporte de sedimentos for menor, a praia será erodida. Alguns fatores externos, como mudanças do nível do mar ou a construção de obras de engenharia que interrompam o transporte litorâneo de sedimentos podem modificar sensivelmente o balanço sedimentar, conseqüentemente, o equilíbrio da praia.

#### 4.1.3.2 Maré

A maré apresenta características semi-diurnas e sua influência é sentida no interior do estuário do rio Potengi, atingindo a cidade de Macaíba, a cerca de 18 km da cidade de Natal (Hidroconsult-Hidrologia, 1978), com a variação média das marés de sizígias de cerca de 2,30m e das marés de quadratura, de cerca de 0,85m. O rio Potengi é intermitente em sua cabeceira tornando-se perene em seu baixo curso, devido à influência da maré e às restituições subterrâneas (Barros, 1984).

As correntes de maré são mais fortes nas vazantes de inverno, período este caracterizado por chuvas intensas. Normalmente, as correntes de maré nos escoamentos de vazante apresentam valores de 3,5 e 1,3 nós, respectivamente, nas marés de sizígias e de quadraturas. Por ocasião das cheias fluviais, as correntes variam de 2,3 a 4,5 nós, sendo que as de vazante são mais fortes entre o Banco das Velhas e a Baixinha. As marés de enchente geram correntes de 1,5 nós em direção ao interior do rio (Portobrás, 1979).

#### 4.1.3.3 Correntes de Maré

As correntes de marés são geradas pelo movimento oscilatório das ondas de maré, e variam principalmente com a amplitude destas. De acordo com as análises dos dados recolhidos, podemos observar que as velocidades, em condições de maré alta, apresentam valores mais elevados que na de quadratura, tanto durante a maré baixa como na alta. Assim mesmo, as velocidades máximas encontram-se na fase de maré baixa (2 a 3 horas depois da preamar) e as mínimas ao redor das estofas.

Durante a fase de maré crescente ou alta, as velocidades aumentam (ao redor das quatro horas depois da baixa-mar) mostrando outro pico não tão significativo como o observado na maré decrescente. Estes valores de velocidade máxima, tanto durante a maré crescente (75 cm/s), como na decrescente (90 cm/s), registraram-se na superfície, principalmente durante a maré alta.

Ao longo do eixo do canal, as variações são mais acentuadas que nos lugares próximos as margens. Verifica-se assim uma distribuição vertical de velocidades mais uniformes (superfície ao fundo) durante as fases de crescida de maré.

Depois, nas condições de preamar e baixa-mar, se produz uma inversão da direção, e as velocidades superficiais decrescem até conseguir valores próximos ou menores que os correspondentes aos horizontes mais profundos.

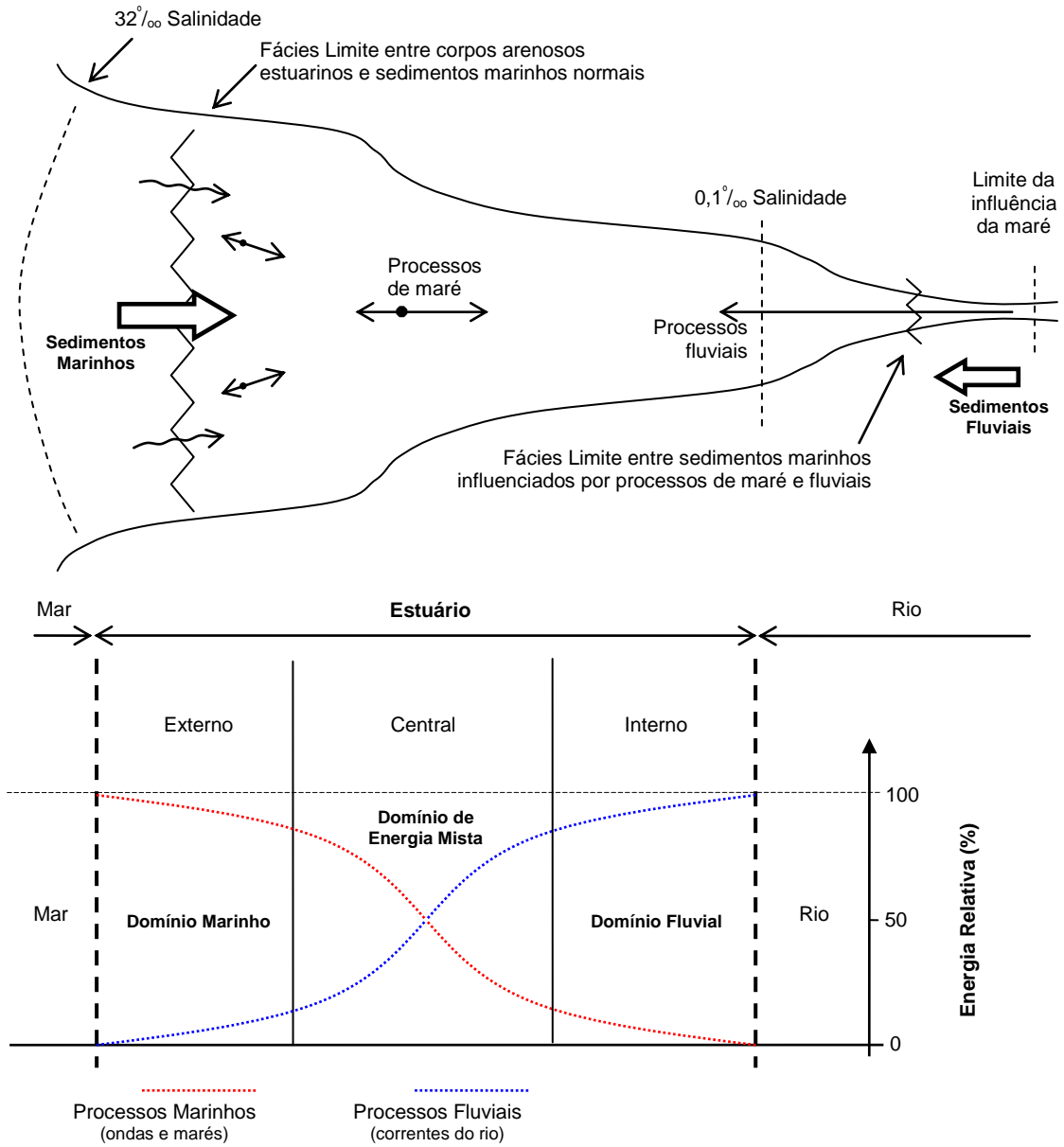
Nos anos anômalos, de intensas precipitações pluviométricas, se podem encontrar velocidades de corrente elevadas, em conjunção com o regime de inundação dos rios Potengi e Jundiáí.

#### 4.1.4 Estuário do Potengi

A fim de esclarecer todos os termos do projeto de dragagem a ser realizada no canal de acesso e na bacia de evolução do Porto de Natal, instalado atualmente no estuário do rio Potengi, aqui neste tópico defini-se Estuário, o que se faz extremamente importante para o entendimento das variações e distribuições dos elementos que o caracteriza.

Tradicionalmente, um estuário tem sido definido como sendo um corpo d'água costeiro semifechado, com livre comunicação com o mar, no qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água dos rios proveniente da drenagem continental (Pritchard, 1967). Um estuário ocuparia a área de uma desembocadura de rio onde as salinidades variam de 0,1 a 32 ‰, entretanto, alguns autores consideram que um estuário é uma zona de interação entre correntes fluviais e uma variedade de processos marinhos, incluindo as marés e ondas, bem como a intrusão salina. Então, definem um estuário como sendo a “porção em direção ao mar, de um vale afogado, que recebe sedimentos de fontes fluvial e marinha e contém fácies influenciada pelas marés ondas e processos fluviais” (Figura 11).

Os estuários são feições geologicamente recentes, certamente com menos de 15 000 anos. A elevação rápida do nível do mar constitui o principal fator para formação dos estuários, cuja vida depende da relação entre levantamento do nível do mar e razão de sedimentação. Nos últimos anos a ação do homem tem aumentado consideravelmente a taxa de sedimentação.



**Figura 11** – Representação esquemática de um estuário, de acordo com Pritchard (1967) e Dalrymple *et al.* (1992), modificado, mostrando o padrão de transporte do material sobre o fundo e a distribuição esquemática dos processos físicos que operam no estuário e a zonação faciológica das três partes, em função o grau de energia de cada domínio estuarino.

#### 4.1.4.1 Circulação e Sedimentação

A passagem de um regime fluvial para uma zona de maré dinâmica provoca modificações importantes nas condições hidrodinâmicas. Passa-se de um escoamento permanente a um movimento alternativo com períodos de imobilidade.

Devido a processos especiais de circulação, os estuários são locais privilegiados para acumulação de sedimentos. A circulação de maré é importante na formação dos canais, planícies e deltas de maré, porém é a circulação residual que determina a razão e modelos de sedimentação de muitos estuários

A mistura da água doce, proveniente do continente, com a água salgada do estuário produz condições dinâmicas que levam a descarga da água do rio para o mar.

A mistura pode ser devida à ação do rio, do vento ou da maré. Os diferentes graus e mistura das águas doces e salgada conduzem a uma seqüência de tipos de circulação estuarina. A posição ocupada pelo estuário nesta seqüência depende essencialmente da intensidade relativa dos fluxos das águas e da geometria do estuário. Mudanças em qualquer um desses fatores podem provocar alterações nos padrões de circulação estuarina e da sedimentação resultante.

Um caso extremo é o de um estuário bem estratificado, ou seja, sem nenhuma mistura e por isso chamado de estuário em cunha salina. O caso oposto é o estuário completamente misturado ou seccionalmente homogêneo. Entre os casos extremos, ocorrem os tipos parcialmente estratificados e o verticalmente homogêneo.

Os estuários variam de um tipo a outro, dependendo da intensidade das relações dos fluxos e da geometria do estuário. Enquanto a parte superior de um estuário está submetida à ação da descarga fluvial, a parte inferior sofrerá a influência das marés. Isto acarretará um movimento alternativo da massa d'água que vai crescendo de montante para jusante e, inversamente, a velocidade residual para jusante irá diminuindo de montante para jusante.

A penetração de água salgada no estuário provoca uma diluição da água fluvial que cresce de montante para jusante, além de produzir uma circulação residual nos estuários parcialmente estratificados, dirigida para montante pelo fundo e para jusante, na superfície.

A mistura das águas favorece a floculação dos sedimentos finos, tornando os estuários zonas importantes de sedimentação. Essas zonas são caracterizadas por uma concentração de material em suspensão e um déficit em oxigênio máximo, além de uma concentração elevada de poluentes e bactérias e uma fraca produção primária. A zona de turbidez máxima (ZTM), é geralmente a maior fonte de sedimentos finos em estuários e a sua localização, define a área com maior potencial de assoreamento.

Geralmente nos estuários se desenvolve um número reduzido de espécies que são adaptadas às condições variáveis do meio. Por outro lado, as zonas marginais são caracterizadas por uma importante produção primária e ao mesmo tempo podem desempenhar um papel tampão entre as fortes concentrações de poluentes e de nutrientes transitando no estuário além do papel de criadouro para numerosas espécies animais de interesse econômico.

Entre as fontes de sedimentos para os estuários, os rios são os mais importantes e também os mais afetados pela ação do homem. Entre as principais atividades que aumentam a carga de sedimento do rio estão a agricultura, a mineração e urbanização, cujos efeitos podem ser minimizados através de construção de reservatórios e outros trabalhos de proteção. Outra atividade humana que aumenta a razão de sedimentação nos estuários é o lançamento de fósforo, nitrogênio e outros nutrientes dissolvidos.

Como foi dito antes, o modelo de sedimentação no estuário é determinado principalmente pelo modelo de circulação residual da água.

Uma vez atingido o estuário, o sedimento se desloca para o local onde permanecerá, mas geralmente antes de atingir o destino final de sedimentação, ocorrem deposições temporárias. Os curtos períodos de enchente ou tempestade são os agentes mais eficientes na produção de sedimentos para o estuário, enquanto a distribuição pelo ambiente, até deposição final, ocorre por processos diários.

O deslocamento de sedimentos sobre o fundo está ligado às condições hidrológicas e, notadamente, à variação de assimetria da onda de maré devido às correntes residuais e à morfologia da embocadura.

O fenômeno essencial que rege o transporte e acumulação dos sedimentos em suspensão é a convergência das correntes residuais de fundo na parte a montante da intrusão salina. Esse fenômeno provoca a retenção e a concentração de sedimentos em suspensão, constituindo a zona de turbidez máxima (ZTM). Contrariamente ao que se pensava há algum tempo, a floculação não é o único mecanismo responsável pela existência da ZTM, porém funciona como amplificador devido ao aumento da velocidade de sedimentação que provoca.

#### 4.1.4.2 Zonação Estuarina

O estudo do meio natural mostrou que o estuário não é um conjunto homogêneo em que as características físicas, químicas, geológicas e biológicas são variáveis e devem ser levadas em conta para o estabelecimento dos princípios de ordenamento.

A análise dos diversos fenômenos estuarinos põe em evidência: (1) uma zona fluvial a montante; (2) uma zona central no limite da intrusão salina; (3) uma zona marinha a jusante submetida à influência da água salgada.

**Zona Fluvial** – à medida que se avança estuário acima, observa-se uma atenuação da corrente de maré enchente (fluxo), em relação à corrente de vazante (refluxo), para se chegar a um ponto onde há apenas a corrente fluvial dirigida para jusante. Uma partícula lançada a montante do estuário vai ter, inicialmente, um movimento dirigido para jusante até encontrar um movimento alternativo cada vez mais importante, devido às correntes de maré. Assim, uma substância depositada no início da vazante sairá mais rápido do estuário do que se tivesse sido lançada no início do fluxo (enchente).

Esta zona a montante se caracteriza por uma ativa oxigenação de certos rejeitos sendo, necessário dimensionar o lançamento desses rejeitos em função da disponibilidade do meio. Esses dados devem ser levados em conta quando da escolha da localização de um emissário.

**Zona Central** – situada no limite da intrusão salina, onde as concentrações de material em suspensão e de poluentes são máximas. É uma zona de energia relativamente baixa, onde a energia marinha, dominada pelas correntes de maré iguala àquela das correntes fluviais, provocando uma sedimentação do material fino.

O conhecimento da extensão dessa zona e de sua dinâmica é importante para escolha da localização de certas obras no estuário. A instalação de bacias portuárias nessa zona acarreta assoreamentos importantes, o que leva a dragagens constantes.

Os lançamentos de rejeitos nessa parte do estuário devem ser evitados, especialmente no verão quando o déficit em oxigênio é máximo, agravando mais ainda as condições. A parte central do estuário é um local de acumulação de poluentes além de ser a zona mais sensível a modificações físicas e químicas do ambiente.

**Zona Marinha** - compreende a zona externa de alta energia, dominada por processos marinhos, ondas e ou correntes de maré, na qual o sedimento é derivado do mar e transportado pelo fundo, em direção a terra.

A penetração da água salgada provoca uma circulação residual para jusante na superfície e, para montante pelo fundo. Isto implica que os rejeitos lançados próximo ao fundo terão um deslocamento resultante para montante, enquanto os rejeitos na superfície serão transportados para jusante.

As misturas verticais que se superpõem a esses dois esquemas fazem com que, ao fim de certo tempo, os teores em poluentes sejam máximos próximos ao fundo, a montante do ponto de lançamento do rejeito, como também, em superfície a jusante do referido ponto (Martin *et al.*, 1976).

No caso de estuário bem misturado verticalmente, a circulação residual será dirigida para jusante pela margem esquerda e para montante pela margem direita. Nesse caso, o lançamento de rejeitos deve ser feito de maneira diferente sobre as duas margens do estuário. Entretanto, não se deve esquecer que o modelo de circulação estuarina pode variar em função das condições de descarga (inverno-verão), e das marés. Essas condições devem ser levadas em conta por ocasião do lançamento de rejeito nos estuários.



#### 4.1.4.3 Batimetria do estuário do rio Potengi

De acordo com o relatório Estudo de Geologia e Geofísica Marinha no rio Potengi (Vital, 2006) cedido pela CODERN foram feitas interpretações a cerca da batimetria do estuário do rio Potengi.

As zonas de maiores profundidades se encontram junto às margens côncavas do estuário, enquanto nas margens convexas um avançado preenchimento sedimentar contribui para o crescimento lateral, em direção ao canal estuarino.

Este preenchimento está relacionado às intensas correntes de maré na zona do canal principal, que remobilizam os sedimentos erodidos nas margens opostas e formam os bancos arenosos. Estes bancos arenosos são geralmente capeados por sedimentos finos, resultando numa extensa superfície plana, emersa durante a baixa-mar.

Estas feições ocorrem no segmento meandrante e próximo à foz do estuário Potengi, sobre o qual se desenvolve a planície de inundação colonizada por mangue e gramíneas. Na parte côncava dos meandros, as margens são erosivas e na parte convexa ocorrem os depósitos de barra em pontal. Canais secundários, de dimensões bastante reduzidas em relação ao principal, são também encontrados e parecem ocorrer em resposta à atuação das correntes de marés, formando pequenos bancos longitudinais e canais conjugados. Isto é confirmado pelos seus perfis em forma de V e pelas suas associações com as saídas das gamboas onde as correntes são mais intensas, como é mostrado no bloco diagrama, próximo à confluência da gamboa do Jaguaribe com o rio Potengi (Figura. 11).

Ao longo do estuário, o comportamento morfológico se modifica caracterizando zonas distintas. A profundidade, largura e a forma dos canais mostram diferentes níveis de atuação dos mecanismos dinâmicos do ambiente.

Neste estudo, a morfologia de fundo para o estuário revelou a presença de duas zonas morfológicas distintas quanto a suas feições principais: Zona do Canal Principal e Alto Fundo do Estuário.

#### a) Zona do Canal Principal

O canal principal apresenta em média 170 metros de largura e profundidades entre 8 e 10 metros, constituindo-se claramente na continuação da linha de talvegue do rio Potengi que acompanha sua margem. Pequenas depressões, entre 9 e 11 metros de profundidade, marcam o fundo do canal. Estas depressões seguem continuamente o eixo do canal, mantendo-se numa distância que diminui progressivamente em direção à sua foz, estando provavelmente associadas a zonas de interferência de correntes em regime turbilhonar.

Um vale amplo, limitado por taludes abruptos junto às margens (Figs. 38) pode ser observado próximo à foz, onde a influência marinha é mais acentuada e no banco arenoso localizado em frente a Base Naval de Natal. Em direção ao interior do estuário, a região do canal principal de navegação vai diminuindo sua largura e adquirindo formas mais estáveis, em resposta tanto a um maior aporte sedimentar proveniente dos rios Jundiá e Potengi, quanto à menor influência das correntes de maré.

#### b) Alto Fundo Estuarino

Esta zona contorna toda a margem do rio Potengi, e pode ser definida a partir das isóbatas menores que 4m. Desta forma, os altos fundos ao longo do estuário são caracterizados pelos bancos arenosos e planícies lamosas. Quatro bancos principais destacam-se nesta zona. O primeiro banco ocorre na margem direita próximo à foz do rio Potengi, denominado de Banco das Velhas, com aproximadamente 526m de comprimento e 180m de largura (Fig. 38), apresentando um declive suave em direção ao canal principal de navegação.

Próximo à foz do rio Potengi na margem direita também ocorre à deposição de sedimentos formando um banco arenoso próximo ao espigão do 17º G.A.C, o qual foi denominado anteriormente por Frazão (2003) de Banco do 17º G.A.C. O bloco diagrama da sub-área 01 (Fig. 38), mostra em 3 dimensões o Banco do 17º G.A.C, gerado aparentemente pelo espigão com aproximadamente 120m de comprimento, construído como anteparo artificial para conter a erosão ao longo da margem. Atualmente, este espigão está provocando a acumulação de sedimentos devido as forças turbilhonares, formando o Banco do 17º G.A.C. Analisando-se os dados de direções e intensidades das correntes medidos em 2002 por Frazão (2003), observamos que o vórtice gerado pelo

espigão forma uma depressão fazendo com que os sedimentos oriundos do mar e remobilizados da praia da Redinha migrem em direção ao canal principal.

De acordo com Frazão (2003) este vórtice gera uma depressão de aproximadamente 15 metros. Estudos de correntes realizados anteriormente neste local pelo autor citado acima permite deduzir que esta depressão foi escavada pelas intensas correntes de maré, principalmente de vazante, que quando encontram o anteparo artificial geram um fluxo turbulento, formando um vórtice por detrás. O surgimento deste escoamento turbulento depende da velocidade da corrente, densidade da água e do tamanho do obstáculo.

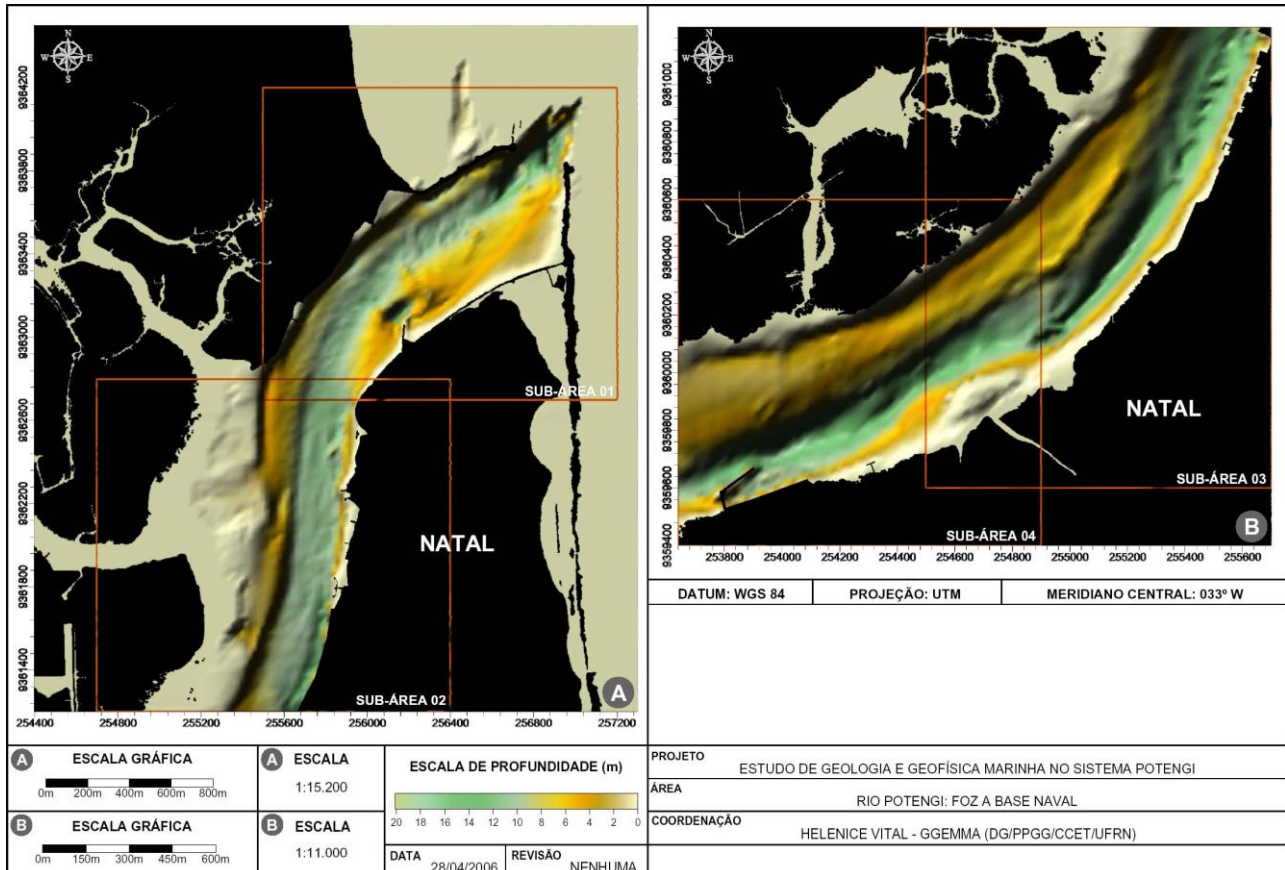
Este vórtice apresenta movimentos circulares no sentido horário, provocando a escavação da depressão em decorrência do aumento da pressão atrás do espigão e ao mesmo tempo, a redução drástica da pressão de arraste, proporcionando a remobilização de material arenoso e deposição ao redor da depressão (Figura 12). O Banco Jaguaribe, situado na sub-área 02, encontra-se na margem esquerda do estuário, na confluência da Gamboa Jaguaribe com o rio Potengi, em frente ao Porto de Natal.

Apresenta aproximadamente 800m de comprimento e 300m de largura. No bloco diagrama é possível observar a migração do banco em direção ao canal principal, reduzindo a largura do canal principal de navegação nesta região para 100m de largura.

Nas sub-áreas 03 e 04 encontra-se o Canal do Baldo, localizado na margem direita do rio Potengi. A partir do Canal do Baldo, são lançados no rio Potengi dejetos “in natura”. Os dejetos acumulam-se na saída deste canal, provocando o assoreamento do canal principal de navegação. Na margem esquerda, em frente ao canal, ocorre sedimentação natural, sendo esta a continuação do Banco da Base. Desta forma, a intensa contribuição de material sólido proveniente dos dejetos do esgoto da Cidade de Natal e do assoreamento provocado pela obra de urbanização da comunidade Passo da Pátria, localizada na margem direita, associada à sedimentação natural na margem esquerda, tende a assorear e preencher a zona do canal principal.

O último e maior banco observado acompanha a margem esquerda do estuário localizado em frente à Base Naval, denominado por Frazão (2003) de Banco da Base.

Apresenta cerca de 2 km de comprimento por 350m de largura, com forma semicircular, localizado no segmento meandrante do estuário. A formação do banco, provavelmente, é consequência da diminuição da energia das correntes de maré. Análise granulométrica realizada neste banco por Frazão (2003) indica que o mesmo é capeado por sedimentos arenosos.



**Figura 12** – Mapa batimétrico do estuário dentro da área de movimentação de embarcações. Fonte: Vital, 2006

#### 4.1.4.4 Qualidade da Água

##### Salinidade

A distribuição da salinidade num estuário está em função, principalmente, das oscilações das marés, da morfologia do estuário, dos aportes de água doce, da evaporação e das precipitações pluviométricas. No estuário do Potengi, as condições naturais caracterizadas pelas irrelevantes contribuições fluviais, declives suaves (pendentes suaves) e uma relativa estabilidade salina, favorecem, durante todo o ano, a penetração salina até os 20 Km no braço direito do estuário – o do rio Jundiáí – e de 15

Km no braço esquerdo do rio Potengi. A influência de quantidades suficientes de água doce que diluam significativamente a massa de água salgada permite que esta estenda seus limites de infiltração com elevados valores salinos.

A variação anual da salinidade se caracterizou por uma estação seca prolongada, com chuvas ocasionais. Mesmo assim, segundo os dados do Projeto “Camarão”, obtidos na zona inferior do estuário, durante o ano de 1976, se advertiu uma variação sazonal com porcentagens mínimas de salinidade superficial durante o mês de junho, que representa a estação chuvosa, com médias em torno aos 29,5 ‰. No período de estiagem, em dezembro, se encontraram valores médios de aproximadamente 34,50 ‰.

A distribuição horizontal da salinidade é definida através da interpretação dos gráficos de distribuição horizontal, a salinidade é dada pelas oscilações da maré, dentro do estuário, estando seus valores mais elevados associados às alturas máximas das marés (preamar) e vice-versa.

Com exceção das proximidades da saída do estuário, todas as demais mostram um intervalo aproximadamente constante, com valores máximos de salinidade, aproximadamente na preamar (2 horas antes e 2 horas depois), limitados pelos dois picos mais altos da velocidade das correntes.

Segundo a distribuição longitudinal observamos uma diminuição, ainda não muito acentuada, dos valores salinos à montante do rio. Esta diferença é mais verificada em condições de maré de quadratura, o que permite subdividi-la em zonas diferenciadas, segundo seu gradiente longitudinal.

A primeira zona caracterizada por uma distribuição quase constante, se estende desde a fóz até uma faixa de 3 Km, a montante do rio, e é onde se encontra a área de movimentação do porto de Natal. Esta zona representa os lugares de domínio claramente marinho e apresenta valores que oscilam entre 33 ‰, durante a baixamar, e 35 ‰ durante a preamar. Durante as condições de maré alta, esta zona mostra uma tendência à prolongar-se para o interior do estuário.

Uma segunda zona inicia-se ao final da primeira zona prolongando-se mas 7,5 km. Apresenta como característica básica, um moderado gradiente salino, com valores que oscilam entre 33,5 ‰ e 29 ‰, na quadratura e de 33 ‰ a 28 ‰, na maré alta,

aproximadamente. No que se refere ao braço esquerdo do estuário do Potengi, esta segunda zona limita-se ao intervalo entre as estações 03 e 04, sobre uma faixa de 4,5 Km. Por causa da sua menor extensão, esta zona apresenta uma oscilação de 33,5 ‰ a 31 ‰, na maré alta e de 32 ‰ a 30,5 ‰, na quadratura, aproximadamente. E ainda que mostra valores salinos elevados, se constitui como uma zona estuarina intermediária.

A terceira zona de salinidade do estuário se prolonga pelo rio Jundiá, desde a Estação 05 até a Estação 06, limite interno do ambiente estuarino, sobre uma extensão de quase 8,5 Km, e mostra um gradiente salino bastante acentuado. Este gradiente mostra, em ambas condições de maré, valores de 28 ‰ e 29 ‰ até 12 ‰ na preamar e 3 ‰ durante a baixamar.

A terceira zona se estende 6,5 km desde o final da segunda zona. Da mesma forma que no outro braço estuarino, mostrando um acentuado gradiente salino, com valores que declinam de uma média de 30 ‰, na Estação 04 a valores de aproximadamente 25 ‰, durante a preamar e de 6 ‰, na baixamar, em ambas condições de maré.

A existência de uma zona de gradiente salino bastante acentuado se explica fundamentalmente pela perda de potência na intrusão salina, em função do aumento da pendente na zona superior do estuário e do refluxo destas águas salgadas durante a baixamar, mais que pela dissolução propiciada pela presença de quantidades satisfatórias de água doce. Isto se confirma pelas marcantes diferenças entre os valores salinos mínimos e os volumes de água referidos nas fases de preamar e baixamar.

As diferenças morfológicas entre os braços direito e esquerdo do estuário favorecem uma maior penetração da salinidade na primeira zona, já que este apresenta uma maior largura, canais mais profundos e uma pendente menos acentuada.

Outro fator a considerar é o caráter permanente da descarga do rio Potengi em ralação ao Jundiá, o que também dificulta a penetração salina.

A distribuição vertical da salinidade mostra a ausência de um gradiente salino marcado, o que indica o domínio absoluto da intrusão salina. Próximo à foz do estuário verifica-se, tanto na maré de quadratura como na maré alta, um perfil constante da

superfície ao fundo, com valores superiores durante a preamar, que diminuem progressivamente durante a baixamar.

Nas outras estações distribuídas por toda a extensão do estuário, observamos, principalmente na condição de quadratura, uma ligeira tendência para mostrar um pequeno gradiente salino, com valores que crescem mais da metade, em direção ao fundo. Estes pequenos gradientes salinos aparecem ocasionalmente durante a preamar (antes e depois) ao longo do estuário, com uma variação de aproximadamente 1 ‰.

### Temperatura

O comportamento térmico das águas do estuário é determinado pela temperatura das águas fluviais, do fluxo de água salgada, das condições meteorológicas e da profundidade do estuário. Segundo Lira e outros (1978), outro fator que contribui à variação térmica das águas estuarinas é a presença de manguezais nas margens do estuário. Estes manguezais, com sedimentos de lamas de coloração escura, ficam expostos aos raios solares durante a fase de baixamar e absorvem uma grande quantidade de calor que cede às águas durante a maré de enchente.

De acordo com os estudos do autor citado anteriormente, o menor volume de água presente no estuário durante a baixamar, determina também uma variação da temperatura, já que o calor procedente da insolação se dissipa numa lâmina menor de água.

No estuário do Potengi, o predomínio total da penetração salina e as condições meteorológicas bastante estáveis parecem ser responsáveis pela grande homogeneidade térmica das suas águas. Em anos marcados por uma variação sazonal, segundo dados do projeto “Camarão” (1976), a temperatura da água na superfície apresentou valores mais baixos referentes ao mês de junho, na estação chuvosa, com valores médios ao redor dos 26,5° C e temperaturas mais elevadas em dezembro, com médias em torno aos 29° C.

O aquecimento diurno da água se produz de forma muito lenta devido ao elevado calor específico da mesma, propiciam variações diárias pouco significativas, com temperaturas mais altas ao final da tarde, início da noite.

As fases de condições diferentes das marés são também responsáveis pelas diferenças térmicas, com valores mais altos na fase de maré crescente e em condições de quadratura, no qual se apresenta uma lâmina de água menor.

Os valores discutidos por Cunha (2004), na distribuição horizontal da temperatura no estuário, mostram pequenas variações que refletem uma marcante estabilidade que, de modo geral, evidencia um sistema circulatório contínuo apesar das diferenças de profundidade.

Na zona de domínio nitidamente marinho, a temperatura se mostra constante em ambas condições de maré, crescendo em direção à cabeceira com uma amplitude média ao redor de 0,7° C.

Segundo os gráficos de distribuição vertical dos parâmetros ambientais, verifica-se que a temperatura tende a decrescer em direção ao fundo, principalmente nas estações mais interiores, de menor profundidade. Este gradiente térmico se torna mais visível durante a fase enchente de uma maré de quadratura, com variações quase nulas.

### Transparência

Os valores de transparência variam muito segundo o lugar, que oscila desde uns poucos centímetros a mais de 56 m do mar. Em áreas estuarinas, estes valores geralmente não são elevados, devido à grande quantidade de material em suspensão existente, assim como também pela turbulência provocada pelas correntes de maré. No estuário do Potengi, a distribuição da transparência possui uma relação direta com as oscilações da maré, com valores que aumentam como consequência da subida, decrescendo com a fase de vazante da maré.

A transparência não mostrou variações notórias nas diferentes condições da maré alta e de quadratura. Os valores mais elevados de transparência se encontram na zona de domínio nitidamente marinho, que variam em torno aos 2,80 m durante a preamar, e a 1,00 m, na baixamar, decrescendo em direção à cabeceira, a valores ao redor de 1,90 m, na preamar, e de 0,80 m, na baixamar.



### Oxigênio Dissolvido

A maioria dos organismos vivos necessita de energia para suprir suas necessidades metabólicas. Esta energia é obtida pela oxidação da matéria orgânica, mediante o consumo de oxigênio. Por outro lado, parte do oxigênio dissolvido na água provém da atmosfera, onde a capacidade d'água para absorver o oxigênio depende da temperatura e da salinidade e somente uma pequeníssima quantidade reage com a água.

O teor de oxigênio dissolvido é considerado um parâmetro *não conservativo* da água do mar. Atua como um traçador das massas de água e é um indicador sensível para os processos biológicos na água do mar.

A concentração de oxigênio na água do mar pode variar de valores mínimos até 12,1 mg/L, com um valor médio entre 1,4 e 8,6 mg/L. Os maiores valores ocorrem na superfície, onde o oxigênio dissolvido tende a se equilibrar com o oxigênio atmosférico. Rápidas taxas fotossintéticas podem, algumas vezes, produzir supersaturação.

Em pesquisas desenvolvidas pelo Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFRN em 1999, foram observadas pequenas variações entre as amostragens, de um mínimo de 5,52mg/l e um máximo de 6,48mg/l. Não se observou um padrão de distribuição das concentrações de oxigênio dissolvido entre as amostras, não havendo também correlação com outras variáveis estudadas como temperatura e o pH. De qualquer forma, as encontradas podem ser consideradas na faixa normal para áreas estuarinas (Cunha, 2004).

### Distribuição do pH (Potencial Hidrogeniônico)

A água pura possui a capacidade de dissociar-se formando íons  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$ . Por convenção, o íon hidrônico é designado pelo símbolo  $\text{H}^+$ . As concentrações dos íons  $\text{H}^+$  são, geralmente, pequenas nas águas naturais, sendo expressas como potências negativas de 10. Para facilitar o cálculo, tais concentrações são expressas em logaritmo. Quando a concentração de  $\text{H}^+$  é maior do que a concentração de  $\text{OH}^-$ , a solução é denominada de ácida. Ao contrário, a solução é básica.

Dependendo do enfoque, o pH pode constituir-se numa das variáveis mais importantes e também numa das mais difíceis de interpretação. Esta dificuldade se deve ao número de fatores que podem influenciá-lo. Na água do mar, o equilíbrio entre os

componentes do sistema de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é controlado pelo pH. Os íons  $\text{H}^+$  originados da dissociação do ácido carbônico influenciam o pH. Este equilíbrio pode ser afetado por dois fatores biológicos: respiração e fotossíntese.

O pH da água do mar se mantém normalmente entre 7,5 e 8,4. Os valores mais altos são encontrados na superfície, onde o  $\text{CO}_2$  é utilizado pela atividade fotossintética. É difícil distinguir efeitos específicos do pH sobre a vida aquática, daqueles que resultam de outros fatores que afetam os organismos e que também têm uma expressão no pH.

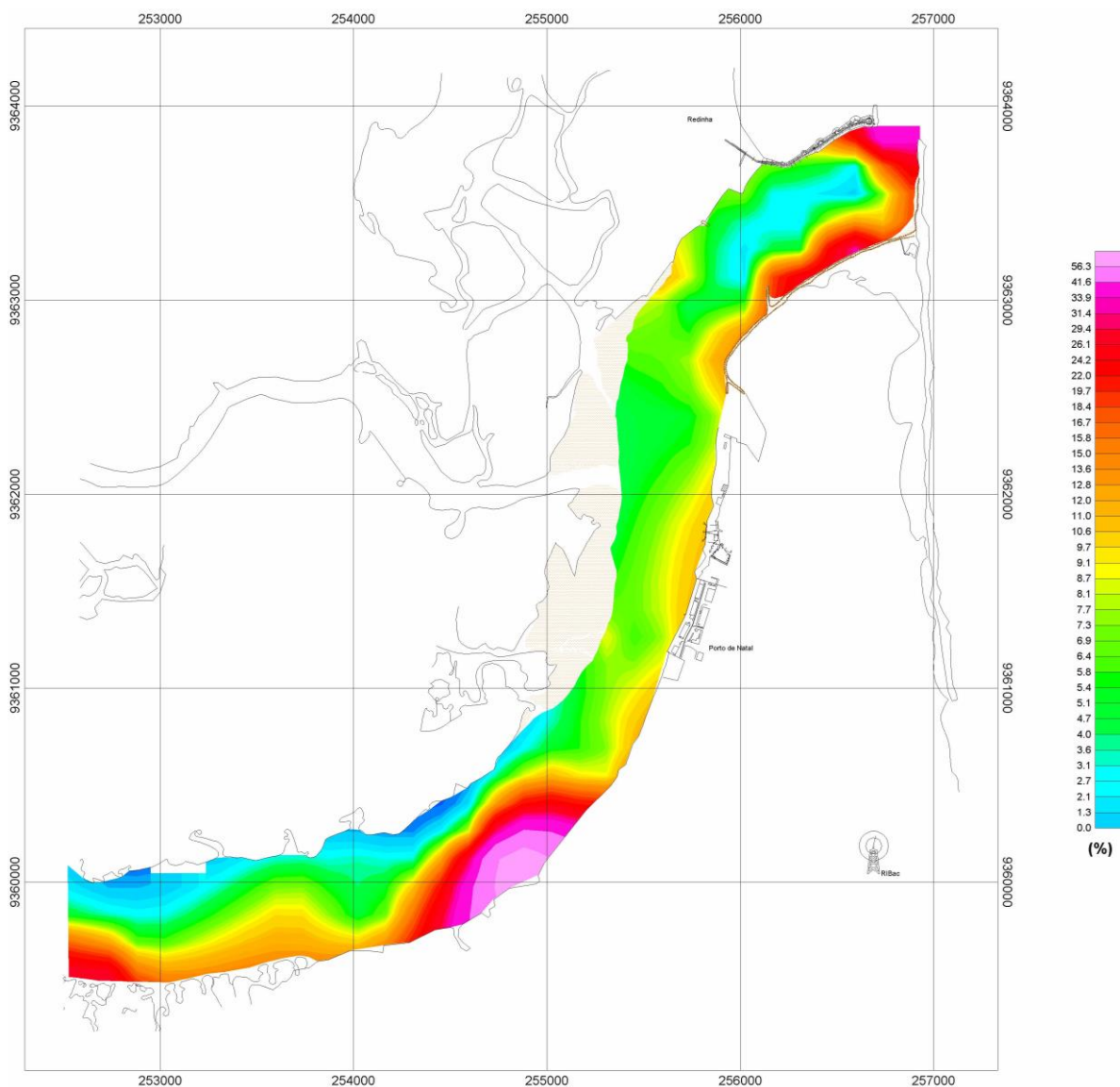
No estuário do Rio Potengi, a pequena variação média apresentada entre as cinco amostragens (7,9 e 8,1) realizadas sistematicamente no ano de 1999, pode ser considerada dentro da faixa normal para águas estuarinas de alta salinidade.

Na distribuição anual, o pH mostrou valores algo superiores nos meses referidos ao período de estiagem.

#### 4.1.4.5 Caracterização dos Sedimentos

##### Distribuição dos teores de Carbonato de Cálcio

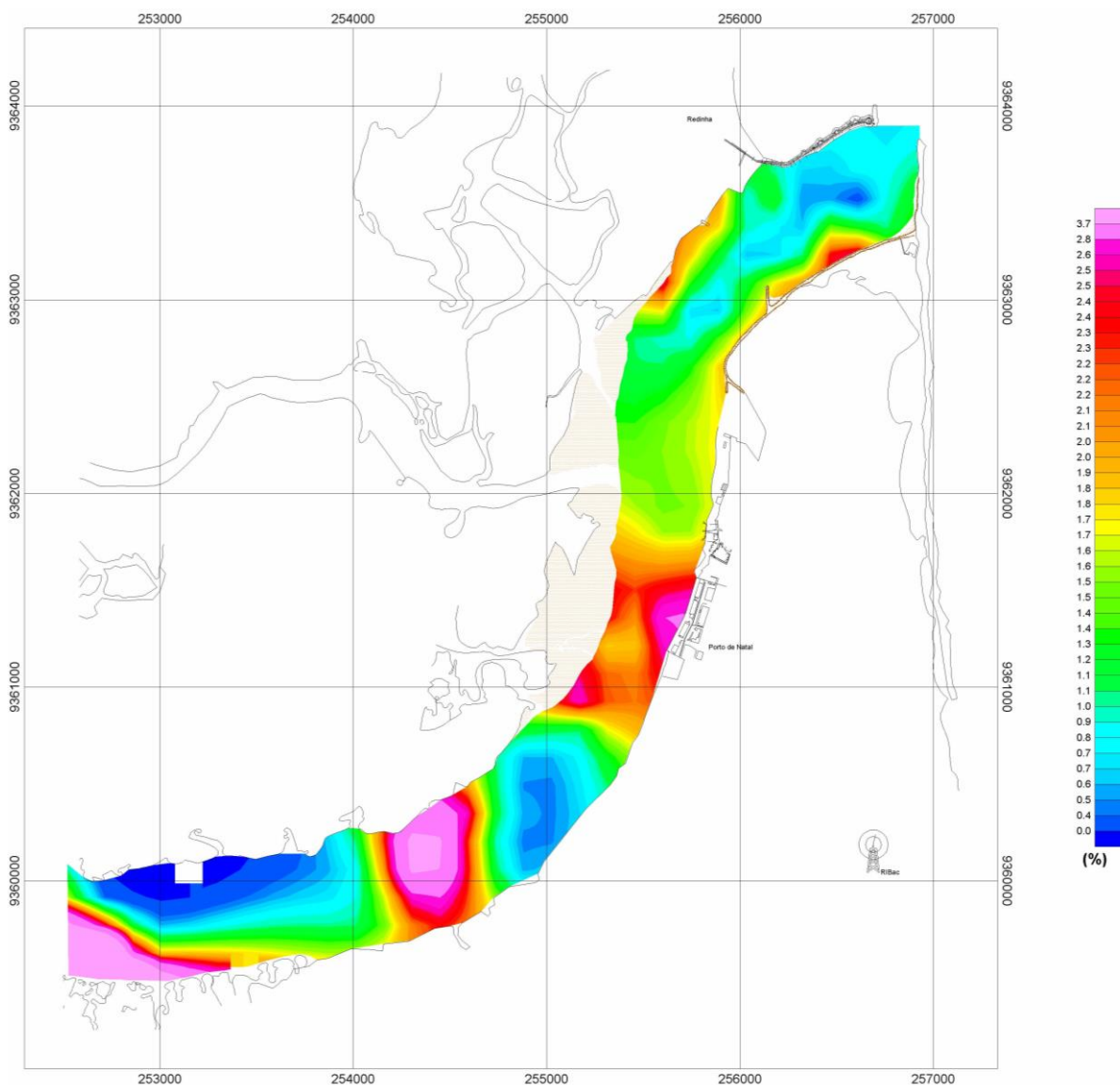
Os maiores teores de carbonato de cálcio estão distribuídos ao longo da área de estudo principalmente na margem direita do rio e estão associados a presença de fragmentos de conchas ou a fragmentos dos recifes. Os valores se apresentaram entre a faixa de 80,0% a 0,5% com a média calculada de 10,05% (Figura 13). A presença marcante dos carbonatos são indicadores da grande influência marinha sobre o rio Potengi.



**Figura 13 –** Variação de teores de carbonato de cálcio.

### Distribuição dos teores de Matéria Orgânica

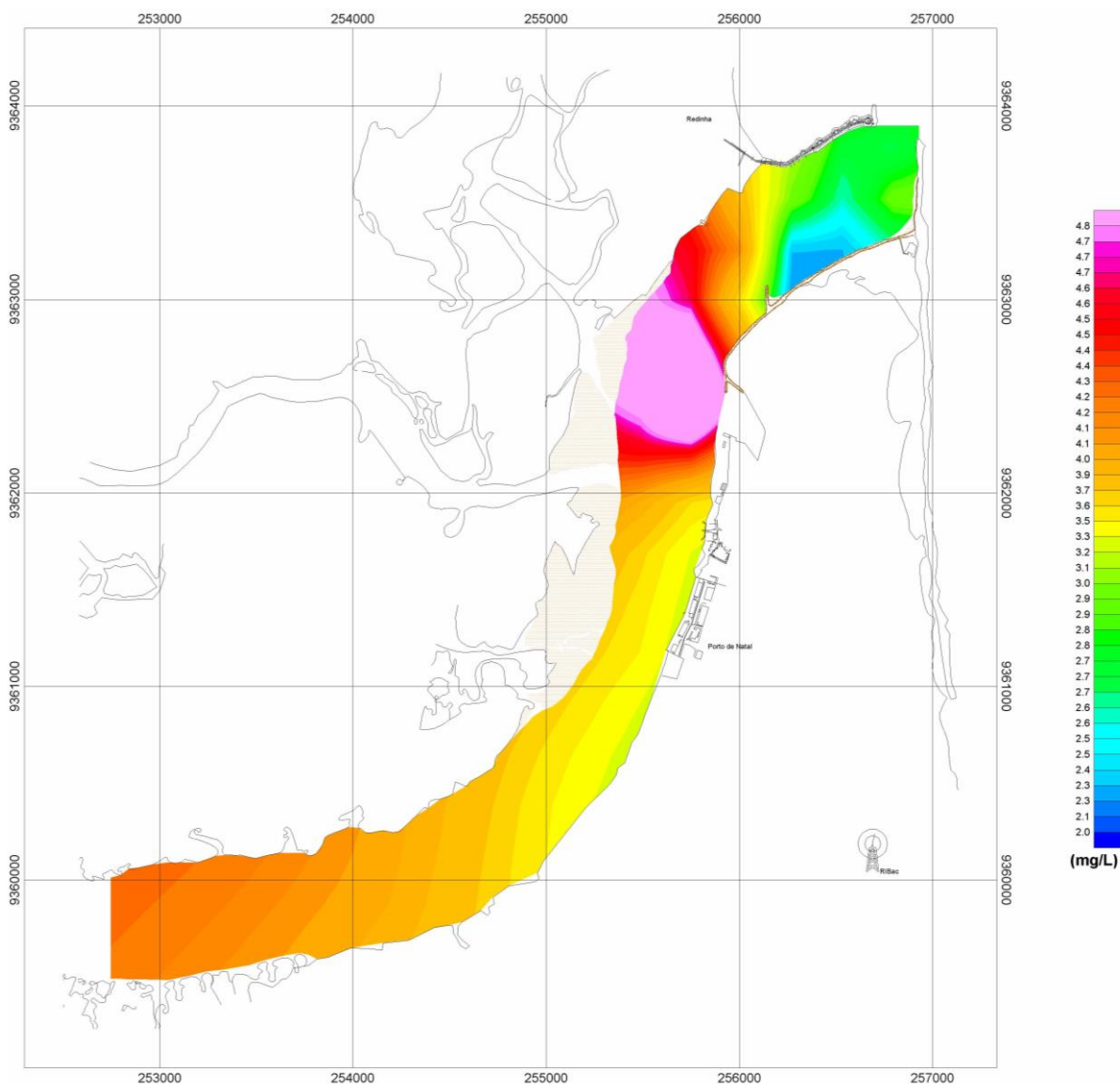
Sobre as mesmas amostras, as análises dos teores de matéria orgânica constataram uma variação dentro de valores mínimos até 4,95%, com valores medianos de 1,65%, o valor anômalo máximo resultou em 13 %, sedimentos oriundos do mangue, característico de ambientes com alta produtividade primária. Os valores aqui expressos caracterizam sedimentos de origem mineral onde há um enriquecimento por decomposição da matéria orgânica de origens proximais ou efluentes domésticos. A anomalia está ligada pode estar ligada a sedimentos de origem organogênica (Figura 14).



**Figura 14 –** Variação de teores de Matéria Orgânica.

### Distribuição dos teores de Material em Suspensão

As variações dos teores de material em suspensão correspondem a um grupo de 27 amostras de águas coletadas nas partes superficiais no estuário do rio Potengi, espalhadas ao longo da área. Seus valores compreendem a faixa de 5,2 a 1,5 mg.L<sup>-1</sup> com valores medianos de 3,56 mg.L<sup>-1</sup>. O conjunto dos dados apresentou um valor anômalo de 9 mg.L<sup>-1</sup>, decorrente das manobras de grandes embarcações em condições de marés baixas (Figura 15).

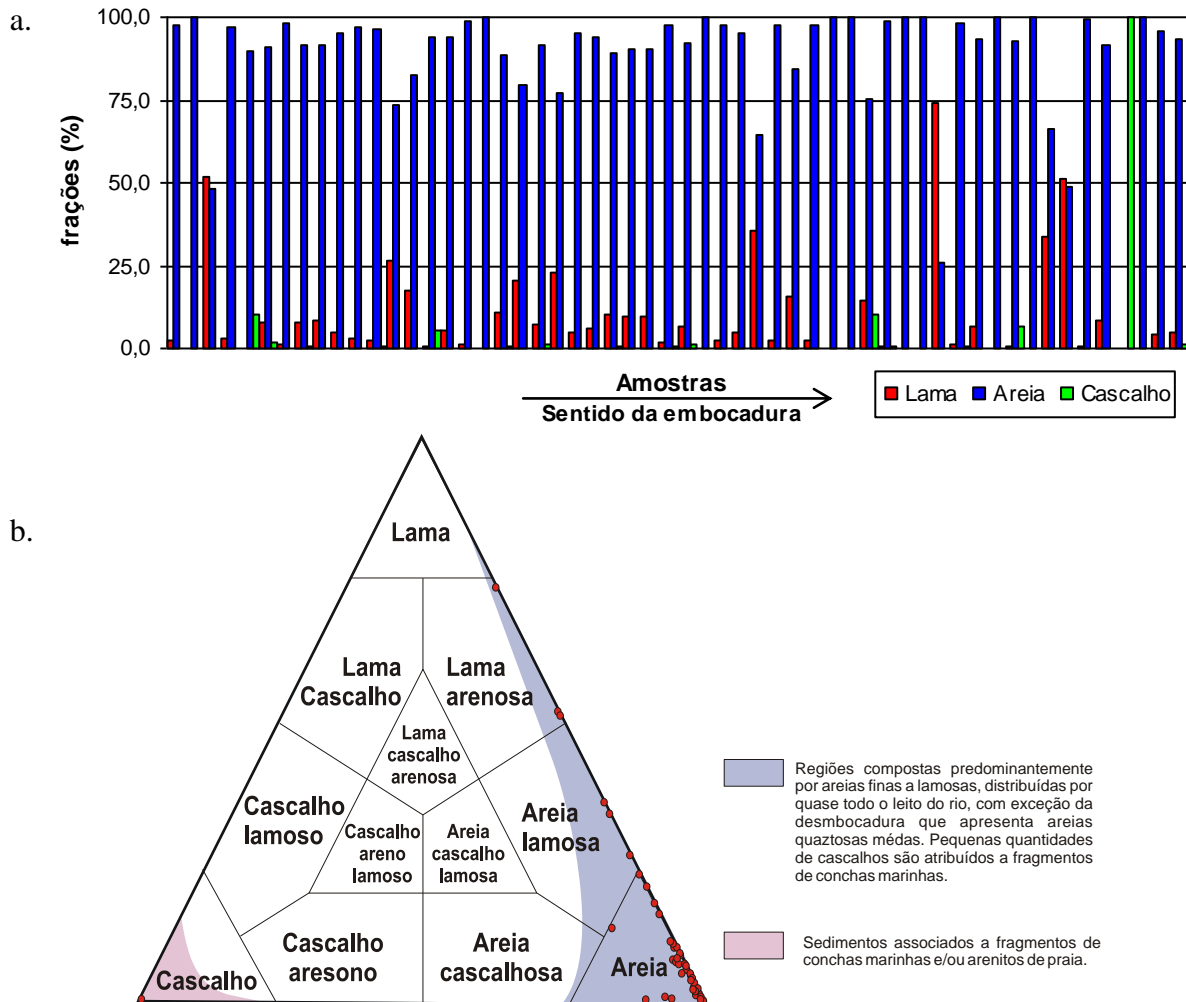


**Figura 15 –** Variação de teores de Material em Suspensão.

### Distribuição Sedimentológica

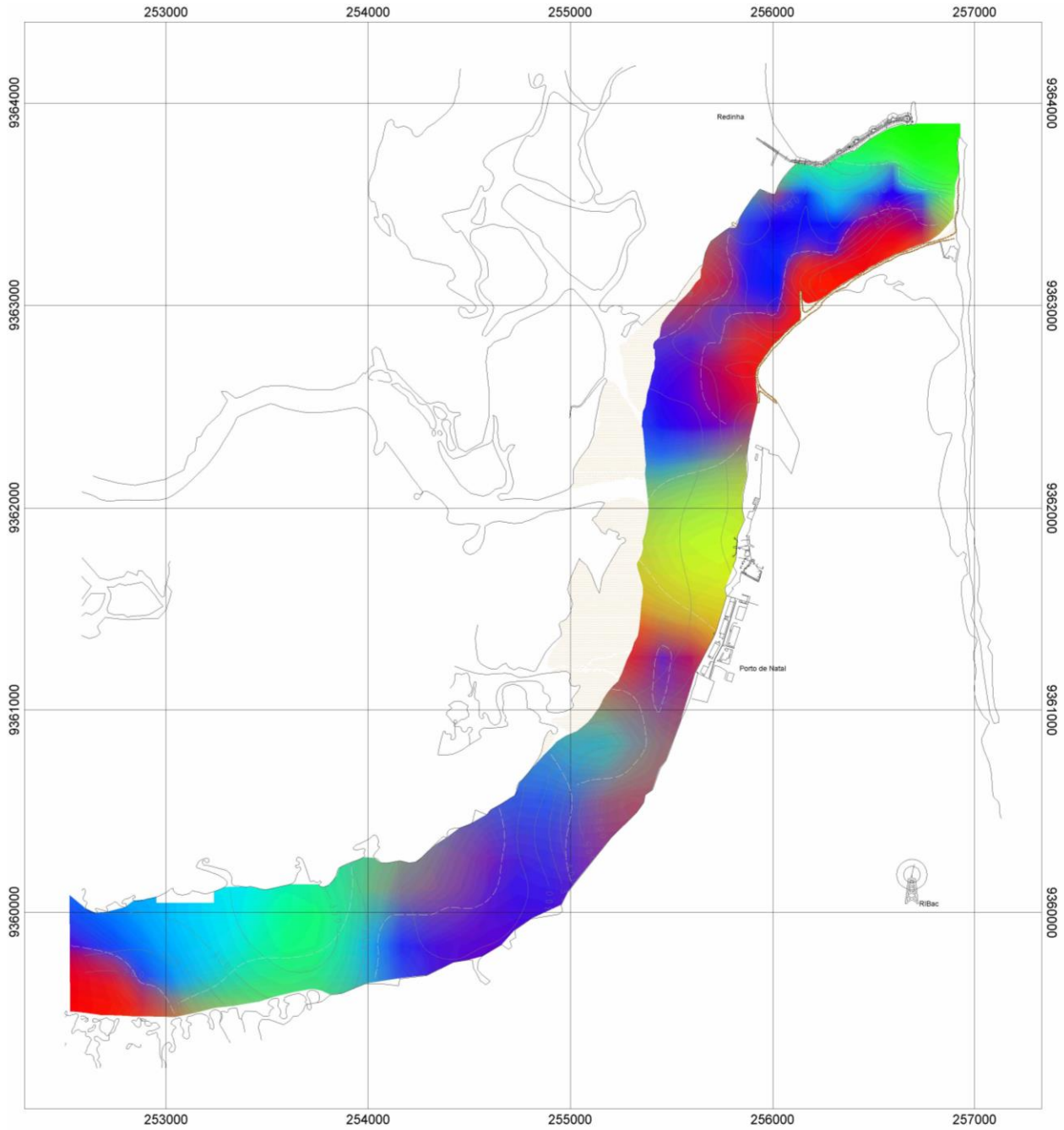
Baseado na classificação do diagrama triangular dos sedimentos clásticos (Shepard, *et al.* 1954) e nos estudos realizados por Cunha (2004) foram identificadas quatro classes: Cascalho, Areia, Areia Lamosa e Lama arenosa. Os sedimentos revelaram teores de lama variando entre 0,20% a 74,25% com média de 9,27%, para areia os valores estão entre 25,75% a 100,00% com média de 88,17% e cascalho com valores dentro da faixa de 0,00% a 10,34% e média de 0,77%. Apenas uma amostra coletada na saída do estuário, entre a linha de recifes e o guia corrente, foi classificada com 100% de cascalho, um fragmento do arenito recifal.

Esta distribuição dos valores nos leva a qualificar os sedimentos do Estuário Potengi com predominantemente arenosos com domínios de lama somente nas margens próximas a manguezais e zonas de baixa energia, cascalhos associados principalmente a fragmentos de conchas marinhas, podendo estar também relacionados à fragmentação dos recifes presentes nas proximidades da embocadura do rio (Figura 16 a e b).



**Figura 16** – (a) Relação entre os teores (em porcentagem) de lama, areia e cascalho. (b) Distribuição das classes sedimentares presentes. Predomínio da fração arenosa sobre toda a áreas estudada ao longo do Rio Potengi até o mar (Cunha, 2004).

As considerações sobre a distribuição sedimentológica podem ser observadas no mapa de distribuição dos sedimentos (Figura 17) onde as classes texturais estão representadas por uma composição ternária do tipo RBG, sobre esta está delineada as subdivisões de Shepard (1954).



Composição Ternária RBG e Diagrama Triangular de Shepard



**Figura 17** – Variação granulométrica dos sedimentos do estuário do rio Potengi, sobre a área de influencia direta.

Foram coletadas recentemente (agosto de 2006) 5 amostras sedimentológicas sobre a área a ser dragada (Figura 18) para uma caracterização qualitativa da qualidade e granulometria dos sedimentos do canal de acesso e bacia de evolução. As amostras foram coletadas e processadas de acordo com as normas da Resolução Conama 344/2004, que sistematiza as atividades laboratoriais referentes aos indicadores ambientais nos sedimentos, para monitoramento de dragagens. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Minerais Solos e Água do departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, para as análises de metais pesados, chumbo, cádmio, cobre, cromo, níquel e zinco. E para análise sedimentologia foram utilizadas as estruturas do laboratório de Geologia e Geofísica Marina – LGGM do departamento de Geologia, também da UFPE.

As disposições das amostras podem ser observadas na figura 18, onde é possível descrever o seguinte comportamento:

Os sedimentos são essencialmente arenosos, com grande parte classificada por areias médias a finas.

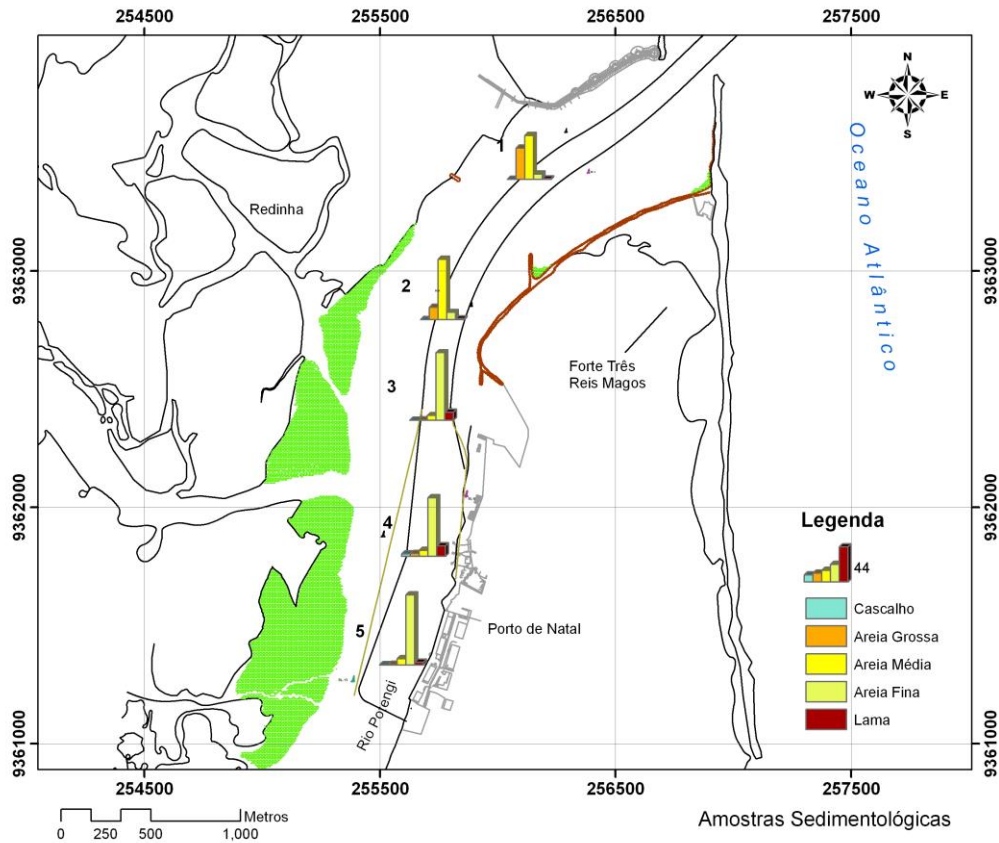
As amostras 1 e 2 caracterizam um tipo comum de sedimento de granulometria média a grossa, com ausência de lama. São muito semelhantes as areias das praias adjacentes, as frações de cascalho são relativas a presença de conchas, com cor acinzentada que denota um ambiente redutor.

As amostras 3, 4 e 5 caracterizam outro grupo de sedimentos. São mais finos de coloração cinza o que reflete na influência das margens, colonizadas por mangues, na sedimentação. Os teores de lama não ultrapassam os valores de 15%.

X	Y	nome	Cascalho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Lama
256133	9363388	1	0	38.78	54.26	6.44	0.52
255765	9362794	2	0	15.34	74.7	8.91	1.05
255720	9362368	3	0	0.402	5.9	83.81	9.89
255685	9361792	4	3	3.63	7.32	72.87	13.18
255592	9361332	5	0.51	1	7.85	87.06	3.58

**Tabela 07** – Variação dos valores granulométricos das amostras coletadas no leito do rio Potengi sobre a área do empreendimento. Todos os valores estão expressos em pontos percentuais. As coordenadas estão em WGS 84, Zona 25 Sul, UTM.





**Figura 18** – Localização relativa das amostras sedimentológicas, com seus histogramas de distribuição granulométrica. Das amostras 1 e 2 para as 3, 4 e 5 percebe-se a variação da predominância de areias médias às finas. E a mudança de cascalho para lama.

As análises de metais pesados foram realizadas através da metodologia do manual *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* aplicado a solos, da 20ª edição *American Public Health Association* do ano de 1995. E foram obtidos os seguintes valores (tabela 08):

Elementos	Am 1	Am 2	Am 3	Am 4	Am 5
Pb	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Cd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Cu	164,96	136,46	78,98	104,71	104,29
Cr	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
<b>Ni</b>	<b>61,3</b>	<b>84,57</b>	<b>64,91</b>	<b>76,8</b>	<b>61,06</b>
Zn	54,96	44,99	139,33	67,61	77,87

Nd – Não detectado pelo método

**Tabela 08** – Valores de metais pesados encontrados nas amostras coletadas no rio Potengi (localização ver figura 18).

Os valores encontrados nessas amostras então dentro ou muito abaixo dos limites definidos pela Resolução Conama N° 344/2004, com exceção do elemento Ni, que apresentou em todas as amostras valores acima do tolerado. E estão sobre uma média de 69,73 mg/kg entre 61,06 e 84,57mg/kg e o limite para sedimentos coletadas em águas salinas ou salobras em nível 4 é de 51,6 mg/kg. A presença elevada de níquel pode indicar a presença de atividades industriais que utilizam o processo de hidrogenização ou indústrias têxteis que usam níquel ou o sulfato de níquel.

É importante realizar uma amostra do tipo testemunho ou coletar amostras durante as dragagens para observar o comportamento deste metal ao longo da profundidade do pacote sedimentar.

## 4.2 MEIO BIOLÓGICO

### 4.2.1 Vegetação

A vegetação predominante na área é do tipo restinga, a qual recobre as dunas e vegetação de mangue, ambas em avançado estado de degradação antrópica.

As dunas mais recentes de caráter móvel, não apresentam cobertura vegetal. As mais antigas apresentam-se parcialmente ou totalmente cobertas por vegetação, que ora é herbácea, escassa e rasteira. Espécies do gênero *Anacardium* (cajuero) e *Ficus* (gameleira) aparecem entre as predominantes nas encostas das dunas. Encontram-se também gramíneas dos gêneros *Elionurus*, *Andropogon*, *Briza* e *Imperata*, ciperáceas, papilionáceas e algumas compostas, todas rasteiras, bem como espécies de *Remirea* marítima e *Spartina* sp consideradas como fixadoras de dunas.

O Planalto Costeiro, disposto nas superfícies aplainadas dos sedimentos terciários, é constituído de dois estratos: um arbustivo e outro herbáceo. O estrato herbáceo é composto quase totalmente de gramíneas dispostas em moitas, destacando-se os gêneros *Aristida* e *Andropogon*. O arbustivo arbóreo apresenta pequenas árvores e arbustos distribuídos esparsamente, destacando-se as espécies *Curatella* americana (lixreira) *Byrsonima cydoniaefolia* (murici do tabuleiro) *Duratea fieldingiana* (batiputa), *Hancornia speciosa* (mangabeira) *Anacardium occidentale* (cajuero) *Hirtella ciliata* (canoé) e *Miconia* sp.

A floresta de manguezal, com uma área de aproximadamente 862 ha no estuário Potengi, possui uma composição florística semelhante aos demais manguezais do Rio Grande do Norte, onde três das principais espécies de árvores são encontradas: a *Rhizophora mangle* (mangue vermelho ou mangue sapateiro) com uma grande predominância (cerca de 63% ou 546 ha), a *Laguncularia racemosa* (mangue branco ou mangue manso) e a *Avicennia germinans* (mangue preto) que se situam nas partes mais interiores do estuário (SEPLAN/RN 1986).

#### 4.2.2 Comunidade Bentônica

Considerando que a referida área sofrerá a implementação de um projeto de recuperação, onde necessariamente se farão intervenções antrópicas que causarão alterações ambientais, muitas das quais irreversíveis, é de fundamental importância se caracterizar e avaliar o comportamento ambiental da fauna e flora contida, a sua biocenose, bem como as relações ecológicas atualmente desenvolvidas.

Essas praias têm uma extensão de aproximadamente 1,2 km de comprimento com uma faixa entre marés (faixa intertidal) constituída de áreas com substrato arenoso. A composição da fauna bentônica da faixa entre marés das referidas praias, varia, portanto, em função da localização dentro da mesma e do tipo de substrato.

A faixa intertidal de praias como Redinha, Redinha Nova e Santa Rita pode ser dividida em três zonas principais: supralitoral, mesolitoral e infralitoral. A zona do supralitoral é a área acima da marca da maré alta que recebe os respingos e o vapor das ondas. Nesta zona vivem apenas os organismos que podem tolerar longos períodos de exposição ao ar e precisam somente serem molhados ocasionalmente (ex. moluscos - *Littorina ziczac*, *Brachidontes exustus* – que se fixam através do bisus; crustáceo – *Ligia* exótica vulgarmente chamada de barata-da-praia as quais são encontradas geralmente correndo entre as rochas, cracas – cirripedeos pertencentes aos gêneros *Chthamalus* e *Tetraclita*, que são fixas ao substrato por suas carapaças de carbonetos de cálcio em forma de cone). A zona do mesolitoral é a área realmente entre marés, passando parte do ciclo diário submerso e parte emerso e apresentando uma maior quantidade de organismos adaptados a viver nestas condições (ex. celenterado – *Actinia* sp conhecida por anêmona-do-mar; molusco – *Thais haemastoma* comumente chamada de búzio). A zona do infralitoral é a área limite das marés de sizígia, ficando descoberta somente nas

marés mais baixas. Os organismos que habitam esta zona estão geralmente mais adaptados a vida marinha. Após o infralitoral, ou seja abaixo da faixa entre marés, aparece a área subtidal que é um ambiente realmente marinho.

As faixas com substrato rochoso das praias de Redinha Nova e Genipabú equivalem a praias rochosas que abrigam uma flora e fauna muito mais ricas do que as praias com areia. Muitos animais intertidais podem tolerar a subida e descida da água e o bater das ondas, quando conseguem fixar-se firmemente a um substrato estável. Existe um zoneamento distinto de algas e vários tipos de animais entre a marca da maré baixa e a zona de respingo supratidal. Num ambiente rochoso é característico o aparecimento de poças de marés. Estas poças são um microcosmo da vida marinha encontrado na faixa intertidal e facilmente acessíveis quando a maré está baixa. Os três principais fatores que causam variações entre estas poças são: localização desta poça na praia, o grau de exposição às ondas e as dimensões e formato da poça.

Organismos vivendo em uma poça mais alta em relação à praia vão sofrer um período maior de exposição, estando assim sujeitos a uma maior dessecação. Se a poça for muito rasa, os organismos vão sofrer com o aumento da temperatura e conseqüentemente com a falta de oxigênio. Estas poças são colonizadas por organismos sésseis e vágeis, que podem ser permanentes ou apenas usar as poças como refúgios quando a maré está baixa.

As faixas de areia destas praias de Redinha Nova e Genipabú, apresentam as características típicas de praias arenosas expostas, que se distinguem por apresentar substrato instável, com ausência de vegetação macroscópica fixa intertidal. Estas praias constituem-se num sistema dinâmico, no qual a variabilidade das condições ambientais é uma constante. No que se refere à fauna, as praias arenosas expostas são caracterizadas por apresentarem um pequeno número de espécies com alto grau de mobilidade e adaptadas à variação dos fatores abióticos.

Além disso, em praias de alta energia como as praias da Redinha e Redinha Nova, onde as ondas batem nos fundos instáveis de areia, geralmente poucos organismos especializados conseguem se estabelecer. A costa arenosa está sujeita a todos os extremos da costa rochosa mais à inconveniência de um substrato em constantes

mudanças. Como consequência, nas praias arenosas a maioria dos animais cava o substrato, acima ou abaixo da linha d'água.

A distribuição dos organismos na zona intertidal não está condicionada apenas a um parâmetro ambiental, mais sim, pelo seu conjunto cuja importância relativa de cada um pode variar espacial ou sazonalmente e entre organismos. Neste caso, para se entender e interpretar a distribuição da biota, nesta zona, é necessário uma análise detalhada do papel exercido por cada um dos fatores atuantes. Os fatores ambientais mais considerados na interpretação da zonação desses organismos são: topografia, marés, natureza do substrato, salinidade, temperatura, oxigênio, umidade, luminosidade e fatores biológicos como predação e competição.

De modo geral, esta zona é considerada como uma zona estressante na qual os organismos estão sujeitos a condições de transição entre a terra e o mar. Como o substrato é um dos fatores limitantes para a existência dessa biota, a fauna e a flora podem ser caracterizadas como de substrato duro e de substrato móveis.

O objetivo deste estudo foi caracterizar qualitativamente e quantitativamente a macrofauna bentônica das praias de Redinha, Redinha Nova e Santa Rita e relacionar a variação na composição da mesma com as características sedimentológicas de cada área. Avaliar a impactação do ambiente em consequência da construção do quebra-mar, estando apresentado na forma de uma caracterização genérica dos ecossistemas marinhos e uma caracterização pontual desenvolvida em decorrência dos trabalhos de campo.

Compõem o bentos aqueles organismos que vivem associados ao fundo, podendo estar fixos aos substratos duros (ex.: algas, esponjas, hidrozoários, corais, briozoários, moluscos, equinodermos), enterrados nos sedimentos (ex.: moluscos, anelídeos poliquetos), locomovendo-se sobre o fundo dos oceanos (ex.: moluscos, crustáceos, equinodermos) ou mesmo associados entre uns e outros (animais sobre algas, animais sobre animais). Dessa maneira, o tipo de substrato afeta diretamente a distribuição dos organismos que compõem a comunidade bentônica. Devido às características sedentárias dos bentos, sua utilização para o estudo das influências antropogênicas na biota tem sido bastante difundida.

As macroalgas são os vegetais mais característicos da flora bentônica marinha, podendo, em algumas áreas dividir o espaço com espécies de fanerogamas. As macroalgas desempenham um importante papel ao serem as responsáveis pela introdução da energia no ecossistema, através da fotossíntese. Encontram-se, em sua maioria, aderidas a substratos duros ou recifes de arenito na área em questão. Além disso, servem como abrigo ou substrato para inúmeras espécies de pequenos animais, como briozoários, pequenos moluscos e crustáceos. As macroalgas também estão incluídas entre os recursos bióticos de importância econômica destes ambientes, fazendo parte dos produtos da pauta de exportação e da Indústria do Estado, especialmente as Rhodophyta (algas vermelhas). A procura de algas vem aumentando e a coleta indiscriminada poderá prejudicar o repovoamento natural. Dentre as espécies mais procuradas estão as pertencentes ao gênero *Hypnea* e *Gracilaria*, usada para a obtenção de colóides, principalmente ágar-ágar e carrageneno, usados pelas indústrias farmacêuticas, alimentícias e de cosméticos como emulsificantes, geleificantes e estabilizantes de diversos produtos. Com as mesmas finalidades, extraem-se de *Sargassum* alginas e alginatos, usados na pastelaria, produtos lácteos, cosméticos e de pinturas. A fauna é bastante diversificada, abrigando, praticamente, representantes de todos os grupos animais.

Os representantes da flora são todos sésseis ou fixos e os da fauna podem ter várias relações com o substrato. Na epifauna, os animais que vivem sobre o substrato, podem ser fixos, como a maioria das esponjas, as cracas, as ostras e as ascídeas, ou móveis. Entre os móveis, há os que têm movimentos limitados, como as anêmonas (movimentos pivotantes), os moluscos poliplacóforos e os gastrópodos pateliformes (que vivem aderidos), os animais com movimentos livres sobre o substrato, como os siris, os caranguejos, a maioria dos gastrópodos, os poliquetas errantes, e os natantes como os peixes e algumas lesmas marinhas ou lebres-do-mar. Na infauna, os animais que vivem dentro do substrato (duro ou móveis). Alguns perfuram substrato duro, como os bivalves litófagos e os teredenídeos (turu) que perfuram substrato de madeira, outros enterram-se em fundos móveis, como a maioria dos bivalves e poliquetas, ou ocupam locas ou frestas já existentes no substrato duro, como é o caso do polvo, ouriços e peixes moreiformes.

#### 4.2.2.1 Substrato Duro

Nas praias da Redinha, Redinha Nova e Foz do Potengi o substrato duro é representado por linhas de beachrocks, enquanto que na praia de Santa Rita são encontrados arenitos ferruginosos do grupo Barreiras, ou seja, resto de antigas falésias.

As pedras nesta região são cobertas por muitas algas, como por exemplo: *Ulva* sp, *Padina* sp, *Gracilaria* sp, *Caulerpa* sp, *Hipnea* sp, além das algas são encontradas nas rochas alguns animais incrustantes como celenterados antozoários (*Palythoa* sp, anêmonas), celenterados hidrozoários (*Thyroscyphus ramosus*, *Cytia* sp.) e muitas esponjas. Os moluscos observados na área rochosa foram: *Acmaea subrugosa* (chapeuzinho-chinês), *Crassostrea rhizophorae* (ostra), *Fissurela rosea*, (pateliforme) *Littorina ziczac* (buzinho), *Tegula viridula* (buzio) *Thais haemastoma*, *Aplysia dactylomela*, (lesma-do-mar ou lebre-do-mar) e *Octopus vulgaris* (polvo). Os crustáceos encontrados foram os seguintes: *Ligia exotica* vulgarmente chamada de barata-da-praia, lagosta (*Panulirus argus*), caranguejo (*Pachygrapsus transversus*), cracas e, sobre as algas, muitos antípodos.

Destaca-se na fauna das poças a presença de peixes que mostram uma série de adaptações aos espaços encontrados neste ambiente, inclusive na forma do corpo. Em geral, estão caracterizados por seu pequeno tamanho, dimorfismo sexual e territorial. As famílias mais representativas são *Muraenidae*, *Ophichthidae*, *Gobiidae*. Sendo encontrado com maior frequência os peixes conhecidos como soldadinho (*Abdefduro* sp). Na região do infralitoral na areia foi observado o equinodermo irregular conhecido como bolacha-da-praia (*Mellita quinquesperforata*). O equinóide *Mellita quinquesperforata* pertence a família *Mellitidae*. Os equinóides irregulares estão adaptados para cavarem através de substratos moles ou inconsolidados. Os diminutos espinhos na carapaça são úteis na locomoção, na escavação e também ajudam a manter o sedimento afastado da superfície do corpo. A forma muito achatada da bolacha-da-praia é provavelmente uma adaptação a escavações rasas. Os equinóides irregulares são comedores de depósitos. Os pés ambulacrários são utilizados para a coleta de alimento (ouriços cordiformes) ou transporte de alimento (bolachas-da-praia). Um predador desta espécie é o molusco gastrópodo *Cassis tuberosa* muito comum no nordeste brasileiro. Para perfurar a bolacha-da-praia (*Mellita quinquesperforata*) o gastrópodo *Cassis tuberosa* utiliza ácido sulfúrico que ele mesmo produz nas glândulas salivares.

Dentre estes organismos encontramos alguns que têm uma importância econômica como por exemplo as algas (*Gracilaria* sp, usada para obtenção de colóides, principalmente ágar-ágar) os moluscos (*Crassostrea rhizophorae*) – ostra, utilizada na alimentação humana, as conchas de *Crassostrea rhizophorae* são utilizadas nas rações para a alimentação de aves e são também usadas como corretivo de solo, as conchas de *Tegula viridula* são utilizadas para a fabricação de botões, bijouterias, a espécie *Thais haemastoma* é utilizada como indicador de poluição por metal pesado, o polvo *Octopus vulgaris* utilizado na alimentação humana e a lebre-do-mar *Aplysia dactylomena* está sendo muito procurada para estudos bioquímicos e os crustáceos, como a lagosta, são muito solicitadas na cozinha nordestina.

#### 4.2.2.2 Substrato Móvel - Arenoso

As praias arenosas apresentam substrato instável. Estas praias constituem-se num sistema dinâmico, no qual a variabilidade das condições ambientais é uma constante. No que se refere à fauna, as praias arenosas expostas são caracterizadas por apresentarem um pequeno número de espécies com alto grau de mobilidade e adaptadas à contínua variação dos fatores abióticos.

Em praias de alta energia (zona estressante) geralmente poucos organismos conseguem se estabelecer (ex.: molusco – *Donax striatus* conhecidos vulgarmente por taíoba ou tarioba, *Hastula cinerea*; crustáceo – *Emerita* sp conhecidos vulgarmente como tatuí ou baratinha-da-praia. A espécie *Donax striatus* é um molusco bivalve que vive enterrado na areia e suporta a praia com grande hidrodinamismo, onde o animal sobe e desce com as marés. Os animais dessa espécie alimentam-se de matéria em suspensão.

O molusco gastrópodo *Hastula cinerea* é um predador voraz de poliquetas onde utiliza para a predação sua rádula em forma de “arpão” que injeta uma peçonha, a qual é produzida nas glândulas salivares especiais. O crustáceo tatuí (*Emerita* sp) pertence a família Hippidae e é um indicador de praias arenosas bastante dinâmicas. As espécies do gênero *Emerita* são geralmente encontradas em regiões tropicais e subtropicais. Os tatuís possuem as antenas modificadas para se alimentar de matéria em suspensão na água. Uma característica notável é que estas antenas, quando estendidas são quase do tamanho do corpo do animal, e podem ser enroladas para dentro da cavidade bucal quando o animal faz migração com as ondas batendo na praia.



A costa arenosa está sujeita a todos os extremos da costa rochosa mais à inconveniência de um substrato em constantes mudanças (móvel). Como consequência, nas praias arenosas, a maioria dos animais vive cavando o substrato, acima ou abaixo da linha d'água, constituindo a endofauna dividida em microfauna e macrofauna (Smidt, 1951). A microfauna tem sido definida como animais que passam através de uma peneira de 1mm de diâmetro (Smidt, 1951), possuindo hábitos alimentares variados (filtradores, carnívoros, herbívoros). Enquanto que a macrofauna é constituída por todos os organismos que possuem diâmetro superior a 1mm (Smidt, 1951).

Os principais representantes da macrofauna são os moluscos, os crustáceos e os poliquetas. Os grupos mais representativos da microfauna são os protozoários, os crustáceos e os nematódes, estes últimos sendo encontrados até 2 cm dentro do substrato. Os estágios jovens de alguns membros da macrofauna podem temporariamente tornar-se membros da microfauna.

Como a flora macrofita é menos abundante neste tipo de substrato, os animais estão mais associados entre si e relacionados com as condições abióticas do ambiente, o que facilita uma análise ecológica do ambiente onde estes animais muitas vezes são utilizados como bioindicadores em áreas de grande ação antrópica como, por exemplo, os poliquetas.

#### 4.2.2.3 Substrato Móvel – Lama

Embora o substrato de lama seja muito rico em termos nutritivos, a dificuldade de locomoção em função da estrutura mole que caracteriza sua própria natureza, dificulta sua colonização. Os animais filtradores também têm suas dificuldades, pois o depósito de silte e de argila sufocariam tais organismos.

A lama rica em matéria orgânica pode conter uma grande quantidade de bactérias e outros microorganismos que por sua vez utilizam o oxigênio disponível para as suas funções vitais (oxidações) desta maneira deixando este ambiente pobre em oxigênio. As bactérias podem ainda liberar e acumular sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S). Os organismos mais adaptados a este tipo de substrato são os comedores de detritos (iliófagos), que se alimentam de matéria orgânica em decomposição por bactérias e outros microrganismos que colonizaram grãos de areias ou partículas de silte. O alimento chamado de detrito foi definido por Darnell (1967) como “todo tipo de matéria, biogênicos em estágios variados

de decomposição microbial”, que representa uma fonte potencial de energia para espécies consumidoras.

Dentre os microrganismos constituintes deste tipo de substrato encontram-se os protozoários, principalmente os ciliados que, segundo Webb (1956), foram divididos em três categorias: mesocorporal – ciliados que habitam entre partículas de substrato na faixa de 0,4 – 1 mm; microcorporal – aqueles que habitam tamanho de partículas entre 0,1 – 0,3 mm; euriporal – formas que vivem nas duas distribuições de tamanho de partículas, por exemplo: *Holostricha* sp, *Trachelocerca* sp.

Outro grupo comum neste substrato, são os nematódios. A maioria dos nematódios é encontrada desde a superfície até a 2 cm dentro do substrato. Em 4 à 5 cm do substrato poucos nematódios são encontrados. Nematódios de vida livre estão divididos em quatro grupos baseados no tipo de alimentação. O primeiro grupo não tem cavidade bucal distinta, alimentando-se de partículas semi-líquidas ou pequenas partículas. Alimentam-se de bactérias em depósito. No segundo grupo a cavidade bucal não apresenta dentes. Alimentando-se de partículas maiores do que a do grupo 1. Consomem diatomáceas e euglenóides (protista fitoflagelado). O terceiro grupo tem a cavidade bucal com pequenas projeções (como dentes). Raspam algas, ou se alimentam de diatomáceas. O quarto grupo tem a cavidade bucal com uma poderosa armadura (como dentes), e predadores.

Um dos fatores que limita a distribuição das espécies nesse tipo de substrato é principalmente a granulometria. Os diversos tamanhos de grãos de areia e também as diversas misturas de areia e lama determinam a composição de espécies de acordo com o tipo e mistura de substrato. Os grupos mais representativos que habitam este sedimento são os moluscos principalmente os bivalves, os crustáceos e os anelídeos poliquetos.

Comparando-se os dois tipos de substratos areia e lama, ambos produzem abrigo contra a predação e dessecação, mas apresentam alguns problemas para os organismos que os habitam. Como a areia é de natureza estável, a construção de galerias permanentes é difícil de se obter, enquanto que a lama, de natureza mais estável, permite a construção de galerias permanentes. No entanto, a lama é menos permeável e

pouco oxigênio está dissolvido, significando que toda a endofauna deve sempre manter contato com a superfície.

O efeito dominante da lama na biologia dos animais é muito importante, pois quase todos os animais habitantes de fundo (bentônicos) terão que se adaptar a este ambiente. Os animais mais adaptados para viver em substrato de lama são aqueles comedores de detritos (ilifágicos). Segundo Darnell (1967), detrito é “todo tipo de material biogênico em estágios variados de decomposição microbial”, que representa uma fonte potencial de energia para espécies consumidoras. Odum e De La Cruz (1967) concluíram que detrito rico em bactéria é nutricionalmente uma melhor fonte de alimento para animais do que tecidos de plantas de forma original para a maioria da matéria orgânica particulada.

### 4.3 MEIO ANTRÓPICO

Em 1991, o Rio Grande do Norte contava com uma população de 2.413.665 habitantes na área metropolitana conhecida como Grande Natal, e que engloba os municípios de Macaíba, Parnamirim, Extremoz e São Gonçalo do Amarante. Estes municípios juntos somavam uma população de 773.862, enquanto a capital propriamente dita, Natal, 606.681. No ano de 2005 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estimou um número para a população de 778.404 habitantes, em uma área territorial de 170,3 Km.

A cidade de Natal experimentou, durante a década de 80 (1980-1990), um considerável incremento populacional com uma taxa de crescimento anual de 3,47%. Com uma área de 16.903,45 ha, a cidade apresentou em 1991 uma densidade demográfica de 35,27 h/ha com um total de 134.486 moradias habitadas e uma média de 4,49 habitantes por casa.

Os dados indicam que durante a década citada houve um considerável deslocamento da população para a Zona Norte. De 40.479 habitantes em 1980, passou a ter 147.254, o que se supõe um incremento de 106.775 habitantes, e uma taxa de crescimento anual de 12,43%. Este deslocamento se deveu principalmente a construção em grande escala de vários conjuntos residenciais na zona, durante este período.

Segundo os dados do plano diretor de Natal, uns 40% das residências da cidade são formadas por conjuntos residenciais, vilas, favelas e setores não urbanizados, que na sua maioria se situam na Zona Norte da cidade. A Zona Oeste concentra a maior parte dos núcleos de favelas. A Zona Norte e Leste também contam com um alto índice de setores, de infra-estrutura muito precária, que acentua o processo de ocupação por assentamentos sub-normais.

A origem das famílias das áreas marginais da Zona Leste procede da capital, enquanto que na Zona Norte a população é formada por emigrantes das cidades do interior.

O presente texto trabalha dentro de uma área diretamente afetada pelas atividades portuárias, (margens esquerda e direita do estuário do Rio Potengi), que compreende

parte dos setores Norte, Leste, Oeste, sobre um total de 11 bairros que se distribuem da seguinte forma:

- Zona Leste: Alecrim, Cidade Alta, Ribeira, Rocas e Santos Reis.
- Zona Norte: Redinha, Potengi, Salinas e Igapó.
- Zona Oeste: Quintas e Nordeste.

O problema em questão, apesar disso, não se restringe só a estes setores mas também afeta a cidade de Natal e o Estado do Rio Grande do Norte como um todo.

No que se refere a infra-estrutura de serviços básicos nestes setores se observa uma deficiência generalizada em relação a certos aspectos, tais como: saúde, educação, e lazer.

Por outro lado, a qualidade dos serviços de transporte público, de água e das infra-estruturas de saneamento variam segundo o bairro, de deficiente a razoável. Mas, vale sublinhar que, em qualquer um dos casos, os esgotos públicos se depositam, sem nenhum tipo de tratamento depurativo, diretamente no Estuário do Potengi.

Os serviços de distribuição de energia elétrica e telefônica podem ser qualificados, de modo geral, como razoáveis.

#### 4.3.1 Atividades Pesqueiras

A pesca é a atividade mais praticada pela população ribeirinha, que utiliza procedimentos de caráter artesanal para a captura dos peixes, crustáceos e moluscos. Os métodos de pesca recebem o nome da espécie marinha a capturar. Deste modo se pode falar de Rede de Tainha, de Jereré de Siri e do Mangote de Camarões.

As embarcações utilizadas, próprias da área, são as canoas, feitas de tábuas de madeira de pequenas dimensões, aproximadamente 3,5 metros de altura por 1,5 metros de largura, impulsionadas a remo o por pequenas velas.

A construção deste tipo de embarcação é totalmente artesanal e feita pelos próprios pescadores.

A arte da pesca mais característica da região são as chamadas “Redes de Malha”, usadas para capturar tainhas, bagres, camurins e carapebas que têm uma largura de uns 100 a 200 metros, uma altura de 2 a 4 metros e uma malha de 2 a 5 metros de nó à nó.

Os mangotes são redes de arraste, utilizadas principalmente para a captura de camarões e pequenos peixes. Têm de ser manipuladas por dois pescadores que arrastam a rede pela margem do estuário. Esta prática se desenvolve geralmente durante a noite.

O Jereré ou Puçá se destina a captura de siris. Se trata de um método de pesca bastante difundido e é realizado na maioria das vezes por pessoas de idade e crianças que, com esforço, contribuem para completar a renda familiar. O siri se comercializa em feiras e mercados com grande aceitação da população.

#### 4.3.2 Atividade de Piscicultura

O cultivo extensivo de espécies estuárias em pequenos viveiros de construção rudimentar é uma prática bastante difundida na região. Estes viveiros são construídos nas margens do estuário, em lugares que apresentam uma boa quantidade de peixes e uma constante renovação de águas.

O método de construção destes viveiros consiste em levantar diques em áreas inundáveis e construir uma comporta com uma porta móvel de madeira. O material utilizado para a construção é a lama própria do setor. Todo o trabalho para a construção dos diques é manual por isso sua construção é lenta. A jornada de trabalho é curta e depende das variações das marés, sendo somente possível trabalhar durante a maré baixa.

Os viveiros existentes no estuário apresentam uma baixa produção devido a falta de uma seleção rigorosa das espécies que se introduzem, permitindo tanto a entrada de peixes carnívoros quanto herbívoros. As despescas se realizam uma vez por ano, geralmente na semana santa, ou de dois em dois anos (bianualmente) durante a mesma época.

## 5.0 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E MEDIDAS MITIGADORAS

Dos impactos das atividades portuárias podem ser identificados como principais os seguintes: A Água de Lastro, Atividades de Dragagem, Resíduos Sólidos e Contaminação por Óleo.

### 5.1 ÁGUA DE LASTRO

Água de Lastro é a água captada no mar e armazenada em tanques nos porões de navios cargueiros, com o objetivo de dar estabilidade às embarcações quando elas estão navegando sem cargas. Em alto-mar, um navio sem lastro pode ficar descontrolado, correndo até o risco de naufragar. A água de lastro compensa perda de peso de carga e de combustível, regulando a estabilidade e mantendo a segurança.

O grande risco relacionado é a introdução de espécies estranhas ao meio, trazidas pelo manuseio da água de lastro de um porto para outro, tornando-se uma grande ameaça ao equilíbrio marinho, causando danos ao ecossistema, à saúde humana, à biodiversidade e às atividades pesqueiras.

As áreas fechadas, como os portos, são os pontos de descarga de maior risco, mas o sucesso da colonização depende de alguns fatores. Os mais importantes são:

- As características biológicas das espécies;
- As condições do meio ambiente onde elas estão sendo introduzidas;
- O clima;
- O número de indivíduos introduzidos (sendo ou não suficiente para a implantação de uma população);
- A competição entre as espécies nativas e;
- A disponibilidade de alimento.

Entretanto, se os portos forem ecologicamente comparáveis, o risco de introdução é relativamente alto. Por isso, ela deve ser trocada progressivamente em alto mar, para que, ao chegar próximo à costa, não contenha espécies exóticas e potenciais agentes patogênicos.

A água de lastro, por ser um problema global, tem sido o tema mais importante nas discussões ambientais da Organização Marítima Internacional (IMO) e motivo de grandes palestras e convenções. Com o intuito de elaborar planos de controle e gerenciamento estes efluentes. Portanto estas medidas são sugerida pelo Plano de Trabalho Nacional de Avaliação de Risco de Água de Lastro, inserido no escopo dos trabalhos do Projeto GloBallast, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos (SQA), sobre o projeto de Gestão integrada dos Ambientes Costeiros e Marinhos (GERCOM/SQA), o qual se baliza das diretrizes da IMO.

#### 5.1.1 Avaliação de Risco

É importante que seja estabelecido o nível e os tipos de risco de introdução, associados a espécies marinhas invasoras, que o porto, em particular, pode vir a enfrentar. Para isso é necessário focalizar determinados organismos e avaliar os caminhos e processos requeridos para a sua introdução e estabelecimento bem sucedidos, bem como identificar os recursos naturais mais sensíveis e potencialmente ameaçados.

As atividades previstas são a "Avaliação de Risco da Água de Lastro" de possíveis origens e de "Levantamento da Biota do Porto", através de estudos da biota e comportamento de suas distribuições espaciais. Desta forma são minimizadas as chances de transferência de espécies introduzidas já conhecidas. Para tais atividades previstas devem ser utilizados dados já existentes sobre a biota da região portuária e áreas de influência. Os levantamentos de dados bióticos pretéritos devem ser realizados por grupos e subgrupos temáticos, incluindo as seguintes áreas de conhecimento: microorganismos (bactérias e protozoários); plâncton (fitoplâncton, zooplâncton, ictioplâncton); bentos (fitobentos, zoobentos de substrato consolidado, zoobentos de substrato inconsolidado) e nécton.

#### 5.1.2 Medidas de Gestão de Água de Lastro

O desenvolvimento e a efetivação das medidas de gestão de água de lastro constituem a espinha dorsal do Programa, em cada local de demonstração. Serão essas medidas que produzirão os benefícios práticos esperados. As medidas contidas nas Diretrizes da IMO incluem:



- treinamento e formação da tripulação dos navios;
- procedimentos para navios e Estados do Porto;
- procedimentos para registro e informação;
- procedimentos operacionais dos navios;
- considerações relativas ao Estado do Porto;
- imposição e monitoramento pelos Estados do Porto;
- considerações futuras com relação à troca da água de lastro; e
- orientação sobre os aspectos de segurança da troca da água de lastro no mar.
- O desenvolvimento das atividades de "Treinamento" e de "Legislação e Regulamentação", descritas a seguir, será dedicado à implementação das medidas de gestão de água de lastro de forma consistente com o regime em vigor da IMO.

## 5.2 MONITORAMENTO DE DRAGAGENS

O grande princípio do gerenciamento dos estuários sempre foi o de facilitar a penetração da maré o mais longe possível para montante, a fim de favorecer a navegação. Na prática é importante para a navegação, porém pode provocar numerosas perturbações no equilíbrio estuarino com graves conseqüências para a coletividade. De um modo geral os estuários mais urbanizados e industrializados apresentam problemas semelhantes, devido à falta de visão global das incidências resultantes das alterações sobre o meio. Esses problemas resultam em dois tipos: a modificação da geometria do estuário e modificação na qualidade da água.

Já existem diversos mecanismos de monitoramento ambiental para atividades de dragagem, os possíveis impactos também já foram listados. Portanto, é de grande importância o dimensionamento de parâmetros ambientais atuais das áreas sujeitas a alterações. Então, faz-se necessário a medida de todas as condicionantes ambientais discutidas aqui neste trabalho, como: batimetria, medição de fluxos, qualidade dos

sedimentos de acordo com as normas ambientais descritas na Resolução Conama N°344/2004, que ressalva as condições e dimensionamento de amostragens e análise de possíveis contaminantes em nutrientes, metais, metalóides e compostos orgânicos xenobióticos, onde estes refletirão substancialmente na dispersão e qualidade da água.

O monitoramento das atividades de dragagem no estuário do rio Potengi incluirá a coleta de amostras sedimentológicas nas áreas dragadas e de despejo. Elas caracterizarão a granulometria, geoquímica e a biota bentônica. Sobre o Bota-fora deverão ser realizadas inspeções submarinas através de mergulho autônomo e caracterização da situação ecológica dos pontos de despejo e adjacências.

A caracterização dos processos hidrodinâmicos são importantes para a definição do tipo de circulação dos fluxos estuarinos e para a previsão de deslocamento e tempo de residência das plumas formas pela remoção dos sedimentos de fundo. Então, medição de correntes, definição do prisma de maré e geometria do canal (Batimetria) são os elementos primordiais para este entendimento.

A batimetria tem importância bastante relevante para o dimensionamento da dragagem, é com esta técnica que se estima o volume de sedimentos dragados. Outro fator importante é a observação da acomodação de fundo após a dragagem para acompanhar a evolução da geometria do canal. Ao remover o substrato se produz, momentaneamente, instabilidades no talude, que foi gerada pela escavação. Logo após a dragagem, o canal começa a ser assoreado até atingir a sua estabilidade. Para se obter uma visão do comportamento da acomodação de fundo são necessários levantamentos batimétricos **antes, durante e depois** da conclusão da obra. Desta maneira é possível estimar com precisão o tempo necessário para uma nova operação de manutenção de canal, e outras tomadas de decisão referentes a questões ambientais.

Com o aumento das profundidades, maior volume de água penetrará no estuário, havendo modificação nos padrões das correntes, sobretudo na região dragada. Novas condições de assoreamento e erosão podem se instalar nas regiões adjacentes ao canal de acesso. Desta forma fica evidente a remobilização de sedimentos que podem estar contaminados e, com isso, aumentar a área de influência desta ocorrência. As alterações hidrodinâmicas ocorrem de forma instantânea ajustando-se as novas condições morfológicas. Vale ressaltar que no caso de ser sedimentos não contaminados a

qualidade das águas estuarinas tende a melhorar pela liberação de fósforo e outros elementos que servem de nutrientes para o ecossistema estuarino e que podem estar adsorvidos aos sedimentos dragados. As medições de correntes podem ser feitas juntamente com os levantamentos batimétricos sugeridos. Estes dados, em conjunto servirão de base para uma modelagem de fluxo em detalhe, onde poderão ser previstas zonas de assoreamento e erosão, dimensionar-se a dispersão de plumas em suspensão, manchas de óleo ou outros materiais provenientes de possíveis acidentes na zona estuarina e praias adjacentes, referente à área de atividade portuária, de abrangência das influências diretas e indiretas e locais de despejo.

Através da modelagem das correntes marinhas e fluviais podem ser definidos locais de despejo onde possa haver aproveitamento do material despejado para regeneração de praias que estão sofrendo com o processo de erosão.

Sobre a qualidade de água devem ser observadas as variações verticais e horizontais, sob condições de marés enchente e vazante, dos parâmetros de temperatura, salinidade, turbidez, coleta de água para análise de OD, pH, concentrações de sólidos totais em suspensão, fósforo, nutrientes, coliformes. Estas medições devem ser realizadas antes, durante e após as atividades de aprofundamento do canal de acesso do rio Potengi e despejo da área de bota-fora.

### 5.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os rejeitos marinhos são gerados por indústrias de pesca, embarcações mercantes, cruzeiros, de recreação, militares, cruzeiros de pesquisa e todos os outros tipos que utilizam o espaço marítimo. Os tipos de rejeitos são: plásticos, vidros, madeiras, papel, metais, equipamentos de pesca, borrachas e resíduos alimentícios. Podem causar morte de animais marinhos por má digestão e diminuição da capacidade de absorção de nutrientes.

Estes resíduos são lançados antes da entrada nos portos. Dependendo do tipo de rejeito e da distância em que foi lançado, ao mar, pode acarretar impactos ambientais à zona costeira, e gerando problemas de saúde a população local.

As medidas que devem ser consideradas para o controle de despejos de resíduos sólidos são:

Definir a zona de despejo considerando a distância mínima para que não haja possibilidades desses resíduos alcançarem a terra. Isto se faz, através do reconhecimento do tipo de material despejado e o reconhecimento da dinâmica das correntes marinhas.

Controle do tipo e quantidade do material a ser despejado. Com isso pode ser dimensionado sistema de tratamento e separação para os diversos tipos de resíduos sólidos, conseqüentemente, a definição de seu destino.

A implantação do sistema de reciclagem pode ser uma boa solução para otimizar custos de portos e embarcações. Em navios a reciclagem trás como conseqüência direta a redução do volume dos resíduos sólidos.

#### 5.4 LAVAGEM DE PORÕES E DERRAMES DE ÓLEO

A poluição por óleo é o mais grave dos problemas ambientais que podem ocorrer na zona costeira. Os derrames são geralmente causados por acidentes no transporte devido ao mau acondicionamento nas embarcações. Várias ocorrências de poluição por derrames de óleo em portos são causadas durante as rotinas de operação de carregamento e descarregamento, lavagem dos tanques ou porões de armazenamento e descarte das águas utilizadas nessas lavagens, estas podem ser consideradas pontuais. Os impactos considerados catastróficos são decorrentes de um acidente marítimo com embarcações de grande porte. O tipo e o volume de óleo derramado, também definem o caráter do acidente (catastrófico ou pontual) e o tempo de residência no ambiente marinho, podendo ir se decantando ao fundo e atingindo diretamente a vida marinha.

Em casos de porto em estuários, os impactos são bastante marcantes e as áreas passíveis de contaminação são extremamente frágeis, podendo causar extinções de espécies que habitam estes locais, diminuição das populações de vegetação e fauna e conseqüências a saúde humana, se existir uso dos recursos naturais da região contaminada. Os poluentes químicos em óleo podem envenenar os alimentos marinhos, causando a deformação na reprodução de algumas espécies, influencia na taxa de sobrevivência dessas espécies contaminadas. Estes poluentes depositam-se nas

camadas da superfície do substrato aquático que é uma área de grande importância para o desenvolvimento de vários peixe e outros organismos que tem uma fase da fica planctônica e bentônica.

Deve se estabelecer um plano de controle para regiões contaminadas, onde se proponha a remoção ou outra alternativa para restabelecer a qualidade ambiental da área contaminada. Portos podem criar áreas de deposição para descarte de resíduos que contenham estes contaminantes, onde poderão ter sistemas de tratamento, reaproveitamento ou despejo de materiais ou resíduos tratados e sem risco ao meio aquático.

## **6.0 PROGRAMA DE ACOMPANHAMENTO E MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS**

Dentro do Modelo Institucional para a Gestão Ambiental dos Portos existe um elenco de ações iniciais, definidas pelo subgrupo “Agenda Ambiental Portuária”, para um horizonte de curto prazo, que já foram, ou deveriam ter sido tomadas pela Autoridade Portuária. Este planejamento inicial, que deverá ser revisto, constava da realização do inventário das facilidades portuárias existentes, do licenciamento ambiental das instalações portuárias, e da implementação do licenciamento ambiental de toda atividade e/ou empreendimento portuário, compatibilizando o PDZ com o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEG) e mobilizando segmentos do setor público para um trabalho de sensibilização quanto à importância do papel da unidade de gerenciamento ambiental.

A partir da revisão das medidas anteriormente tomadas, o Porto de Natal, através da CODERN, deverá dar seguimento ao processo de implantação, manutenção e operação do seu Sistema de Gestão Ambiental, em observância aos procedimentos definidos na Agenda Ambiental Portuária, aprovada pela CIRM no âmbito do GI-GERCO, em observância à Lei 9966/2000, devendo para tanto:

1. Implantar o núcleo de gestão ambiental do porto; que terá como atribuições, entre outras, as que se seguem:

- Avaliar e adotar medidas necessárias à identificação, prevenção, proteção e reparação de impactos ambientais provocados por operações, instalações, ampliações e melhorias na infra-estrutura;
- Investigar acidentes ambientais, examinar as condições das ocorrências, efetuar análises de riscos, determinar fatores e identificar causas, planejando e propondo medidas e providências necessárias à correção e prevenção;
- Prevenir, controlar e mitigar a poluição do ar, água e solo por substâncias contaminadas, nocivas e perigosas;
- Auxiliar as atividades de fiscalização, realizando inspeções periódicas nas operações portuárias, em áreas arrendadas, serviços terceirizados, instalações e equipamentos, visando o cumprimento de normas e melhorias das condições ambientais;
- Promover o gerenciamento ambiental da dragagem;
- Estabelecer o Plano de Gerenciamento de Água de Lastro;
- Monitorar os serviços de acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte e destinação adequada, de resíduos provenientes de atividades portuárias e acidentes ambientais;
- Monitorar as áreas de atividades perigosas ou de risco permanente para o meio ambiente;
- Mapear, identificar, catalogar e monitorar a fauna e a flora das áreas do porto, visando à proteção dos ecossistemas estuarinos e terrestres;
- Manter informações atualizadas para orientar o segmento portuário sobre as questões relativas ao meio ambiente;
- Desenvolver estudos e parcerias com entidades nacionais e internacionais, para o equacionamento dos problemas envolvendo questões ambientais;
- Planejar e administrar programas de gerenciamento de qualidade das águas potáveis e estuarinas, de resíduos sólidos e líquidos, de contaminação do solo,

- de qualidade do ar, de consumo de energia e de respostas a acidentes ambientais;
- Gerenciar programas de identificação, avaliação de perigos e de riscos ao meio ambiente;
  - Providenciar e manter as licenças ambientais do Porto de Natal, controlando as áreas portuárias;
  - Planejar e promover o desenvolvimento e melhoria ambiental na área portuária;
  - Realizar estudos e emitir pareceres sobre atividades destinadas a garantir o equilíbrio ecológico e, a preservação da fauna e flora dos ecossistemas estuarinos, compatibilizando as atividades portuárias com a preservação e o equilíbrio ambiental;
  - Promover o monitoramento e o controle ambiental da atividade portuária com programas articulados com órgãos ambientais, universidades e institutos de pesquisas;
  - Promover a integração dos sistemas de gestão ambiental e de gestão de saúde e segurança ocupacional.
2. Assessorar a capacitação de recursos humanos para a gestão ambiental portuária, apresentando os diversos órgãos federais, estaduais e municipais de regulamentação e fiscalização ambiental, bem como dando conhecimento da legislação específica sobre o assunto, e indicando cursos, palestras e seminários concernentes à política ambiental.
  3. Elaborar e manter o **Manual de Gestão Ambiental**, com a definição dos procedimentos da operação portuária, visando sua adequação aos padrões ambientais. As referências básicas nesse caso são os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, e os padrões de qualidade ISO, séries 9.000 e 14.000.
  4. Implementar programa de auditorias ambientais internas e externas (Resolução

- Conama 306/02), com capacitação de auditores internos.
5. Definir, implantar e manter atualizada a Política Ambiental do Porto de Natal.
  6. Definir, implantar e manter atualizado o zoneamento ambiental, identificando as áreas de risco, áreas críticas e de preservação.
  7. Implementar, manter e operar programas de controle ambiental com ações nos seguintes campos:
    - Monitoramento ambiental (marés, ventos, correntes, qualidade ambiental);
    - Controle de erosão e assoreamento (inclui o gerenciamento de dragagens, obtenção de licenças, definição de locais de bota-fora, observância a Resolução Conama 344/04);
    - Risco ambiental e prevenção de acidentes (análise de riscos, plano de contingências);
    - Plano de controle ambiental (gerenciamento de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões);
    - Controle da introdução de espécies marinhas pela água de lastro;
    - Conservação dos recursos naturais (pesca e ecossistemas na área do porto).
  8. Regularizar e manter atualizado o Licenciamento Ambiental do Porto de Natal (licença de operação e dragagens).
  9. Iniciar os procedimentos necessários para a Certificação Ambiental Portuária, cabendo ao Núcleo de Gestão Ambiental gerenciar a implantação de todos os requisitos com vistas à mesma.
  10. Implantar, manter e operar através do Núcleo de Gestão Ambiental do Porto de Natal o programa de ações de integração porto/comunidades do entorno (promovendo a inserção do Porto de Natal no programa nacional de educação ambiental portuária – PNEAP; PAM – programa de auxílio mútuo; PNAM – programa nacional de auxílio mútuo; etc.).



11. Integrar as áreas de gestão ambiental e de segurança e medicina do trabalho da empresa no sentido da implantação da Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional, incrementando as atividades concernentes à:

- Inspeção de áreas, equipamentos e situações de trabalho, na empresa e em áreas arrendadas do Porto Organizado, com o objetivo de detectar possíveis acidentes, propondo as medidas necessárias à sua correção.
- Inspeção das operações portuárias (carga, descarga, transporte e armazenamento de mercadorias perigosas), quanto ao fiel cumprimento do Regulamento para a Movimentação de Mercadorias Perigosas em Cais Comercial e NR-29.
- Indicar, orientar, estimular e fiscalizar o uso de Equipamento de Proteção Individual - EPI nas áreas do Porto Organizado;
- Elaboração das estatísticas de acidentes;
- Elaboração de laudos técnicos para fins de aposentaria especial;
- Elaboração de laudos periciais por técnicos do Porto de Natal;
- Acompanhamento da elaboração do Programa de Gerenciamento de Risco - PGR e do Plano de Ação de Emergência - PAE;
- Inspeções dos serviços de terceiros e empreiteiras na área do Porto Organizado, quanto à Segurança e Saúde Ocupacional, em atendimento às Normas de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho do Porto de Natal;
- Segurança ocupacional, examinar as condições das ocorrências, efetuar análises de riscos, determinar fatores e identificar causas, planejando e propondo medidas e providências necessárias à correção e prevenção;
- Assessorar os diversos órgãos da empresa, nos assuntos relativos à Segurança do Trabalho;
- Elaboração e implantação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA;

- Administração e manutenção do Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO;
- Cumprir e fazer cumprir a legislação específica pertinente à saúde e segurança ocupacional, elaborando as normas e procedimentos correspondentes;
- Efetuar o controle de moléstias, e a distribuição de medicamentos de primeiros-socorros;
- Elaborar os quadros estatísticos de acidentes do trabalho;
- Administrar e manter o controle de laudos periciais trabalhistas;
- Manter o programa de gerenciamento de prevenção de riscos ergonômicos;
- Divulgar a Segurança do Trabalho de forma contínua, aos empregados da empresa, através de realização de palestras, aulas, projeções de audiovisuais, distribuições de cartazes, etc.;
- Manter Planos de Emergências Individuais e Planos de Contingências, bem como manter ativo e atualizado o Plano de Auxílio Mútuo - PAM do Porto de Natal;
- Manter Plano de Emergência (Lei 9966/00);
- Prevenção, controle de Dengue e mapeamento de focos e criadouros do Aedes Aegypti, vetor da dengue;
- Controles de ratos, caramujos africanos, transmissor da meningite, e pombos;
- Monitoramentos de sanitários; de acessos; de armazéns; de pisos; de ambulantes; de guindastes; de terrenos; de sucatas; de linhas férreas; da área de cais; de despejos de resíduos sólidos; do sistema de caixas de tratamento de efluentes;
- Gerenciar programas de identificação, avaliação de perigos e de riscos à saúde ocupacional e à segurança do trabalho;

- Prestar apoio técnico e orientar a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA;

## 7.0 CONCLUSÃO

O diagnóstico ambiental da região é profundamente estudado e bem conhecido nos aspectos ambientais. Diversos estudos, em nível acadêmico de mestrado e doutorado, vêm sendo executados nesta área, devido a grande importância que o estuário do rio Potengi tem para a região através da atividade portuária. O estuário do rio Potengi tem em seu histórico diversas atividades de manutenção e aprofundamento de canal e estabilização de margens ao longo de várias décadas. Portanto, este tipo de atividade já é uma prática bastante desenvolvida na região, por causa do Porto de Natal, onde, atualmente encontra-se em fase de planejamento, serviços de dragagem de aprofundamento do canal de acesso e bacia de aproximação para -12,5m, como forma de ampliação de sua capacidade de recepção e atracação de navios de grande porte, contribuindo para a melhoria do seu potencial competitivo em relação a portos de outros estados (como Suape, por exemplo onde o calado é 15,5 metros).

Diante da diversidade de atribuições de um porto e de sua importância para o desenvolvimento econômico da região a que serve, faz-se imprescindível, ter como objetivo primordial, além de garantir um serviço competitivo, eficiente e de qualidade, integrar na estratégia de desenvolvimento de suas instalações os componentes segurança e meio ambiente, no caminho da qualidade total e dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável.

Para tanto, a implantação de Núcleo de Gestão Ambiental admitindo todas as diretrizes propostas no capítulo anterior é de fundamental importância. E assim considerado um novo ponto de partida para a qualidade ambiental e, conseqüentemente, operacional do Porto de Natal.