

COMPANHIA DOCAS DO RIO GRANDE DO NORTE – CODERN



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL DO MONITORAMENTO AMBIENTAL PARA EXECUÇÃO DA DRAGAGEM DE MANUTENÇÃO DO CANAL DE ACESSO DO PORTO DE NATAL

Março de 2003

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1 – INTRODUÇÃO	7
2 - DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	8
2.1 - Identificação do Empreendimento	8
2.1.1 – Objeto do Empreendimento	8
2.1.2 – Localização	8
2.1.3 - Empreendedor Responsável	10
2.2 - Justificativa	10
2.2.1 - Histórico do Empreendimento	10
2.2.2 - Viabilidade Financeira e Alcance Sócio-Econômico	13
2.3 - Objetivos Sociais e Ambientais do Projeto	14
2.4 - Resumo dos Aspectos Legais	15
2.4.1 - Legislação Geral sobre Meio Ambiente e Recursos Naturais	15
2.4.2 - Legislação Referente ao Licenciamento	18
2.4.3 - Legislação Referente ao Uso e Ocupação do Solo e Proteção dos Recursos Naturais	18
2.4.4 - Legislação específica do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Natal	19
2.4.5 - Comentários sobre a Lei 8.630/93	20
2.5 - Aspectos Gerais do Porto de Natal	21
2.5.1 - Navegabilidade	21
2.5.2 - Instalações	22
2.5.3 - Equipamentos	23
3 – METODOLOGIA	24
4 – ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS	25
4.1 - Geologia e Geomorfologia Regionais	25
4.1.1 - A Geologia Regional	25
4.1.2 - O Arcabouço Pré-Cenozóico	25
4.1.2.1 - A Bacia Pernambuco – Paraíba	26
4.1.2.2 - A Bacia Potiguar	26

4.1.3 - O Quadro Morfo-Tectônico	27
4.1.3.1 - A Morfo-Esculturação	29
4.2 - Geologia e Geomorfologia Locais	31
4.2.1 - Formações Terciárias - Barreiras	31
4.2.2 - Formações Quaternárias e Recentes (Dunas, Recifes, Praias, Terraços e Aluviões, Mangues)	35
4.2.2.1 - Dunas	35
4.2.2.2 - Recifes	40
4.2.2.3 - Praias	42
4.2.2.4 - Terraços e Aluviões	44
4.2.2.5 - Mangues	45
5 – CONDIÇÕES METEREOLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS	47
5.1 – Considerações Iniciais	47
5.2 – Parâmetros metereológicos	49
5.2.1 – Ventos	49
5.2.2 - Insolação e Nebulosidade	51
5.2.3 – Temperatura	52
5.2.4 – Precipitação	53
5.2.5 – Umidade relativa	54
5.2.6 – Pressão atmosférica	54
5.3 – Parâmetros oceanográficos	55
5.3.1 – Marés	55
5.3.2 – Ondas	56
5.4 – Aspectos geológicos costeiros e marinhos	61
5.4.1 – Dinâmica costeira da área de estudo	61
5.4.2 – Perfis e sedimentos de praia na área de influência direta	64
5.4.3 – Batimetria da área	66
5.5 – Sedimentologia	69
5.5.1 – A zonação do perfil litorâneo	69
5.5.2 – Distribuição sedimentológica	73
6 – EVOLUÇÃO GERAL DO ESTUÁRIO	75
6.1 – Comparação Batimétrica	75
6.1.1 - Materiais e Métodos	76

6.1.2 - Resultados	79
7 – LEVANTAMENTO GEOFÍSICO	90
7.1 – O Método Eletromagnético	90
7.1.1 - Indução Eletromagnética, Princípios Físicos	92
7.2 – Aquisição e Interpretação dos Dados	92
7.2.1 - Princípios de Funcionamento dos Equipamentos de Indução Eletromagnética de Duas Bobinas	92
7.2.2 - Profundidades de Investigação Relacionadas à Orientação dos Dipolos	94
7.2.3 - Resultados em Terrenos de Multicamadas	96
7.2.4 – Equipamentos Utilizados	97
7.3 – Resultados	98
8 – ANÁLISE E DISCUSSÃO	101
8.1 – Evolução da forma em planta perfil	101
8.1.1 - Perfil 1 – Correspondente ao Porto de Natal	111
8.1.2 - Perfil 2 – Localizado entre a Rampa e o Início do Dique da Limpa. (Próximo ao canto do Mangue - Cais dos Pescadores)	111
8.1.3 - Perfil 3 – Próximo às bóias localização BL-9 e BL-6 antes do Dique do Y	111
8.1.4 - Perfil 4 – Depois do Dique do Y (já tendendo para norte/sul)	112
8.1.5 - Perfil 5 – Próximo à desembocadura do Rio Potengi	112
8.2 – Evolução do Banco das Velhas	112
8.3 – Evolução do Canal de Acesso	130
8.4 – Evolução da Barra	133
8.4.1 – Variação em planta perfil	133
8.4.2 – Evolução dos perfis	135
9 – O MEIO BIOLÓGICO	138
9.1 – Considerações iniciais	138
9.2 – A Comunidade Bentônica	140
9.2.1 – Substrato Duro	141
9.2.2 - Substrato Móvel – Arenoso.....	143
9.2.3 – Substrato Móvel – Lama	144
9.2.4 – Principais grupos encontrados nos substratos	146
9.3 – Comunidade Nectônica	148
9.4 – Comunidade Planctônica	150

9.5 – Levantamento de Campo	160
10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	172
11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175
12 – EQUIPE TÉCNICA	183

APRESENTAÇÃO

Em atendimento às recomendações do Relatório de Controle Ambiental – RCA, para Dragagem de Ampliação da Bacia de Evolução do Porto de Natal – RN, e aos termos da Licença de Instalação da obra emitida pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico e do Meio Ambiente – IDEMA, foi realizado o monitoramento ambiental do estuário do Rio Potengi, área de influência direta da dragagem e das praias adjacentes - estuarinas e marinhas (Redinha e Redinha Nova), com o objeto principal de documentar e avaliar a situação, antes e durante a execução dos serviços de dragagem, através do monitoramento sobretudo do processo erosivo, já instalado naquele rio.

O resultado dos trabalhos técnicos realizados no período de agosto de 2001 a dezembro de 2002, contemplando os diversos fatores ambientais pertinentes à implantação de projetos de regularização portuária em áreas estuarinas, permitiu o estabelecimento de um marco de situação atual e definição das tendências existentes.

Com isto, foi elaborado este relatório técnico final de atividades, objeto do Contrato Nº 015/2001, de 29/07/2001, originário da Licitação Nº 017/2001, realizado entre a COMPANHIA DOCAS DO RIO GRANDE DO NORTE – CODERN – e a EMPRESA DE CONSULTORIA, AUDITORIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA – TECNOAMBIENTE BR.

Para realização do trabalho de monitoramento a empresa contou com uma equipe técnica constituída de consultores especializados, com titulação e experiência nos diversos campos de conhecimento envolvidos.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho, elaborado de acordo com as normas estabelecidas pela Resolução nº 010/90 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, e de acordo com o Termo de Referência do Instituto de Desenvolvimento Econômico e do Meio Ambiente - IDEMA/RN, tem por objeto apresentar o Relatório Final das atividades de monitoramento ambiental para execução da dragagem de manutenção do canal de acesso ao Porto de Natal, visando a recuperação da navegabilidade do estuário do Rio Potengi, a partir da ampliação da bacia de evolução e da adequação do canal de acesso ao porto.

A área de monitoramento ambiental engloba a área do Estuário Potengi, em particular as margens estuarinas no trecho entre o Guia Corrente da Redinha até a foz da Gamboa Manimbu e a orla das Praias da Redinha e Redinha Nova. Está delimitada, ao sul, pelo referido guia-corrente da margem esquerda da desembocadura do Rio Potengi e, ao norte, pela Ponta de Santa Rita (Municípios de Natal e Extremoz).

A expansão urbana verificada naquelas praias, juntamente com fatores de ordem natural, gerou mudanças nos perfis da área estudada, constatados através de levantamentos de campo realizados nos anos 2001 e 2002, onde foram verificados parâmetros oceanográficos, meteorológicos e morfológicos (perfis praias) que permitiram reavaliar e atualizar os dados históricos de clima, de onda, correntes e ventos existentes, os quais juntamente com as informações obtidas de batimetria, sedimentologia, bentos e ainda uma análise das fotografias aéreas e dos trabalhos anteriores sobre a região, permitiram a elaboração do presente relatório.

Precedendo aos estudos de campo, foi realizada uma comparação de fotografias aéreas multitemporais o que permitiu conhecer o comportamento a médio prazo da linha de costa (escala de décadas), e definir as zonas em retrocesso real ou que apresentam um quadro crítico de erosão nos últimos anos.

2. DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

2.1 - Identificação do Empreendimento

2.1.1 – Objeto do Empreendimento

O empreendimento em análise trata da dragagem de ampliação da bacia de evolução e da adequação do canal de acesso do Porto de Natal. Estas obras são parte integrante do projeto de ampliação do Porto de Natal, objeto de EIA – Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente – RIMA, elaborado em conformidade com a Resolução nº001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA e de acordo com o termo de referência da Coordenadoria do Meio Ambiente – CMA/SEPLAN-RN, e licenciado por este órgão, em 1996.

Neste projeto de ampliação, que previa a regularização da embocadura do Estuário do Potengi e recuperação da navegabilidade do canal de acesso e da bacia de evolução do Porto de Natal, através da construção de obras fixas, Dragagem e Derrocagem, já era prevista a necessidade de Dragagens Periódicas de Manutenção, como a que agora se inicia.

O empreendimento supracitado está inserido no Estuário do Potengi, situado na cidade de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte (entre as coordenadas 5°46'41" latitude S e 35°12'04" longitude W).

2.1.2 - Localização

A área em estudo engloba o Estuário Potengi e as Praias da Redinha e da Redinha Nova, no município do Natal (RN), e parte do município de Extremoz (RN), estando limitada a Leste pelo Oceano Atlântico, ao Norte pelas coordenadas geográficas 5° 40' 00" sul/ 35° 16' 30" oeste e 5° 41' 37,8" sul/ 35° 11' 51" oeste, a Oeste pelas coordenadas 5° 40' 00" sul/ 35° 16' 30" oeste e 5° 45' 13,4" sul/ 35° 17' 19" oeste e 5° 45' 13" sul / 35° 45' 13" sul / 35° 12' 11" oeste (**Figuras 1 e 2**).

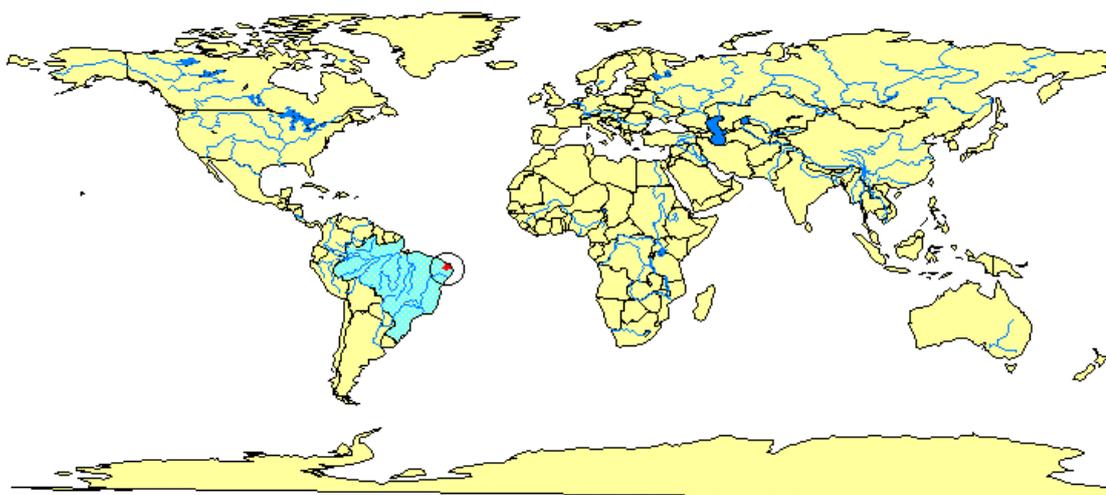


Fig. 1 - Localização geográfica da área de estudo.

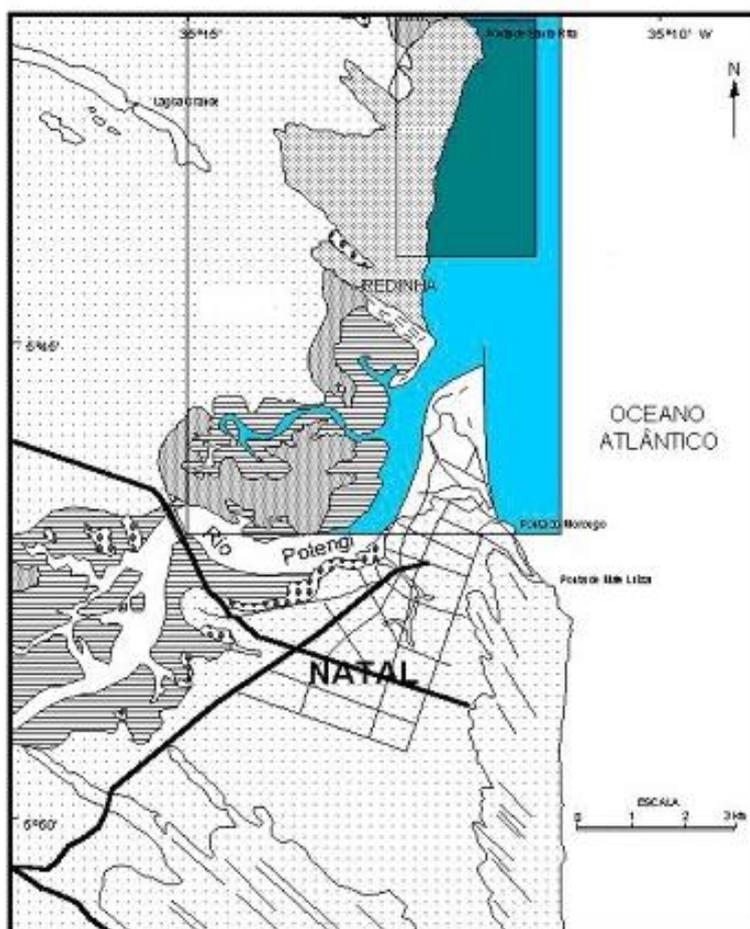


Figura 2 – Área de Estudo

2.1.3 - Empreendedor Responsável

O projeto é de responsabilidade da Companhia docas do Rio Grande do Norte (CODERN), inscrita no CGC/MF sob o nº 34.040.345/0001-90 e sediada na Av. Engº Hidelbrando de Góis 220, no Bairro da Ribeira em Natal/RN.

2.2 - Justificativa

2.2.1 - Histórico do Empreendimento

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

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 2.206m³ da Ilha da Baixinha.

1922 – Dragagem defronte à ponte de atracação, numa extensão de 200m e volume de 59.754m³.

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 49.840m³.

1956 – Derrocagem de 25m da extremidade da Ponta do Picão para a cota – 8,00m com um volume de 23.185m³. 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 1.500m³, o que gerou melhorias nas condições de manobra.

1956 – Construção parcial do Molhe Defletor na extremidade da Ponta do Picão, com um volume de 4.633m³. Obra não concluída.

1956 – Novo prolongamento do espigão nº 9 (+100m), perfazendo um volume de 7.020m³, 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 362.017m³. 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 553.688m³.

1968 – Dragagem do canal de acesso e Base Naval, com um volume de 884.815m³. O despejo foi realizado nas margens com retorno de material.

1971 – Derrocagem de um trecho da Pedra da Baixinha, com um volume de 5.900m³, que proporcionou melhorias nas condições de acesso.

1972 – Dragagem do canal de acesso na projeção do Banco das Velhas, com um volume de 210.420m³, 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 m³ 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 m³.

1998-1999 – Construção do Guia Corrente com 750,0 m de pedra, perfazendo um volume de 119.041,47m³.

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

2.2.2 - Viabilidade Financeira e Alcance Sócio-Econômico

As obras propostas têm como finalidade incrementar as atividades do Porto de Natal, contribuindo, de forma decisiva, para o desenvolvimento social e econômico do Estado, e da cidade do Natal, em particular. Estas consistem de:

- Alargamento da bacia de evolução (a bacia de evolução atual permite, navios de até 200m, no entanto a norma limita a 190m), para que se permita a entrada de navios de maior comprimento, que necessitam de uma bacia de evolução mais larga que possa permitir a manobra segura destas embarcações.
- Dragagem de manutenção (volume de 847.000m³ de sedimentos), para recuperar o calado, que antes da “Dragagem, Derrocagem e Guia Corrente da Redinha” era de 7m, e após as mesmas passou a ser de 10m. Contudo, neste período ocorreu um assoreamento, e as profundidades baixaram para 7,40m em alguns locais da bacia de evolução e canal de navegação.

As melhorias no acesso ao Porto, permitirão:

- Maior movimentação de cargas, tendo em vista, que com a ampliação do calado no ano de 2000 atingiu-se a marca de 309.000t/ano, enquanto que nas condições anteriores essa movimentação se situava compreendida na faixa de 80-100.000t/ano;
- Dobrar a movimentação de cargas conteineirizadas;
- Entrada de navios de turismo, inclusive de longo curso.

Caso esta dragagem não seja executada de imediato, o Porto de Natal poderá perder sua capacidade de concorrência para outros portos da região, tornando-se um porto alimentador de um Hub-Port (ex: Suape, cujo calado é de 14,5m).

Vale salientar que a Dragagem corretiva, além da necessidade do Porto, está sendo exigida pela Capitania dos Portos.

2.3 - Objetivos Sociais e Ambientais do Projeto

Os portos localizados no interior de estuários geralmente apresentam dificuldades de acesso, devido ao assoreamento provocado pelo volume de sedimentos que possuem fontes diversas de contribuição, tais como as de origem fluvial, marinha, da plataforma continental, despejos industriais, contribuição eólica, retorno de material dragado e até mesmo da decomposição de organismos vivos (BARBOSA, 1983).

No caso do Estuário do Potengi, o regime hidráulico, juntamente com o transporte litorâneo existente na região costeira e as características geométricas das seções transversais próximas à sua embocadura, influencia no seu assoreamento. Assim, o projeto proposto consiste em proporcionar profundidades compatíveis para navegação em quaisquer níveis d'água, como também identificar, através de um monitoramento ambiental, as origens e causas dos processos de assoreamento. Da mesma forma, este monitoramento tem por objetivo identificar as possíveis repercussões ambientais existentes e propor medidas de contenção e minimização de seus efeitos.

O projeto apresentado visa, portanto, melhorar as condições de acesso ao Porto de Natal e à Base Naval localizada próximo a este, tendo como justificativas principais:

- Com a efetivação das obras ocorrerá uma melhoria das condições de navegabilidade, tanto em questão de manobra quanto em profundidade;
- Proporcionará condições de expansão industrial em uma região cuja costa não possui sítios favoráveis à instalação de outro porto profundo;
- Politicamente, proporcionará ao Governo Federal, condições satisfatórias de estratégia militar em termos de águas continentais;
- Tecnicamente, a obra projetada justifica-se pelos resultados obtidos em vários estudos relativos ao comportamento hidráulico-morfológico da região, que demonstram uma tendência ao assoreamento periódico do canal de acesso e da bacia de evolução portuária.

2.4 - Resumo dos Aspectos Legais

As obras de derrocamento, guia de correntes e dragagem da boca da barra do estuário do Potengi foram condicionadas a uma série de normas legais relacionadas à manutenção da qualidade ambiental. Essas normas abordam aspectos diversos como a proteção dos recursos naturais, além de critérios para o uso e ocupação do solo e para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, entre outros.

Para organizar de forma sistemática o assunto, apresentamos um resumo da legislação geral sobre meio ambiente e recursos naturais e a legislação de aplicação direta à área do empreendimento, além de aspectos institucionais.

2.4.1 - Legislação Geral sobre Meio Ambiente e Recursos Naturais

Como pode ser verificado, através das coletâneas existentes sobre a legislação ambiental brasileira, a preocupação com a defesa do patrimônio maior da sociedade que é o meio ambiente só ocorreu no Brasil em período bastante recente. Datam da década de 60

uma série de medidas legais adotadas pelo Governo Federal no sentido de promover a proteção do patrimônio natural e o desenvolvimento sustentado do país, sendo que a partir dos anos 80 foi verificado um maior avanço na elaboração e aplicação de leis que tratam de aspectos ambientais. A seguir serão listadas as leis de caráter mais relevante para o estudo realizado:

- **Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965** - Institui o Novo Código Florestal Brasileiro; posteriormente alterada pelas Leis nº. 5.106, nº. 5.868, nº. 7.754, nº. 7.875.

- **Portaria/Interministeral nº. 090, de 29 de março de 1978** - Cria o Comitê Especial incumbido da classificação dos cursos d'água da União, bem como do estudo integrado e do acompanhamento da utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais.

- **Portaria/MINTER nº. 124, de 20 de agosto de 1980** - Estabelece normas no tocante à prevenção da poluição hídrica.

- **Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981** - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, institui o Sistema Nacional do Meio Ambiente, cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente e institui o Cadastro Técnica Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental; posteriormente alterada pela Lei nº. 8.028.

- **Decreto nº. 88.351, de 01 de junho de 1983** - Regulamenta a Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, e a Lei nº. 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental.

- **Lei nº. 7.347, de 24 de julho de 1985** - Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico e turístico.

- **Resolução CONAMA nº. 004, de 18 de setembro de 1985** - Define critérios, normas e procedimentos gerais para a caracterização e o estabelecimento de Reservas Ecológicas.

- **Resolução CONAMA nº. 001, de 23 de janeiro de 1986** - Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e

implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

- **Resolução CONAMA nº. 006, de 24 de janeiro de 1986** - Aprova os modelos de publicação de pedidos de licenciamento em quaisquer de suas modalidades, sua renovação, e a respectiva concessão e aprova os novos modelos para publicação de licenças.

- **Resolução CONAMA nº. 020, de 18 de junho de 1986** - Estabelece a classificação das águas doces, salinas e salobras do território nacional.

- **Lei nº. 7.804, de 18 de julho de 1989** - Altera a Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº. 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº. 6.803, de 02 de junho de 1980, a Lei nº. 6.902, de 21104/81, e dá outras providências.

- **Portaria/IBAMA nº. 1.522, de 19 de dezembro de 1989** - Estabelece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.

- **Portaria/Ministério da Saúde nº. 036, de 19 de janeiro de 1990** - Estabelece valores máximos permissíveis para os diversos parâmetros de qualidade de água.

- **Decreto nº. 99.274, de 06 de maio de 1990** - Regulamenta a Lei nº. 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.

- **Portaria/IBAMA nº. 006N, de 15 de janeiro de 1992** - Estabelece a Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção.

Com relação à legislação Ambiental do Estado do Rio Grande do Norte, foram levantados os seguintes instrumentos legais:

- **Lei nº. 4.100, de 19 de junho de 1992** - Dispõe sobre o Código do Meio Ambiente do Município do Natal.

- **Lei nº. 4.459, 19 de julho de 1993** - Cria a Fundação do Meio Ambiente de Natal - ECONATAL.

Cabe ainda citar a Lei Orgânica do Município do Natal, de 03 de abril de 1990, que estabelece as competências legislativas e a organização dos poderes do Município.

Legislação de Aplicação Direta à Área do Empreendimento

É de interesse ambiental, de uma maneira geral, a legislação citada anteriormente, e de modo específico ao empreendimento os seguintes dispositivos legais e normativos.

2.4.2 - Legislação Referente ao Licenciamento

Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre o licenciamento prévio para construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos naturais;

Resolução nº. 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que estabelece a elaboração de *Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA*;

Lei nº. 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

Constatou-se, portanto, que o empreendimento enquadrava-se entre aqueles para os quais é exigido, para efeito de aprovação e licenciamento, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Importante ressaltar que uma vez aprovado o RIMA, todas as suas recomendações e restrições, assim como aquelas acrescentadas pelos órgãos licenciadores passarão a ser obrigações do empreendedor. O não cumprimento de tais prescrições obrigará o empreendedor às penas da lei.

2.4.3 - Legislação Referente ao Uso e Ocupação do Solo e Proteção dos Recursos Naturais.

Vários dispositivos legais dispõem sobre o uso do solo e a proteção aos recursos naturais. Entre eles cabe citar:

- O artigo 225, parágrafo 4, da **Constituição Federal, de 1988**;
- A **Lei nº.o. 4.771, de 15 de setembro de 1965**, artigo 2º ;

- A **Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981**, artigo 18;
- A **Resolução CONAMA nº. 004, de 18 de setembro de 1985**, que em seu artigo 3º define como Reservas Ecológicas, entre outras, os manguezais em toda sua extensão;
- A **Lei nº. 7.661, de 16 de maio de 1988**, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e define em seu artigo 2º parágrafo único;
- O **Decreto nº. 96.660, de 06 de setembro de 1988**, que dispõe sobre o Grupo de Coordenação incumbido de elaborar e atualizar o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e as normas para sua implementação, artigo 2º :

Obs: O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, esquivou-se de delimitar a Zona Costeira, repassando essa tarefa aos estados que deverão defini-la "em função de suas características naturais e aspectos socioeconômicos". No plano são sugeridos determinados critérios a serem levados em conta numa abordagem de perspectiva ambiental. No entanto, estabelece padrões de referência "na ausência de estudos técnicos suficientes para a aplicação dos critérios físico - ambientais", assim definidos: para a faixa marítima, a distância de 6 milhas marítimas (11,1 km) mar adentro e para a faixa terrestre, 20 km em direção ao interior do continente, partindo ambos de uma perpendicular à Linha da Costa (Resolução CIRM nº. 001, de 26 de setembro de 1990);

Resolução CONAMA Nº. 10, de 6 de Dezembro de 1990, que disciplina a exploração de bens minerais da Classe II; e que em seu Art. 3º estabelece que a critério do órgão ambiental competente, para dispensa de apresentação dos Estaduais de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA;

- A **Portaria MM/Diretoria de Portos e Costas nº. 52**, de 30 de outubro de 1995, que em seu anexo estabelece as normas para emissão de pareceres relativos à concessão de terrenos da União, obras, e outras atividades realizadas em áreas sob fiscalização do Ministério da Marinha:

2.4.4 - Legislação específica do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Natal

Da legislação ambiental específica do Estado do Rio Grande do Norte e do Município do Natal, cabe ressaltar os seguintes dispositivos:

- **Lei Orgânica do Município do Natal, de 03 de abril de 1990:**

- **Lei nº. 4.100, de 19 de junho de 1992**, que dispõe sobre o Código do Meio Ambiente do Município do Natal:

Obs.: De acordo com o parágrafo 9º Art. 8º da Lei nº. 4.459, de 19 de julho de 1993, as atribuições e competências estabelecidas pelo Código do Meio Ambiente do Município do Natal ao IPLANAT passam a integrar a ECONATAL.

- **Lei Complementar nº. 007, de 05 de agosto de 1994**, que dispõe sobre o Plano Diretor de Natal:

- **Lei 8.630/93, de 25 de fevereiro de 1993**, que dispõe sobre o funcionamento e exploração dos portos e dá outras providências.

2.4.5 - Comentários sobre a Lei 8.630/93

Abordamos a seguir os principais aspectos da “lei de modernização dos portos nº8.630/93” de 25 de **fevereiro de 1993**, que dispõe sobre o funcionamento e exploração dos portos e dá outras providências.

O Artigo primeiro, diz “cabe a união explorar, diretamente ou mediante concessão, o Porto Organizado” e define:

“I Porto Organizado: o construído e aparelhado para atender as necessidades da navegação e da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela união.;

“II Operação Portuária: de movimentação e armazenagem de mercadorias destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, realizada no porto organizado por operadores portuários;

“III Operador Portuário: a pessoa jurídica pré-qualificada para a execução de operação portuária na área do porto organizado”;

“IV Área do porto organizado: a compreendida pelas instalações portuárias, quais sejam, ancoradouros, docas, cais, pontes e piers de atracação e acostagem, terrenos, armazéns, edificações e vias de circulação interna, bem como pela infra-estrutura de proteção aquaviário ao porto tais como guias-correntes, quebra-mares, eclusas, canais,

bacias de evolução e áreas de fundeio que devem ser mantidas pela administração do porto.”.

Prega ainda a lei que devem atuar nos portos de forma integrada os seguintes órgãos: Administração do porto (Autoridade Portuária), autoridades aduaneiras (Receita Federal), marítima (Marinha do Brasil), sanitária (Vigilância Sanitária), de saúde e de polícia marítima (Capitania dos Portos).

Nos portos os arrendamentos são permitidos sempre precedidos de licitação, da mesma forma é feita com a concessão. As instalações portuárias podem ser exploradas sob as modalidades de uso público; uso privado; para movimentação de carga própria e para movimentação de carga própria e de terceiros, por isso existindo interessado na exploração e construção de instalações portuárias, o mesmo deverá fazer requerimento à administração do Porto para abertura dos procedimentos de licitação.

Os operadores portuários para realizarem as operações no porto passarão primeiro por um processo de pré-qualificação com exigências objetivas da Administração do porto e conforme norma publicada pelo Conselho de Autoridade Portuária (CAP). A Administração do porto já é considerada como pré-qualificada, podendo ser além de autoridade portuária a operadora portuária.

2.5 - Aspectos Gerais do Porto de Natal

2.5.1 - 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.

O vento reinante durante quase todo o ano é o de 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.

2.5.2 - Instalações

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 Contêine*, com área de 15.000m², exclusivo para atracação de navio contêineiro. 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 1.800m² cada;
 - Dois galpões contínuos aos armazéns com área de 456m² e 380m² cada;
 - Área retroportuária de 6.000m² contígua ao cais e outra de 7.500m²;
 - Um armazém frigorífico de 1ª linha com área de 2.418,0m² (arrendamento);
 - Um armazém de 1ª linha com área de 1.970m², 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.

2.5.3 - 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.

3 – METODOLOGIA

A análise dos impactos ambientais apóia-se nos condicionantes físicos, biológicos e antrópicos levantados no diagnóstico ambiental, o qual caracteriza os processos atuantes na área de influência do empreendimento em relação à geologia, geomorfologia, pedologia, recursos hídricos, parâmetros oceanográficos, fauna, flora e sócio-econômico-cultural.

A área em questão, por se tratar de um estuário caracterizado por uma estrutura altamente dinâmica advinda da interação de águas marinhas e continentais associadas a uma complexidade de fatores de diversas ordens e origens, necessita de um estudo integrado e de caráter amplamente sistemático.

Como marco inicial para os trabalhos de campo, foram analisados os documentos cartográficos disponíveis sobre a área, ou seja, fotografias aéreas multi-temporais, plantas plani-altimétricas e cartas batimétricas. Este procedimento, complementado por observações de campo, permitiu uma melhor compreensão do comportamento do Estuário do Rio Potengi e de sua área de influência.

Seguindo uma metodologia apropriada para o estudo destes ambientes complexos, foram analisados dados referentes à fatores ambientais, como batimetria, marés, correntes, ondas, salinidade, temperatura, transparência da água, materiais em suspensão, sedimentos de fundo, macrofauna bentônica etc.

No trabalho procurou-se realizar interações e análises dos condicionantes com intuito de definir a qualidade ambiental da referida área.

A partir dos condicionantes da dinâmica dos aspectos levantados e de suas interações associadas às caracterizações das ações propostas no desenvolvimento do projeto, foi possível realizar uma previsão das alterações no meio ambiente, através de modelizações numéricas.

4 – ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

4.1 - Geologia e Geomorfologia Regionais

4.1.1 - A Geologia Regional

Embora pesquisas sobre a litologia da faixa costeira de Natal sejam realizadas desde o início do século XX (Branner, 1902 e Jenkins, 1943), somente a partir da década de 50, é que elas tornaram-se mais sistemáticas. Neste aspecto, podem ser destacados os trabalhos realizados por Kegel (1957), Campos e Silva (1966 e 1967), Salim & Coutinho (1947), Nogueira (1981 e 1982), Cunha (1982) e Mabesoone (1984).

Geologicamente o litoral do Nordeste Oriental do Brasil é constituído por terrenos cristalinos pré-cambrianos, no embasamento, com larga primazia de rochas metamórficas, como migmatos, gnaisses, xistos, quartzitos e mármore, representantes do Maciço de Caldas Brandão (Gomes e al. 1981) ou Complexo Caicó (Jardim de Sá, 1994).

4.1.2 - O Arcabouço Pré-Cenozóico

Sobre este arcabouço repousam os sedimentos mesocenozóicas, os quais apresentam-se 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 Godwana, 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 do Grupo Barreiras, que por sua vez são recobertos também discordantemente por sedimentos continentais e transicionais mais recentes (Figura), os quais serão discutidos no item relacionado à área local.

4.1.2.1 - A Bacia Pernambuco – Paraíba

A seqüência sedimentar da Bacia Pernambuco – Paraíba repousa em discordância sobre rochas pré-cambrianas e sua espessura máxima é de 390 metros ao nível do litoral (Gomes et al. 1981). Na parte emersa, as camadas sedimentares mergulham suavemente em direção ao mar (inclinação de 5 a 25 m/km). A sedimentação cretáceo-paleocênica forma um ciclo onde se destacam basicamente duas fácies principais: continental, representada por arenitos com intercalações subordinadas de argilitos e folhelhos; e marinha, que são calcários e margas, com arenitos carbonáticos e fosforito na base.

Esta seqüência sedimentar pode ser dividida litologicamente, em duas: seqüencial clástica basal, terrígena e englobando os sedimentos da Formação Beberibe e horizontes de dolomitos arenosos, limitada no topo por um horizonte de mineralização fosfática (Kegel 1955); seqüência carbonática superior, de caráter químico, bioquímico dominante, englobando os sedimentos das formações Gramame e Maria Farinha. O horizonte carbonático parece ter continuidade no oceano, conforme sugerido por Amaral (1988).

4.1.2.2 - A Bacia Potiguar

A Bacia Potiguar é a mais oriental das bacias da margem equatorial e sua importância econômica decorre dos resultados exploratórios significativos alcançados desde as primeiras descobertas no mar (Campo de Ubarana, 1973), e em terra (Campo de Mossoró em 1979). Atualmente constitui-se no principal produtor de petróleo em terra do Brasil, com uma produção em torno de 100 mil barris/dia.

Estudos pioneiros nesta bacia foram realizados por Burlamaqui (1855) e, posteriormente, por Crandall (1910), Sopper (1913), Maury (1924, 1934), que descreveram os calcários fossilíferos na região de Natal. Foi atribuída aos fósseis dessa região uma idade turoniana, Oliveira & Leonardos (1943), percorreram toda a bacia e denominaram de Grupo Apodi, as rochas calcárias aflorantes.

Cypriano & Nunes (1968) definiram formalmente a Formação Jandaíra, e subdividiram-na em três membros. Confirmaram a existência da Formação Gangorra (seqüência de clásticos finos, predominantemente folhelhos escuros, cinza-esverdeados e carbonosos, abaixo da Formação Açú), e distinguiram a Formação Jandaíra.

Mayer (1974), formalizou a subdivisão da Formação Açú em três membros. Sugeriu a criação de uma nova coluna estratigráfica composta pelas seguintes formações: Açú, Ubarana, Salgado, Macau e Tibau.

Baseado nos estudos anteriores e em dados de cerca de 4.000 poços e de mais uma centena de quilômetros de seções de sísmica de reflexão (78% no mar), Araripe & Feijó (1994) apresentaram a definição das unidades hoje mais aceitas pela comunidade. Assim tem-se as rochas da bacia organizadas em três grupos: o Grupo Areia Branca, representante das fases rifte e transicional, que reúne as formações Pendência, Pescada e Alagamar, de conteúdo dominante clástico; os grupos Apodi e Agulha, representantes do estágio de deriva continental, englobando, respectivamente, as formações Açú, Jandaíra, Ponta do Mel e Quebradas, já com a predominância de carbonatos em direção ao topo, e as formações Ubarana, Guamaré e Tibau, compostas por clásticos e carbonatos de baixa energia.

4.1.3 - O Quadro Morfo-Tectônico

A história pré-cenozóica do litoral oriental do Rio Grande do Norte destaca um importante acervo de elementos estruturais reconhecido no embasamento pré-cambriano, representado por zonas de cisalhamento dúcteis a dúcteis-frágeis de trends variados; nas proximidades da costa, as zonas de cisalhamento infletem no rumo NE, segundo as quais desenvolvem-se amplos vales fluviais no baixo curso.

A tectônica mesozóica ainda não está claramente reconhecida em superfície. O desenvolvimento de um “par” NE x NW pode ter sua origem nesta época, analogamente ao sistema desenvolvido no litoral norte (Sistema de Falhas de Canaubais versus Falha N-S da fase rifte (separação América do Sul – África), ou ter sido desenvolvida posteriormente (Terciário). Na região entre Nova Cruz – Santo Antônio, cerca de 60km ao sul de Natal, encontra-se caracterizado um importante acervo de falhas direcionais na meso-escala, predominando tipos transcorrentes N-S, tradicionalmente atribuídos às falhas geradas na fase rifte. Estudos mais detalhados são requeridos a fim de se obter alguma “chave” para o posicionamento cronológico desse sistema de falhas.

Com respeito à tectônica cenozóica, Lima et al. (1990) descreveram as relações entre a sedimentação Barreiras e o padrão atual de afloramento dessas seqüências,

correlacionando-os ao campo de tensões atual. Segundo esses autores, o eixo de compressão máxima varia de E-W (litoral oriental e parte do litoral setentrional do RN) a NW-SE (litoral setentrional do Estado, a partir de sua inflexão NW-SE); as maiores espessuras da sedimentação Barreiras, portanto, seriam encontradas preservadas nos baixos estruturais neotectônicos. Bezerra et al. (1993) apresentaram, a nível preliminar, uma abordagem morfo-neotectônica do litoral oriental do Rio Grande do Norte; a integração entre ferramentas geológicas, geomorfológicas e estruturais permitiu o reconhecimento de três direções principais de lineamentos regionais e a redefinição do Graben do Potengi (Costa & Salim 1972) como uma estrutura em hemi-graben cuja falha principal tem um rumo N60°E, comportando o estuário do Rio Potengi e o baixo curso do Rio Jundiáí, seu principal afluente.

Para o litoral oriental, a atuação de evento(s) neotectônico(s) é postulada com base na análise morfo-tectônica (Bezerra et. al. 1993, Fonseca et al. 1997), que revela como direções principais as orientações NE-NW; segundo essas direções desenvolve-se um expressivo conjunto de feições morfológicas, quais sejam: quebra de relevo do Barreiras, alinhamento de drenagens e deflexões, trajetórias de migração e abandono de canais, assimetria dos terraços aluvionares, lagoas e campo de lagoas alinhadas, corredores de campo de dunas, linha de costa N-S recortada em échelon e recuada no sentido norte, bem como a distribuição dos sedimentos do sistema costeiro.

A posição particular desta região em relação à margem continental sul-americana determina a atuação de um importante campo de tensões global compressivo (par Cadeia Meso-Atlântica versus Cadeia Andina; Assunção 1992) interagindo com um campo regional distensivo (efeito da “face livre” na margem continental). A ocorrência de eventos neotectônicos na região foi postulada em trabalhos pioneiros de Beurlen 1967, Costa & Salin 1972, Salim et al. 1979, e posteriormente retomados por Lima et al. 1998. Além de critérios de campo, é nesta região que localiza-se uma das mais importantes áreas de atividades sísmica do Brasil (João Câmara), cujo enxame de sismos define a Falha Sísmica de Samambaia (Assunção et al. 1985/89, Takeia et al. 1985/89), Takeia et al. 1989, Ferreira et al. 1987/90).

No que diz respeito aos elementos tectônicos maiores reconhecidos nas vizinhanças da área do empreendimento, Fonseca et al. (1997) adotam a terminologia Hemi-graben do Jundiáí para designar esta feição tectônica definida como Graben por Costa & Salin (1972) ou Hemi-graben do Jundaí para designar esta feição tectônica definida como Graben por

Costa & Salim (1972) ou Hemi-graben do Potengi por Bezerra et al. (1993), tendo em vista que é sobre o Rio Jundaí que estão evidenciadas as maiores expressões do desenvolvimento dessa estrutura, quais sejam o alargamento do vale fluvial, a assimetria do registro sedimentar (terraços aluvionares e aluviões modernos predominantemente na margem esquerda), bem como a ocorrência de um expressivo acervo de falhas e elementos de fabric associados reconhecidos em pedreiras na região de Macaíba (Bezerra et al. 1996, Fonseca et al. 1997).

O basculamento é inferido para SE, com base na dissimetria da rede de canais (predominam canais na margem esquerda), por exemplos de deformação impressa em sedimentos do Grupo Barreiras (Bezerra et al. 1993, Fonseca et al. 1997), sendo corroborada por estudos gravimétricos regionais (Bezerra et al. 1993, Nazaré Jr. 1993) e poços hídricos que denotam uma expressiva variação de espessura dos sedimentos modernos em perfil transversal ao estuário do Potengi (Costa & Salim 1972, Bezerra et al. 1993).

4.1.3.1 - A Morfo-Esculturação

Uma grande diversificação geomorfológica é verificada no Nordeste do Brasil, onde são evidentes os papéis desempenhados pela estruturação geológica pré-cenozóica e pela evolução morfoclimática combinados com a ação dos demais agentes modeladores do relevo.

Bigarella et al. (1965), sugeriam que dois conjuntos diferentes de processos atuaram alternadamente na paisagem, durante o Pleistoceno. Nas épocas glaciais, a paisagem sofreu degradação lateral em clima semi-árido; em épocas interglaciais, ocorreu a dissecação do relevo, em clima úmido. Uma relação entre estas flutuações e as variações eustáticas é feita por Prates et al. (1981), que assim indica que os períodos degradacionais estariam associados com a diminuição do nível de base geral.

Neste sentido, a *Superfície dos Tabuleiros Costeiros*, denominação consagrada na literatura geocientífica brasileira, mostra-se como a maior expressão morfoescutural da área em estudo, sendo a unidade geomorfológica mais sensível aos efeitos das variações climáticas quaternárias. Baseando-se nas formas observáveis, que é o Projeto

RADMBRASIL (Prates et al. 1981) traçou um quadro evolutivo para esta unidade no litoral leste, o qual é sumariado a seguir.

Os Tabuleiros Costeiros são suportados por uma faixa de sedimentos com geometria aproximadamente tabular sobre as quais se molda o relevo pertinente, encaixada entre o relevo dissecado da Depressão Sertaneja e as praias atuais; esta unidade se estende por uma faixa contínua de cerca de 700 Km ao longo do litoral dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. No seu interior seu contato se dá com a Depressão Sertaneja, sua largura média é de 50 Km e sua altitude média varia entre 70 e 100 metros (Prates et al. 1981).

Ao fim da deposição dos sedimentos de Barreiras, que se estendiam em direção ao mar a distâncias muito maiores do que as atuais, segundo o grau de inclinação do topo dos tabuleiros, a fração arenosa destes sedimentos juntamente com as areias marinhas começam a ser mobilizadas, por processos eólicos para o interior do continente. Este processo é atribuído ao pleistoceno inferior e relacionado às dunas de coloração vermelha que devem ter se formado neste período, que seria interglacial, assim como os seguintes onde houve a formação dos cordões arenosos. No pleistoceno médio, foram formadas, em condições semelhantes, as dunas transversais em Natal.

Em 1978, Tricart (in Prates et al. 1981) atribuiu para estas dunas uma extensão muito maior do que a atual, tendo sido elas truncadas com o avanço das águas oceânicas. As dunas migrantes mais recentes foram remobilizadas dos depósitos arenosos formados na parte descoberta da plataforma durante a última regressão.

Por outro lado, as planícies flúvio-marinhas presentes na faixa litorânea e elaboradas no Quaternário, formam, juntamente com as dunas e as lagoas, o quadro morfológico elaborado mais recentemente na história evolutiva da região. Salim & Coutinho (1974) e Cunha(1982) explicam que à medida que os talwegues eram atingidos por processos tectônicos, principalmente durante períodos transgressivos, as encostas destes vales tornavam-se mais pronunciadas, sofrendo um recuo maior do que aqueles que não foram afetados por tectonismo, fornecendo então mais material para as calhas fluviais. Assim, somente os rios com maiores caudais, como o Ceará Mirim, Potengi, Jundiá, Jacú e Curimataú, apresentam grandes planícies fluvio-marinhas.

A bacia hidrográfica do Rio Potengi ocupa uma área de aproximadamente 4.075Km², cujo interflúvio principal é a serra de Santana. No baixo curso, a rede de

drenagem foi instalada sobre a Superfície dos Tabuleiros, cujo grau de dissecação apresenta-se variável, exibindo um grande número de riachos instalados sobre esta superfície, os quais já foram grandemente modificados pela ação antrópica.

O Rio Potengi em seu alto e médio cursos evidencia um padrão retangular NW- SE / NE-SW. Nas proximidades de Macaíba este rio exhibe direção geral E-W e “desemboca” no Rio Jundiá, sendo que este último exhibe um leito bastante alargado na direção NE-SW, encaixado em uma depressão esculpida nos sedimentos do Grupo Barreiras e segundo a qual pode ser reconhecido um grande número de feições morfo-estruturais interpretadas como resposta ao conhecimento tectônico. É sobre esta ampla zona rebaixada que se instala o sistema estuarino.

Um outro elemento morfoescultural presente no litoral estudado corresponde às linhas de recifes constituídas por arenitos de praia (beach rocks) que segundo a maioria dos estudos realizados na região representam antigas linhas de praia.

Temos ainda presença de falésias que correspondem a arenitos ferruginosos do Grupo de Barreiras e em geral se constituem no limite da planície costeira (planície litoral). Equivalem a formas atuais ou sub-atuais ao longo da costa de Natal formando feições abruptas talhadas no relevo de Formação Barreiras.

4.2 - Geologia e Geomorfologia Locais

4.2.1 - Formações Terciárias - Barreiras

Distribuída ao longo da extensa faixa litorânea que se estende desde o Estado do Espírito Santo até o Amapá, pode-se observar uma notável e contínua seqüência de sedimentos pouco ou nada consolidados, cuja heterodoxia litológica abarca desde as argilas até os conglomerados, e que normalmente apresentam uma estratificação irregular e muito diferenciada.

O termo Barreiras foi utilizado pela primeira vez por Branner (1902), para denominar este conjunto de litologias siliciclásticas cenozóica que se encontra sobreposta, discordantemente a rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino ou aos sedimentos

mesozóicos. Os sedimentos deste grupo formam uma seqüência de camadas e lentes de depósitos clásticos, com granulometria variando desde seixos quartzosos até areias arcossianas e argilas caulínicas, pouco consolidados ou friáveis, com cores avermelhadas, alaranjadas, esbranquiçadas e variadas. Esses sedimentos localmente, ocorrem com níveis de laterizações, onde são mais compactos; ou blocos de arenito ferruginosos, bastante litificados por diagênese química. Esses depósitos afloram em vários locais com alternância de camadas distintas, que constitui um aspecto freqüente no pacote sedimentar, sendo observada inconformidade erosiva separando as camadas. Estudos posteriores de Oliveira & Leonardos (1943) empregaram o terceiro Série Barreiras. Bigarella & Andrade (1984) apresentaram os primeiros estudos sistemáticos e na faixa costeira de Pernambuco foi sugerida uma divisão do Grupo Barreira nas Formações Guararapes (inferior) e Riacho Morno Superior). A partir desta classificação, Campos e Silva (1965) subdividiu o Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte nas Formações Macaíba e Potengi sobrepostas à Formação Riacho Morno.

Nogueira (1981), estudando o cenozóico da região de Natal, concorda com a subdivisão proposta anteriormente e sugere a existência de uma outra unidade, "Formação Natal", ocorrendo acima da Formação Macaíba. Segundo esta autora, a "Formação Natal" é constituída de um episódio de origem diversa ao Grupo Barreiras e é observada nos vales formados por dunas brancas e amareladas, com formas de colinas de flancos bastante suaves.

Quanto a sua distribuição, o Grupo Barreiras é reconhecido, no Nordeste do Brasil, em toda a faixa litorânea, recobrimdo as formações, mais antigas, sendo encontrado no litoral oriental do Rio Grande do Norte, ocupando uma faixa média de 50Km continente adentro. Formam tabuleiros ou chapadas com uma suave inclinação no sentido do mar. Sua monotonia topográfica é comumente quebrada por uma malha fluvial diversificada, por vezes relacionadas à estruturação tectônica do embasamento. Ocorre recobrimdo discordantemente tanto as rochas pré-cambrianas, como as bacias sedimentares mesozóicas. As cotas altimétricas máximas observadas no litoral leste, estão em torno de 130 m, chegando ao litoral a média de 50m. As espessuras podem chegar a 130 m (Gomes et al. 1981).

Predominam sedimentos areno-argilosos com intercalações sílticas e conglomeráticas. A argilas por vezes apresentam-se puras e ocupando grandes extensões, podendo formar neste caso depósitos economicamente viáveis de caulim. A coloração pode

variar de tons avermelhados a esbranquiçados, estando ou não intercalados. São de modo geral sedimentos pouco consolidados, exceto quando ocorrem como arenitos finos a grossos fortemente cimentados por óxido de ferro, observáveis principalmente ao longo das falésias e nos vales dos principais rios do litoral como se verá mais adiante.

É consenso entre os pesquisadores que estes sedimentos foram originados em ambiente continental, relacionado a sistemas fluviais e deltaicos intercalados com registros de correntes de lama e areia e de flutuações climáticas, indicadas pelos horizontes conglomeráticos.

Estratigraficamente acima do Barreiras e aparentemente abaixo dos sedimentos dunares, são encontrados os sedimentos areno-quartzosos com pouca argila e grânulos de quartzo e limonita, de coloração amarelo avermelhada apresentando por vezes estratificação plano paralela. Estes depósitos são diferenciados por alguns autores (citados por Nogueira et. al. 1990 a, b) e são geralmente relacionados ao intemperismo Potengi de Mabesone et al. (1972). Foram denominados de Formação Potengi (Vilaça et al. 1986).

Trabalhos recentes (Arai et al, 1998) indicaram que o Barreiras começa a ser depositado no Mioceno ainda que maioria dos autores aceitam a idade como plioceno a pleistoceno.

A formação Serra de Martins compreende uma seqüência inferior, com fácies arenosas a conglomeráticas, com cimentos ferruginosos e leito de arenito claro bem silicificado em determinados trechos. Na base dessa unidade ocorrem areias bastante caulínicas do cristalino. Esses depósitos repousam discordantemente sobre as rochas calcárias do Cretáceo.

A Formação Guararapes constitui a unidade intermediária e é formada por sedimentos arenosos variados, com fácies argilosas e com lente de seixos quartzosos. Ocorre com um capeamento arenoso e siltico argiloso denominado de intemperismo Riacho Morno. A ocorrência desta unidade, segundo Mabeoone et al. (1997), é observada em toda área litorânea do Rio Grande do Norte, constituindo as formas de relevo das planícies de aplainamentos, vertentes dos vales e falésias.

A Formação Macaíba caracteriza-se por cores esbranquiçadas constituídas por materiais areno-argilosos, com seixos na base. Foi depositada em antigos grabens que sofreram reativação. Esta formação é recoberta por areias argilosas de coloração avermelhada, amarelada e creme.

Contudo, neste trabalho, de acordo com alguns autores, preferiu-se não considerar as subdivisões propostas, adotando o Grupo Barreiras como um complexo indiviso.

Na região costeira de Natal, esta seqüência está representada morfologicamente por formações tabulares semi-planas, que geralmente terminam abruptamente em paredes nas margens do estuário do Potengi e formam falésias nas praias. Estas formações estão em muitos lugares ocultas por dunas e aluviões. Os primeiros mascaram as formações anteriores.

As formações tabulares que alcançam as vertentes costeiras ou litorais e aparecem na forma de falésias, estão constituídos por conglomerados de arenitos incrustados de grãos e grânulos angulosos de quartzo, fortemente cimentados por hidróxidos de ferro (limonitas) que converte o conjunto num suporte bastante duro e resistente.

Estas falésias aparecem principalmente na faixa litorânea, ora expostos à ação marinha, sucedendo em formações ativas ou vivas (falésias vivas), ora em posições mais elevadas, convertendo-se então nas chamadas falésias mortas, que testemunham um anterior nível do mar mais alto que o atual. Secundariamente, se encontram formando recifes por cimentação por óxido de ferro ou argila e neste caso, os sedimentos se apresentam mais litificados e estão relacionados com o retrocesso pela erosão das falésias. Estes recifes apresentam formas irregulares com superfícies entalhadas, que se estendem paralelas à costa ou formando paredes perpendiculares, que penetram até 1,5 Km até o mar. Os recifes, em geral, estão bastante litificados, devido aos processos diagenéticos resultantes da concentração de óxido de ferro e material argiloso, que atua como matrizamento nas áreas de contato com o mar.

Na região de Natal, as falésias mais notáveis são as de Pirangi, Ponta do Morcego, Barreira do Inferno, Barreira Nova e Ponta de Mãe Luíza. Em geral, mostram cimas aplanadas, provavelmente desgastadas pela ação das grandes ondas de um mar antigo, que estava a 7 metros acima do atual.

A origem desta seqüência de sedimentos terciários é bastante discutida. Segundo Mabesoone e outros (1972), se deve a uma formação da época cenozóica, conseqüência da gênese do relevo pelos movimentos tectônicos de convexão e rebaixamento (falhas), assim como pela ação dos diferentes paleoclimas que existiram na região (figuras 2 e 3).

4.2.2 - Formações Quaternárias e Recentes

4.2.2.1 - Dunas

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

Os estudos sedimentológicos deste material, realizados por Andrade (1968), mostram grãos predominantemente sub-arredondados de brilho escuro e valores de seleção situados entre 0,37 e 0,75, que delatam sua origem eólica.

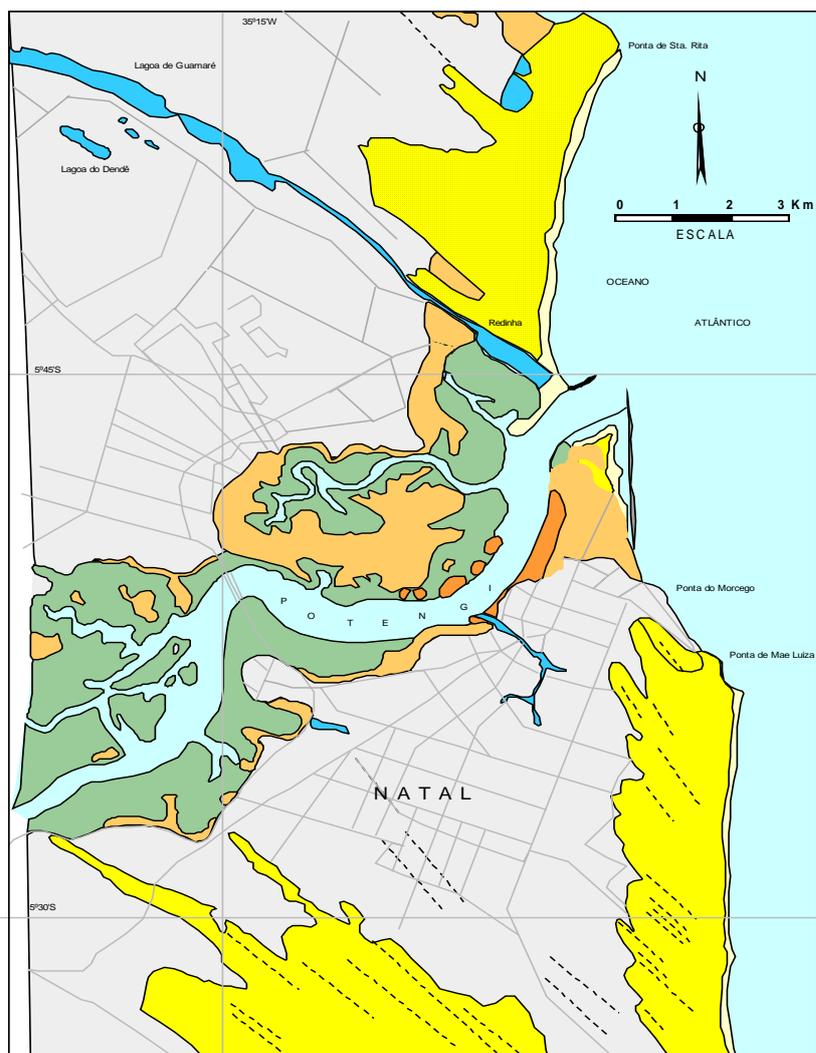


Figura 3 - Mapa Geomorfológico da Região de Natal

CONVENÇÕES	
Feições Morfológicas	Litologia / Depósitos detríticos
 Aluviões atuais	Sedimentos arenosos, mal selecionados, localmente cascalhos, silte e argila.
 Praia e pós-praia	Areias quartzosas predominantemente médias a finas
 Mangues atuais	Sedimentos siltico-areno-argiloso, ricos em matéria orgânica
 Campo de dunas com retomada atual da atividade eólica, com corredores de vento e migração de dunas	Areias fina, brancas, bem selecionadas, localmente micáceas
 Campo de dunas vegetadas, já estabilizadas com ação eólica atual restrita	Areias finas, brancas, amareladas e avermelhadas, bem selecionadas, localmente ricas em matéria orgânica
 Restos de baixas planícies arenosas	Sedimentos predominantemente arenosos, regularmente selecionados
 Tabuleiros terciários	Grupo Barreiras, Formação Guararapes e Macaíba indivisos, sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos, com intercalações de níveis conglomeráticos e de cascalhos.
 Aterros	Sedimentos arenosos (areias quartzosas médias a finas) oriundas de dragagens e de dunas

Figura 4 – Legenda do Mapa Geológico-Geomorfológico

Morfologicamente, manifestam-se em forma de colinas suavemente modeladas, dispostas paralela ou semi-paralelamente, seguindo a orientação geral SE-NO e expostas predominantemente aos ventos de componente SE.

As dunas adquirem formas geralmente parabólicas e arredondadas, que em certos casos, apresentam um progressivo alongamento, sugerindo a transição para uma morfologia longitudinal, em forma de grampos de cabelo.

Estas formações se distribuem de maneira destacada na região litorânea em questão, mascarando com frequência outras de idades ou cronologia anterior.

A predominância expressiva dos depósitos eólicos é resultante de uma interação de diversos fatores ambientais, que na área se comportam de maneira bastante propícia ao desenvolvimento de grande campos de dunas, cuja formação ainda é observada em alguns locais, na atualidade.

Dentre estes fatores, podemos destacar a disponibilidade de material proveniente de erosão das praias, como no caso de Areia Preta. Além disso, temos a amplitude considerável da maré; uma insolação média anual muito alta e a baixa declividade das praias. E principalmente, o sistema de ventos de forte intensidade e de frequência quase constante no quadrante sudeste.

Estes campos de dunas se desenvolveram em gerações distintas, alternadamente, em resposta as flutuações glácio-eustáticas do nível do mar, durante o quaternário.

Costa (1971), baseado nos estudos de Trincard & Cardoso (1969), efetuados na região costeira da Bahia e Sergipe, subdividiu as dunas pleistocênicas de Natal em quatro tipos: *Dunas Antigas* (Pleistoceno Inferior), retrabalhadas por vários tipos de erosão ou fixadas por vegetação, de coloração avermelhada, com cotas altimétricas predominando entre 40 e 60 metros; *Dunas de Idades Intermediárias*, fixadas por vegetação exuberante, com altitudes variando entre 80 e 120 metros, apresentando coloração amarelada; *Dunas do Pleistoceno Mais Superior*, apresentando coloração esbranquiçada à amarelada e morfologia mais ou menos plana, ocupando baixadas e praias; *Dunas Atuais*, com cores esbranquiçadas, migrantes e localizadas nas encostas das dunas intermediárias.

Estudos mais recentes de Nogueira (1980); Cunha (1982); Cunha et al. (1990), com base em registros e relações estratigráficas, diferenciaram até três (03) gerações de dunas e, em alguns pontos, como na Praia do Forte, a presença de uma quarta geração ainda em atividade.

A geração mais antiga foi identificada como paleodunas formadas por areias quartzosas inconsolidadas de granulação média, de cor vermelha ou amarela. Estariam associadas aos níveis do Mar do Pleistoceno e formam extensos cordões que se prolongaram por mais de 10 Km.

Sua espessura é variável, diminuindo em direção ao interior, e apresenta um elevado grau de pedogênese, com solos bem desenvolvidos.

A segunda geração consiste em dunas de formas parabólicas, constituídas de areia quartzosas inconsolidadas, granulação fina a média, variando de bem a moderadamente selecionadas e de coloração branco-amarelada.

Pode-se encontrar formas simples isoladas ou formando sistemas complexos que são indícios de vários eventos de reativação.

A morfologia característica em planta é em forma de U e V, com alturas de 20 a 40 metros e longitudes variando entre 1.200 e 2.000 metros. A largura também é variável, entre os 280 a 490 metros.

O caráter impermeável dos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, sotopostos às dunas, induz a retenção das águas pluviais, e com isso, a manutenção de um nível hidrostático elevado, favorecendo uma colonização vegetal exuberante na parte de sotavento das dunas, freando sua índole migratória, e, desta maneira, estabilizando-a parcialmente. Observa-se ainda a presença de lagoas nas áreas intermediárias.

A terceira geração de dunas, comumente chamadas de dunas atuais, consiste num último sistema de dunas ativas que está presente na área.

São referentes ao processo de estabilização do nível do mar atual. Os processos de regularização da linha de costa favoreceram um grande estoque de sedimentos oriundos da erosão das dunas anteriores, das falésias e das praias. Estes sedimentos colocados à disposição da marcante atividade eólica da região, distribuíram as areias em torno de um manto aproximadamente paralelo à linha de costa, as quais, num segundo estágio, se deslocaram para o continente e, em alguns trechos, começaram a se sobrepor às dunas anteriores. Estão formadas por areias de granulometria fina a média na cara a barlavento e um pouco mais opostas na cara de sotavento. Apresentam coloração esbranquiçada e são desprovidas de vegetação.

A migração atual destas dunas se deve mais a reativação dos processos eólicos nas próprias dunas, que se encontravam em estágio inativo, do que através de novas alimentações sedimentarias da praia. Os terraços marinhos, também se constituem em fonte de material para sua migração.

Deve ser ainda registrada a presença de um campo de dunas em plena atividade na Praia do Forte, cujos processos atuais estão associados à intervenção antrópica na área.

A ocupação humana nesta área iniciou-se com a construção do Forte dos Reis Magos, em 1599, contudo somente no início do século XX, com o objetivo de impedir o aporte de sedimentos para o canal de navegação do Porto de Natal, foram realizadas diversos tipos de intervenções, como a fixação de dunas entre 1900 e 1910, e a construção do guia corrente da Limpa (1929). A primeira intervenção criou parte do campo de dunas ainda hoje existente e a segunda alternou completamente o padrão de circulação desta célula costeira, gerando uma zona de deposição na enseada do Forte, que propagou-se para o sul, assoreando as praias e com isto, disponibilizando mais material para o transporte eólico.

Assim, observou-se nos últimos anos, o aparecimento de dunas frontais na zona de praia, que se estenderam longitudinalmente ao longo de 1 Km, apresentando transversalmente, dimensões que variam entre 30 e 150 metros, e com cotas máximas alcançando os 7 metros de altura.

Este sistema de dunas migra para o interior soterrando parcial a totalmente a avenida de acesso ao Forte dos Reis Magos.

Da avenida para o interior, as dunas apresentam uma forma parabólica do tipo hairpin, com direção de deslocamento noroeste. As dimensões destas dunas são da ordem de 800 metros de comprimento por 200 metros de largura, e sua cota máxima é de 15 metros. O sistema de dunas parabólicas apresenta-se temporariamente estabilizado devido a atual falta de aporte de material, como também às experiências de fixação de dunas realizadas no início do século XX, com o objetivo de impedir o assoreamento eólico e o estuário do rio Potengi, inclusive registrado por Branner (1902).

Enquanto isto, ao norte do estuário do Potengi, principalmente na Ponta de Santa Rita, a cobertura vegetal é escassa, com árvores de raízes expostas e até 30 metros de altura soterradas, constatando-se uma retomada dos processos eólicos, que leva inclusive ao desenvolvimento de zonas de erosão, instaladas sobre as dunas mais antigas.

Distingui-se neste campo de dunas, a formação de corredores de ventos, onde são encontrados sedimentos de granulometria mais grossa e marcas onduladas de grande longitude de onda.

Tanto a norte, quanto ao sul do rio Potengi, as dunas para o interior são menores, com a coloração de suas areias passando de branca para amarelada e avermelhada.

Decrescem também em altura e mostram formas longitudinais orientadas também segundo NW-SE.

Para o interior, é possível observar cordões retilíneos de até 6 Km de comprimento, solitários ou em conjuntos, distribuídos espaçadamente sobre a superfície aplanada dos sedimentos terciários.

A nordeste das localidades de Guarapes e Mangabeira observa-se as dunas interiores atingindo cotas mais elevadas de até 80 a 90 m. Neste local, a estrada que une Natal a Macaíba, corta transversalmente os cordões de dunas.

O avanço das dunas para o interior condiciona a presença de algumas drenagens, como no caso do riacho Ponte Velha, a nordeste de Parnamirim, que neste local tem seu curso adaptado à direção das dunas. Ao mesmo tempo, este avanço deve ter barrado alguns leitos antigos ou mesmo canais de marés, dando origem a lagos como os de Extremoz e Guamaré, próximos à Ponta de Santa Rita e o do Jiqui, próximo a Ponta de Cotovelo.

A extensão e exuberância dos depósitos de areias eólicas inconsolidadas constituem uma importante área fonte de material arenoso para os rios e riachos que acabam por levar este material até o estuário do Potengi/Jundiá.

4.3.2.2. Recifes

Os arenitos de praia desta região foram descritos pela primeira vez por Darwin (1841), quando se referiu a arenitos calcíferos com fragmentos de conchas e raros seixos, constituindo recifes alinhados paralelamente à linha de costa. Foi Baranner (1902), quem propôs que os arrecifes representariam antigas linhas de praia, consolidadas por carbonato de cálcio. Andrade (1955), considerou os recifes como sendo offshore bars bem consolidados. Ottmann (1960) e Oliveira (1978) estudando a granulometria e as estruturas dos recifes, estabeleceram comparações entre esses corpos e as areias submarinas. Coutinho & Farias (1979), perceberam que a cimentação nos recifes é um processo rápido, podendo ocorrer completamente, em períodos de 10 a 15 anos. Oliveira et al. (1990) discutiram a origem destes corpos com base em sua petrografia. Amaral & Mendonça (1996), introduziram o uso sistemático de fotografias aéreas de pequeno formato no estudo

da zona costeira no Rio Grande do Norte, permitindo o estabelecimento de padrões geométricos não perceptíveis com os métodos de mapeamento tradicionais. Com base nesta técnica de mapeamento, Caldas et al. (1997), determinaram padrões geométricos, associados à neotectônica.

Os arrecifes de arenitos se encontram distribuídos ao longo das praias locais, em forma de bancos alongados, paralelos à linha litorânea.

Morfologicamente assimétricas, estas formações apresentam-se em queda abrupta para a parte externa (mar aberto) e em suave declive na cara que dá 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.

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

Nestes recifes, é patente a presença de tipologias estruturais diversas. Assim se podem encontrar estruturas escavadas, em virtude da erosão diferencial das ondas, de recheio, de estratificações cruzadas, as planares, que delatam paleocorrentes em sentido SE-NO, as acanaladas, que adquirem direcionalidades bastante heterogêneas, e por último as laminares.

Cabe destacar assim mesmo, a presença de moluscos fósseis, geralmente fragmentados, da classe bivalvia, bastante aplanados (laminados) pelo castigo da ação hidrodinâmica marinha.

Na área estudada, estes corpos de arenitos de praia apresentaram uma largura média aflorante aproximada de 50 metros 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 embocadura do Estuário Potengi, quando é interrompido por alguns metros para ressurgir mais ao norte, em frente a Praia da Redinha.

Estas feições apresentam também aberturas transversais que permitem a circulação d’água junto à desembocadura dos estuários. O desgaste do edifício recifal, tanto por efeitos naturais como por alterações antrópicas, algumas vezes não foi completo, com a

parte inferior do recife não sendo destruída, exercendo um papel de soleira, como no caso da foz do Estuário do Potengi.

Localmente, na Praia do Meio, além da linha alongada dos recifes, é encontrado um corpo de arenito mais interno, construído por areias bem selecionadas de coloração creme com estratificações plano-paralelas e alguns níveis de minerais pesados.

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.

Confirmando a sua origem praial, segundo Oliveira (1978), estes recifes representam, granulometricamente a parte baixa da praia úmida, onde provavelmente se formaram. Ainda de acordo com este autor, a presença de seixos é também típica desta zona.

Porém, a associação geográfica destes recifes com a desembocadura dos rios é evidente, como na região em questão com os rios Pium, Ceará Mirim e Potengi, onde os recifes sugerem antigas barras arenosas associadas com a foz dos leitos fluviais. Esta hipótese é reforçada através de análises comparativas dos dados hidrográficos e climáticos do nordeste brasileiro, que mostra uma concentração maior da umidade coincidente com os locais dos rios perenes e mais fortes incidência de recifes.

Isto é constatado também por Maia et al. (1997) que atribuí a origem dos beachrocks as interações físico-químicas entre os ambientes estuarinos e marinhos.

4.3.2.3 - Praias

Morfologicamente, as praias possuem uma inclinação de baixa a média, se acham instaladas nas entradas litorâneas, de formas não estáveis, normalmente separadas pelas formações rochosas de arenitos limonitizados, similares a da Formação Barreiras. As atuais formas destes depósitos estão intimamente ligadas ao processo de regularização da linha de costa, resultante da estabilização que apresenta o nível do mar na atualidade, através dos mecanismos hidrodinâmicos costeiros, isto é, da atuação das ondas e correntes combinadas com a resistência litológica dos sedimentos terciários.

Na atualidade, estas formações estão constituídas predominantemente pelas areias médias, quartzosas, com grãos sub-arredondados, polidos e boa esfericidade.

Observa-se que as características granulométricas apresentam modificações espaciais e temporais, com o diâmetro médio variando de areias grossas a areias muito finas. E em alguns casos, denota-se a presença de óxidos de ferro.

As areias grossas estão mais presentes nas praias ao sul, ou seja, Mãe Luíza e Areia Preta, associadas às rochas da formação Barreiras, enquanto as areias finas e muito finas predominam nas praias do Meio e do Forte.

O coeficiente de seleção apresenta pouca variação em maior proporção, as areias moderadamente selecionadas e em alguns pontos específicos, as areias bem selecionadas, principalmente nos sedimentos da parte superior da praia, indicando uma menor energia da maré ou a influência da melhor capacidade de seleção do transporte eólico.

Em relação aos componentes secundários, as areias apresentam um conteúdo médio de 5% de carbonato de cálcio, denotado pela presença de fragmentos de conchas e de algas calcárias, abundantes na plataforma continental.

O conteúdo de minerais pesados varia entre 4 e 10%, com predominância de limonita e hematita.

A partir dos mesmos resultados do transporte transversal e considerando as duas associações de minerais pesados característicos de cada ambiente (zona emergida e plataforma), foi observado que a Formação Barreiras é a principal fonte de material para as praias e que estas podem ser a fonte para a plataforma. O movimento inverso é muito pouco provável, ou seja, a plataforma não é fonte para os sedimentos das praias. Esta conclusão é reforçada pelo conteúdo de carbonatos, que na plataforma interna é da ordem de 20%, enquanto que na praia é por volta de 5%.

Da faixa de praia ao continente, se observa que pode existir um intercâmbio bidirecional de material entre a zona intermaré e a berma, aqui considerada em *senso lato*, pois inclui a berma propriamente dita e a superfície dos terraços marinhos, onde uma unidade pode ser fonte da outra, dependendo do estado de equilíbrio da praia. Em condições de erosão e retrocesso da linha de costa, a berma comporta-se como fonte de areia para suprir de sedimentos a zona intermaré, em caso contrário, ou seja, avanço da linha de costa, a zona intermaré é a fonte de material para a construção da berma. As dunas

podem ter como fonte, dependendo do tipo de perfil, tanto os sedimentos das praias como da berma.

Da discussão anterior, se observa que as únicas fontes possíveis de material para a deriva litorânea são os sedimentos do perfil de praia, incluindo a berma e o material proveniente da erosão da Formação Barreiras. O aporte direto de material desde o embasamento e da plataforma é muito pouco provável devido, no primeiro caso, a uma baixa capacidade de transporte dos rios e no segundo, à direção do transporte transversal que se processa principalmente na direção da plataforma continental.

4.3.2.4 -Terraços e Aluviões

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 os aluviões recentes e os paleoterraços resulta muito difícil, ainda que parece que os terraços, constituídos por material mais grosso, são devidos a um transporte mais competente dos rios, ocasionando uma intensa fase de erosão, provavelmente post-barreiras.

Costa (1971) observou, 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 sedimentação sobre os de erosão neste setor.

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.

4.3.2.5 - Mangues

A zona da desembocadura dos principais leitos fluviais está influenciada pelas interações entre as flutuações das marés e o fluxo fluvial, 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 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 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 bordeando todo o ambiente do estuário, até seu setor superior.

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 do Grupo 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.

O conteúdo sedimentológico destas areias mostra, todavia uma presença de material micáceo.

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.

5. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E OCEANOGRÁFICAS

5.1- Considerações Iniciais

Os processos costeiros são resultado das interações dos agentes dinâmicos ou fatores impulsionadores (ventos, ondas, correntes, marés e outros fenômenos) com a zona litorânea; por este motivo, 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. Assim, serão apresentadas informações básicas necessárias para a compreensão do sistema climático regional, suas variações e influências no sistema local, detalhando os parâmetros climáticos e dinâmicos que influenciam mais diretamente nos processos costeiros.

A característica dos ventos na região Nordeste do Brasil é a presença de um forte ciclo sazonal definido por um período anual. Os ventos são controlados pelo movimento da zona de convergência intertropical (ZCIT), que se desloca de norte a sul com as mudanças de estações. A ZCIT é uma grande região onde confluem os ventos alísios de nordeste e sudeste, caracterizada por intensa nebulosidade e baixa pressão atmosférica. A Figura 3, apresenta o padrão de ventos sobre o Brasil, com base em dados dos satélites COADS/NOAA, onde se pode observar a influência dos ventos na linha do Equador. Normalmente, a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, no Atlântico, até posições mais ao sul, durante o verão austral. Os ventos alísios de sudeste são mais intensos quando a ZCIT está ao norte (agosto a outubro), diminuindo progressivamente com sua migração até o Equador, até alcançar os mínimos valores anuais durante os meses de março e abril, quando os ventos de sudeste são mais amenos. O movimento para norte da ZCIT e a intensificação dos ventos de sudeste, que se inicia em maio, apresentam fortes efeitos no oceano, como são a mudança no padrão de circulação oceânica e o aumento na velocidade das correntes costeiras (Philander y Pacanowski, 1986a; Servain y Legler, 1986; Molinari y Johns, 1994). Além do ciclo estacional, o clima na região apresenta uma série de modificações interanuais geralmente associadas ao fenômeno El Niño.

O fenômeno inverso é denominado La Niña, que se caracteriza pelo resfriamento das águas na franja equatorial do Oceano Pacífico. É importante destacar que a magnitude das

anomalias negativas de temperatura na superfície do mar observadas durante este episódio é menor que a das anomalias positivas observadas nos episódios do El Niño. Nos anos de La Niña, persiste um forte movimento ascendente (formação de nuvens e presença de chuvas) no setor centro-oeste do Oceano Pacífico, principalmente na região da Indonésia e setores norte/nordeste da Austrália e um fortalecimento do movimento de descenso na parte centro-oeste da bacia oceânica, em particular na costa oeste da América do Sul. Este fenômeno impede a formação de nuvens e causa pouca chuva nesta região.

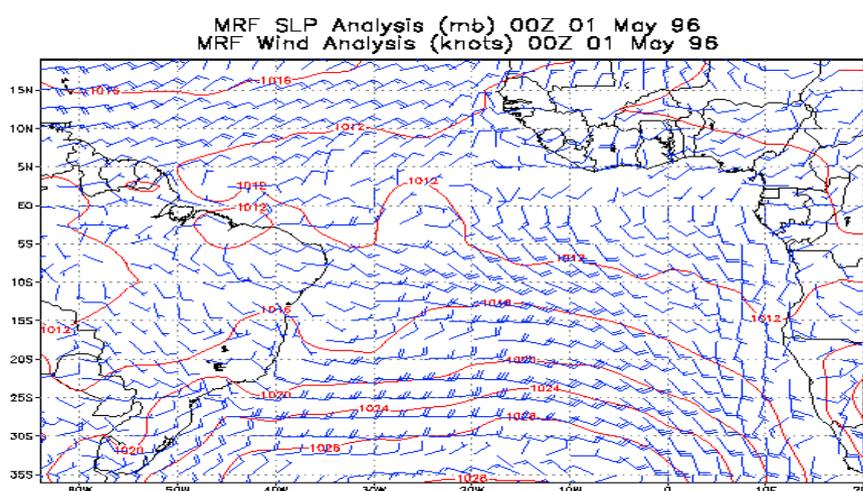


Figura 5 - Padrão dos Ventos sobre Brasil

O clima da região em que se localiza o empreendimento proposto, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo “S”, definido como clima tropical chuvoso quente com o verão seco, conforme Vianello & Alves (1991). Segundo a classificação bioclimática de Gaussen, a mesma região é enquadrada no tipo 3cTh, definido como um bioclima mediterrâneo ou nordestino quente de seca atenuada, com 3 a 4 meses secos por ano e índice xerotérmico moderado, entre 40 e 100, citado em Galvão (1967), ou ainda como um clima tropical de monção com pequena amplitude térmica anual e curto período seco, segundo Ayoade (1986).

A caracterização do comportamento climático foi realizada a partir dos dados coletados durante o período 1977-1996, na Estação Meteorológica da UFRN, localizada em Natal (latitude 5°55'00”S, longitude 35°12'00”W e altitude de 49m), sendo extrapolado para a área de estudo.

5.2– Parâmetros meteorológicos

5.2.1. Ventos

Para caracterizar os aspectos do clima no local, foi instalada uma estação meteorológica (Davis Instruments) no Departamento de Oceanografia e Limnologia (DOL) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Os diversos parâmetros que caracterizam o clima da região (data, hora, temperatura externa, temperatura interna, temperatura mais elevada, temperatura mais baixa, umidade, velocidade do vento, maior velocidade, direção do vento, precipitação e pressão atmosférica) foram coletados a intervalo de 1 hora durante o ano de 1999. As tabelas abaixo mostram os valores característicos de cada uma das variáveis climáticas para o período de 1 ano de observações (**Tabela 1**) e discretizado mensalmente (**Tabela 2**).

Tabela 1 – Estatística dos parâmetros climáticos para o período de 1 ano (DOL-UFRN).

Variável	Nº Casos	Eficiência	Média	Mínimo	Máximo	Desvio
Temperatura Externa	8611	98.3	28.16	22.6	35.6	2.1
Maior Temperatura	8611	98.3	28.69	22.6	40.4	2.3
Menor Temperatura	8615	98.3	27.65	22.3	33.9	1.9
Temperatura	8615	98.3	28.49	23.9	31.6	1.3
Velocidade Média	8510	97.1	5.95	0	18.8	1.9
Velocidade Máxima	8510	97.1	9.97	1.3	28.6	5.8
Direção	8510	97.1	105.16	101	115	4.0
Precipitação	8615	98.3	0.10	0	32.2	0.9
Pressão	8615	98.3	761.62	757	766	1.5
Umidade	8615	98.3	71.32	47	85	6.0

A anemometria na região de Natal ao longo do ano de 1999, revelou um predomínio dos ventos de ESE, E e SE e secundariamente de ENE e SSE. Entre estes, os ventos de ESE e SE são os que apresentam maiores velocidades e conseqüentemente superior efetividade de transporte de sedimentos.

Verifica-se uma relativa tendência à diminuição da velocidade dos ventos quando sua proveniência afasta-se do intervalo entre 80 e 120 Az. Neste contexto, é possível definir se este intervalo de direção como representativo da proveniência dos ventos efetivos para este período.

Em janeiro e fevereiro predominam os ventos de ESE e secundariamente de E, enquanto em março, apesar do predomínio dos ventos de ESE, a componente SE contribui com elevado percentual de incidência.

Tabela 2 – Estatística dos parâmetros climáticos discretizado por mês (DOL-UFRN).

Variável	T ^o _{MED}	T ^o _{MAX}	T ^o _{MIN}	V _{MED}	V _{MÁX}	Precipitação	Pressão	Umidade
Janeiro	28.6	29.0	28.1	5.8	8.4	19.8	760.6	72.0
Fevereiro	28.6	29.1	28.1	5.7	8.8	170.8	760.8	72.3
Março	29.2	29.8	28.7	4.9	7.7	94	760.1	71.3
Abril	28.9	29.5	28.4	5.2	8.7	96.8	761.3	71.5
Mai	28.4	29.0	27.9	4.5	8.6	235	761.7	73.2
Junho	27.9	28.6	27.3	5.0	9.4	79.4	762.3	71.7
Julho	27.0	27.7	26.5	5.4	10.6	31.6	763.5	70.0
Agosto	26.5	27.1	26.0	5.9	11.2	68	763.5	70.1
Setembro	27.4	27.9	26.9	7.3	11.7	26.8	762.1	71.6
Outubro	28.0	28.4	27.5	7.3	11.7	6.8	762.1	69.7
Novembro	28.7	29.1	28.2	8.2	13.0	6.8	760.9	69.9
Dezembro	28.7	29.1	28.2	6.8	10.8	31	760.3	73.0

No mês de abril os ventos de ENE e E predominam apresentando maiores velocidades, persistindo ao longo de maio e junho, quando registram-se as componentes SE e SSE cujas velocidades, neste período, são mais baixas em relação aos ventos de ENE.

No mês de julho, predominam os ventos de E e SE, cujas maiores velocidades são referidas aos de E. Em agosto, os ventos predominantes são os de SE e SSE, com médias de velocidades mais elevadas em relação ao mês anterior.

Setembro marca o retorno dos ventos de E, que persistem até outubro, quando ventos de ENE também tornam-se importantes. Nos meses de agosto a dezembro os ventos são mais efetivos no transporte de sedimentos, período em que apresentam as maiores médias de velocidade do ano, predominando as componentes de E e SE.

5.2.2 - Insolação e Nebulosidade

O regime térmico na região é relativamente uniforme, e as temperaturas, elevadas ao longo de todo o ano. Essas características são devidas à grande quantidade de radiação solar incidente sobre a superfície terrestre associada a altas taxas de nebulosidade. Além disso a proximidade do mar induz a redução na amplitude térmica. A Figura 6 apresenta o comportamento da insolação média mensal e da nebulosidade média diária mensal para o período 1984-1995, tomadas da Estação Climatológica da UFRN, Natal, RN.

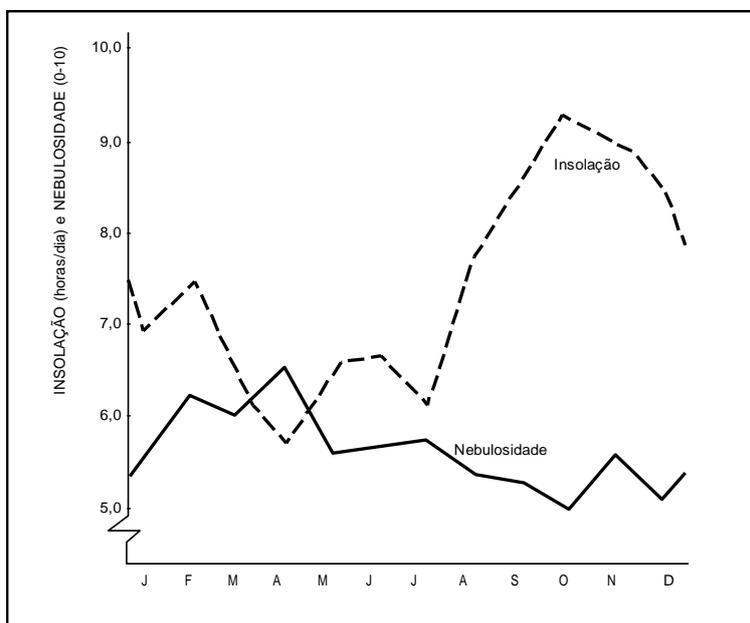


Figura 6 – Comparação da Insolação Média Mensal e da Nebulosidade Média Diária Mensal

5.2.3. Temperatura

A temperatura do ar, em Natal, é elevada ao longo de todo o ano. O comportamento de temperatura relativa às médias mensais indica uma pequena variação ao longo do ano, com uma amplitude de 2,6°C. A menor temperatura média mensal 25,3°C, ocorreu em julho e em agosto e a maior, 27,9°C, em fevereiro. A temperatura média anual é de 26,6°C, e o comportamento das temperaturas médias mensais, das médias mensais das máximas e das mínimas e das mínimas absolutas para o período 1984-1995 na Estação Climatológica da UFRN, em Natal, RN, pode ser observado na ilustração da **Figura 7**.

A amplitude térmica diária normalmente não ultrapassa os 10°C. O fato de que a amplitude térmica diária seja maior do que a amplitude térmica anual é devido a fatores como a baixa latitude local, à altitude próxima ao nível do mar, além da influência da massa d'água oceânica próxima.

No período analisado, as médias das temperaturas máximas e mínimas anuais foram respectivamente 29,2°C e 23,5°C. A temperatura máxima absoluta e a mínima absoluta observadas foram respectivamente 33,8°C e 16,4°C.

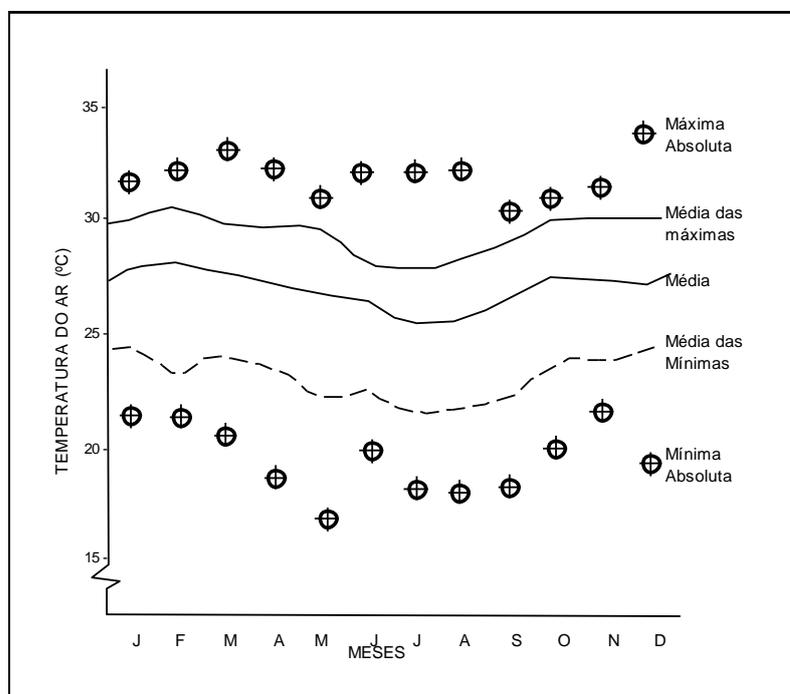


Figura 7 – Comportamento da Temperatura ao Longo do Ano

5.2.4. Precipitação

A precipitação média em Natal para o período 1984-1993 foi de 1.648 mm, com um coeficiente de variação (CV) relativamente baixo, de 28%. A menor precipitação anual, de 1.155 mm ocorreu em 1989 e a maior, de 2.438 mm, em 1986.

Uma análise do padrão de distribuição das precipitações para um posto pluviométrico nos Guarapes, Natal, que hoje se encontra extinto (Posto Natal nº 3819657 - SUDENE, 1990) e que ficava a 5.100 m do local em estudo, revela uma maior variabilidade dos totais anuais (CV = 33%), com extremos de 530 mm em 1954 e de 3.511 mm em 1973. Para esse ponto, na série de 68 anos que constitui o período de observação (1910-1978), a maior precipitação mensal ocorreu em 1973, com 908 mm em abril. A seqüência de meses com maior quantidade de precipitação ocorreu também em 1973 com 908 mm em abril, 416 mm em maio, 684 mm em junho e 582 mm em julho.

A estação chuvosa na região em estudo estende-se de fevereiro a agosto quando os totais mensais, em média, excedem os 100 mm. Outubro, novembro e dezembro são os meses mais secos, com o total de precipitação em média abaixo de 40 mm.

A análise dos totais diários de chuva para os últimos 10 anos (1984-1993) em Natal mostra que o número médio de dias por ano com chuva acima de 0,1mm é igual a 173. O número máximo de dias com chuva (191), nesse período, foi observado em 1984, e o número mínimo (148), em 1990.

As chuvas que ocorrem do início do ano até abril estão relacionadas com a ação da zona de Convergência Intertropical –ZCIT, e ocorrem sobretudo durante a noite e no início da manhã. De maio a agosto as chuvas, embora sejam mais freqüentes durante a noite, podem ocorrer também durante o dia, porém raramente se estendem por muitas horas. Conforme a Estação Meteorológica da UFRN, em Natal, as precipitações acima de 100 mm foram observadas nos dias 17 de abril de 1984 (108,1mm), 19 de maio de 1984 (145,2 mm), 17 de junho de 1986 (168,1 mm) e o máximo de 168,4 mm em 05 de maio de 1988.

5.2.5. Umidade Relativa

Este parâmetro apresenta média anual em Natal de 77%, com uma pequena variação ao longo do ano (ver **Figura 8**), relativa a média mensal para o período 1984, tomada na Estação Climatológica da UFRN, Natal, RN.), sendo os meses mais úmidos aqueles mais chuvosos e os menos úmidos aqueles com poucas chuvas. Entretanto, o declínio na umidade não chega a ser acentuado uma vez que os ventos sopram predominantemente do mar abastecem de umidade o ar das regiões próximas da costa durante a maior parte do ano.

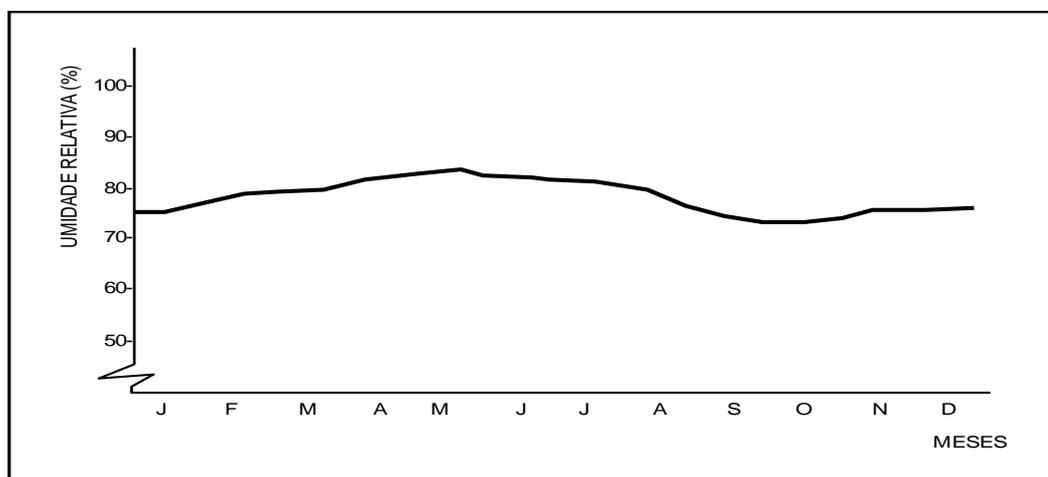


Figura 8 - Comportamento da Umidade Relativa do Ar

2.2.6 Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica média anual é de 1008,2 mbar. O menor valor médio é obtido em dezembro (1006,4 mbar), permanecendo em torno de 1007 mbar até abril. A partir de maio a pressão atmosférica começa a aumentar rapidamente até atingir o valor médio mensal máximo em agosto (1010,4 mbar) e daí decresce continuamente até dezembro (**Fig. 9**). O curso anual da pressão atmosférica é inverso ao da temperatura do ar, uma vez que massas de ar de temperatura menor apresentam maior densidade e vice-versa.

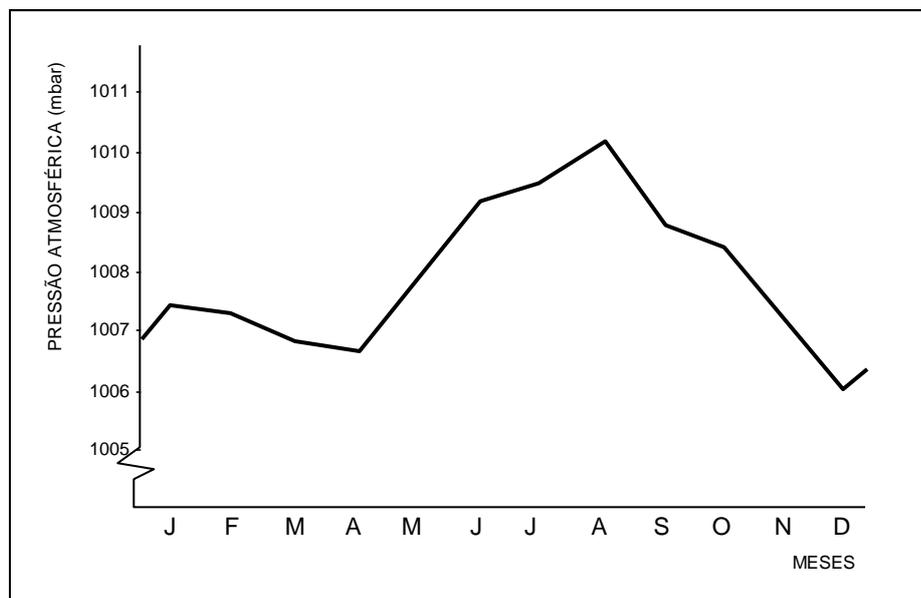


Figura 9 - Comportamento da pressão média mensal ao longo do ano para o período 1984-1995, na Estação Climatológica da UFRN, Natal, RN.

2.3 - Parâmetros Oceanográficos

5.3.1. Marés

A determinação da altura máxima do nível da maré é necessária para estimar a altura máxima que a onda irá arrebentar sobre a estrutura, a subida total do espraiamento e a elevação requerida para a cota de coroamento da estrutura. A altura mínima da maré representa um papel relevante no desenho da proteção de base da estrutura, e também para avaliar os impactos estéticos/visuais durante as condições de maré baixa.

As variações do nível da água são causadas principalmente pela influência das marés astronômicas, podendo em algumas áreas apresentar uma elevação adicional, induzida por fatores meteorológicos tais como, o efeito dos ventos ou da pressão atmosférica.

As previsões dos níveis das marés meteorológicas para os portos do Brasil são realizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação-DHN da Marinha do Brasil e

disponibilizadas na forma de tabelas para toda a comunidade. A maré da região é do tipo semi-diurna, com duas preamares e duas baixamars em um período aproximado de 24 horas; praticamente não sofre influência meteorológica e possuem os valores característicos representados na tabela abaixo:

Tabela 3 – Altura das Marés

MARÉ – NATAL	metros
AMPLITUDE MÁXIMA	2,73
AMPLITUDE MÉDIA DE SIZÍGIA	2,34
AMPLITUDE MÍNIMA	0,50
AMPLITUDE MÉDIA QUADRATURA	1,06
NÍVEL MÁXIMO	2,87
NÍVEL MÍNIMO	-0,20
NÍVEL MÉDIO	1,39

Para definir a relação entre as marés previstas para o Porto de Natal e a praia da Redinha, foram realizadas medições das variações do nível das águas através de marégrafos. Os equipamentos utilizados consistiram de dois tipos de sensores de pressão (Keller e Sea Bird – SEA26), cuja precisão é da ordem de 1 mm. As observações foram realizadas na Praia da Redinha, nos meses de maio e setembro 2001.

A boa relação encontrada entre as variações das marés permite a utilização dos valores extremos do porto de Natal no desenho da estrutura da praia da Redinha. Desta forma, a altura máxima do nível da maré é de 2,87 m e a mínima é de – 0,2 m.

5.3.2. Ondas

A caracterização das ondas a longo prazo para a região, 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 m,

com coordenadas (5°46'05'' de Latitude sul e 35°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.

As características das ondas para o período 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 0,21 m (**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 s e um desvio padrão de 0,85 s.

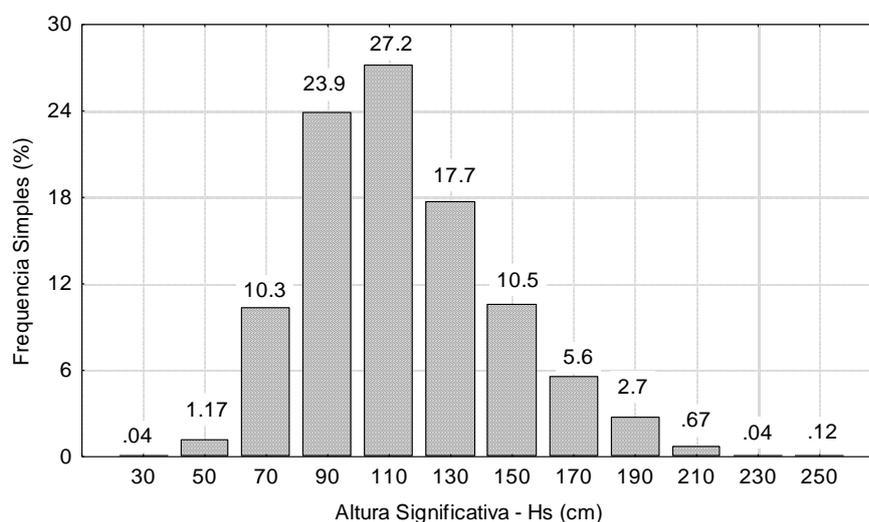


Figura 10 – Histograma da altura significativa para o período (1977-79).

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* ($H_o/L_o > 0,015$) e *swell* ($H_o/L_o < 0,011$). Utilizando a segunda expressão para definir o tipo de ondas (**Tabela 4**), 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 4 – Classificação dos tipos de ondas observadas utilizando a esbeltez (Ho/Lo).

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

Na **Tabela 5**, representa-se a distribuição direcional da altura significativa e do período médio para todo o intervalo de observações, dividido 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. Observa-se a presença de uma alternância nas condições energéticas ao longo do ano, com um período de menor energia de dezembro a maio, com 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.

Tabela 5 – Distribuição direcional e sazonal dos limites de variação da altura significativa e do período médio.

Dir.	Período/ Parâmetros	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Dez-Fev	TOTAL
ENE	Hs (cm)	40-100	120-180	-	-	40-180
	Tz (s)	7,2-8,8	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	40-260
	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	40-260	60-260	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

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 6**).

Tabela 6 – Representação dos limites de variação das alturas máximas observadas.

Dir.	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Dez-Fev
ENE	60-160	240-260	-	-
E	40-280	60-360	80-420	80-280
ESSE	80-280	80-320	120-400	80-280

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 avaliação dos parâmetros de comportamento das ondas na região também foi procedida sob uma base de dados oriunda de medições com a utilização de um ondógrafo do tipo "SEAGAUGE WAVE AND TIDE RECORDER" do tipo SBE 26 SEAGAUGE, da SEA-BEARD ELECTRONICS, INC, fundiado em locais específicos ao longo de determinadas etapas e períodos representativos da distribuição sazonal dos eventos climáticos.

As medições realizadas durante o primeiro semestre de 2000 demonstraram uma maior participação de ondas do tipo *Swell* no contexto hidrodinâmico na região.

Os dados de ondas referentes ao primeiro semestre de uma forma geral, tomando como base a medições da Praia da Redinha, podem ser representados pela **tabela 7**.

Tabela 7 – Parâmetros pertinentes para as ondas na Praia da Redinha (1º semestre 2000).

	Energia(wts)	Hs (m)	Tz(s)	H máx (m)	Ts (s)	H méd(m)
Máxima	1330,62	1,31	7,75	1,46	11,50	0,83
Média	424,95	0,72	4,35	0,78	5,33	0,48
Mínima	114,42	0,17	2,61	0,37	2,00	0,25

As medições de clima de onda ao longo do segundo semestre de 2000, tomando como base o mesmo local de medições, vem representadas pelos seguintes parâmetros (**Tabela 8**).

Tabela 8 – Parâmetros pertinentes para as ondas na Praia da Redinha (2º semestre 2000).

	Energia(wts)	Hs (m)	Tz(s)	H méd(m)	H máx (m)	Ts (s)
Máxima	3960,63	2,24	6,88	1,65	3,12	7,25
Média	1521,95	1,34	5,67	0,91	1,54	4,28
Mínima	435,71	0,66	3,58	0,43	0,77	2,38

No segundo semestre, as medições definiram ondas principalmente do tipo *sea*, que apresentaram como característica marcante uma correlação positiva entre o nível da maré e a variação média na altura significativa na Praia da Redinha (Figura 11). Este aspecto tem como significado importante o caráter da ampliação do poder destrutivo das ondas durante as marés enchentes, quando é produzido um *set up* no nível do mar. Na seqüência, há um decréscimo na energia das ondas durante o estágio seguinte caracterizado pela maré vazante.

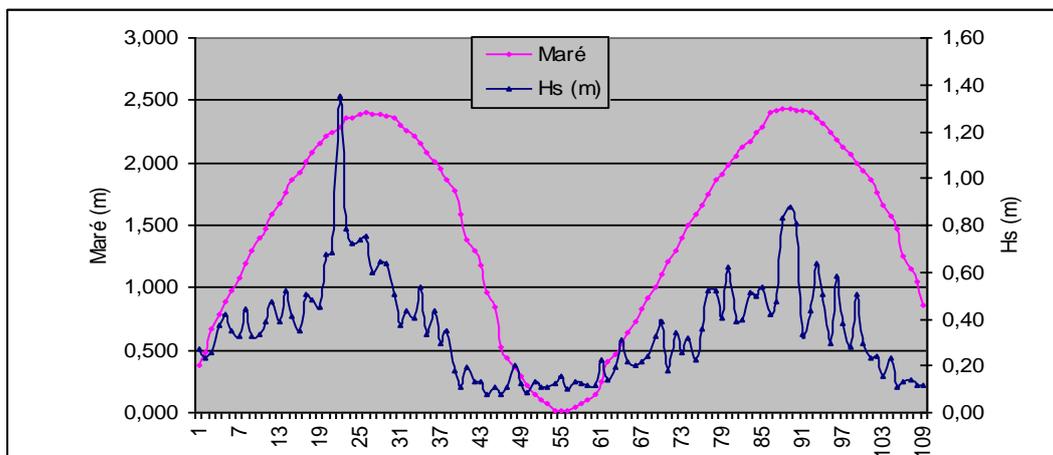


Figura 11 – Correlação entre maré e a altura significativa (Hs) das ondas em frente a localidade de Redinha.

5.4 - Aspectos Geológicos Costeiros e Marinhos

5.4.1. Dinâmica Costeira na Área de Estudo

Morfologicamente o litoral da área de estudo corresponde a um arco espiral limitado ao sul pelo guia corrente da desembocadura do Estuário Potengi e a norte pela Ponta de Santa Rita. As concavidades em forma de zeta, arco espiral, são feições características do litoral norterio-grandense, e formados na maioria das vezes pela presença de dois promontórios. Estas estruturas são compostas de material mais consolidado que as praias adjacentes, logo mais resistentes, que no caso do Rio Grande do Norte, são formados por arenitos ferruginosos do Barreiras.

No geral, este tipo de conformação da linha de praia apresenta taxas de transporte de sedimentos diferenciada em função principalmente da direção de aproximação das ondas. Na ausência de estruturas submersas como alto/baixo fundos e submetido ao clima de ondas dominantes, provenientes de sudeste, o transporte de sedimentos predomina para norte na maior parte desta célula, apresentando como exceção a região mais ao sul, onde a difração das ondas na terminação do guia corrente da Redinha, gera um transporte no sentido contrário (contra corrente). Este padrão de transporte, predomina também quando o

litoral está submetido a ondas provenientes de este. Quando predominam as ondas de nordeste a ponta de Santa Rita, que é a porção mais oriental desta célula, exerce uma proteção relativa na área, impedindo o aparecimento de um transporte significativo para sul. Desta forma, sem considerar a presença de estruturas o transporte litorâneo se processa predominantemente para norte na maior parte da célula, com exceção da zona sob influência da difração do guia corrente, com transporte para sul.

Ainda sem considerar as estruturas, a área de influência direta está inserida dentro da zona de divergência das correntes litorâneas de sedimentos, e por conseqüência apresenta um déficit natural e uma tendência a erosão. Na figura 14, observa-se a batimetria de detalhe da área de influência direta, e nesta observa-se a existência de uma série de altos e baixos fundos. Os altos fundos representado pelas cores verdes e amarelas consistem de areias de praias cimentadas por carbonato de cálcio e definidos como beachrocks, e os baixos fundos, ressaltados em tons de azul são testemunhos de uma paleo-desembocadura do Rio Doce.

Os beachrocks que se apresentam como elevações do fundo, desenvolvem um processo de refração e difração da onda gerando núcleos de convergência ou divergência de ondas para determinados trechos da praia, promovendo assim, em alguns locais, a concentração de energia que tende a se dissipar provocando erosão.

A difração é um fenômeno associado à propagação e transformação das ondas em águas rasas, que consiste na variação da direção de propagação das ondas devido ao aparecimento de gradientes laterais de altura induzida pela presença de recifes, promontórios ou, no caso da Redinha, aos dois tipos de estruturas.

A difração ocorre quando um trem de ondas intercepta algum tipo de obstáculo, submerso ou não (dique, recife, barras arenosas), que cria uma perturbação no movimento ondulatório e gera um aporte lateral de energia oscilatória de mesma freqüência da onda incidente. As ondas que se formam atrás do obstáculo são as ondas difratadas. No caso mais simples, quando um trem de ondas intercepta uma estrutura rígida (por exemplo, uma linha de beachrocks), na sua extremidade aparecem três zonas: de reflexão, difração e incidência, definidas pelo respectivo fenômeno que atua com maior intensidade, apesar dos três fenômenos estarem interrelacionados. Desta forma, a zona de incidência encontra-se marcadamente modificada pela reflexão e difração que a rodeia. A zona de reflexão terá maior ou menor importância em função das características e profundidade do obstáculo.

Num trecho aproximadamente frontal ao Hotel Atlântico Norte, observa-se por um lado a presença de uma abertura entre os recifes, e por outro, coincidindo com a abertura, o

paleocanal do Rio Doce. A conjunção destas duas estruturas faz com que as ondas alcancem a linha de costa com alto conteúdo energético e por conseqüência com alto poder erosivo.

Secundariamente, observa-se também que a dinâmica eólica neste trecho costeiro é intensa, pois os ventos efetivos que provêm predominantemente de este/sudeste, desenvolvem um transporte preferencial de areia quartzosas finas a médias no sentido principal de noroeste. Ou seja, o vento atua também de forma importante retirando sedimentos da face de praia e transportando na direção do continente para a formação das dunas.

O caráter da dinâmica eólica, baseada na relação entre o posicionamento da linha de costa e a direção do vento, definida por Carvalho & Maia (2001) para o litoral cearense, mostra-se compatível com as condições fisiográficas local. Regida sob este processo, observa-se o desenvolvimento de uma seqüência de transporte eólico que, para a área em questão, gera um importante deslocamento de sedimentos paralelo a linha de costa no trecho próximo ao espigão e gradualmente os sedimentos deixam a praia dirigindo-se para o interior. Eventualmente, devido ao pequeno ângulo formado entre a linha de costa e a direção do vento, ocorre o desenvolvimento de dunas frontais bordejando trechos da orla.

Desta forma, observa-se que a zona de estudo está submetida a uma erosão intensa causada pela coincidência de diversos fatores ambientais, tais como a divergência do transporte litorâneo, a presença da abertura recifal associada ao paleocanal que faz com que as ondas alcancem a costa com alto poder energético e a dinâmica eólica que subtrai sedimentos da face de praia. Para finalizar, gostaríamos de salientar o caráter negativo do balanço sedimentar que na ausência de algum tipo de intervenção tende a agravar o quadro erosivo já instalado no local.

A parte da área de estudo que engloba a margem estuarina é caracterizada por uma praia arenosa sob influência das correntes de marés. Devido a implantação de obras portuárias como diques, dragagens e aterros, essa área foi bastante alterada no decorrer do século passado, principalmente em 1971, quando foi utilizada como botafora de uma dragagem.

As maiores velocidades da corrente de marés são alcançadas durante as meias marés, aproximadamente 4 horas após as estofas de marés altas e baixas, com máximos da ordem de 0,6 m/s, com uma tendência de erosão, devido a morfologia do rio e o posicionamento do canal no local, que apresenta-se deslocado para norte.

Contudo, a realização da dragagem incidirá em uma diminuição da velocidade das correntes, com uma conseqüentemente diminuição da taxa de erosão atualmente observada na praia da Redinha.

5.4.2. Perfis e Sedimentos de Praia na Área de Influência Direta

A definição dos perfis de praia, associada ao padrão textural dos sedimentos, visa determinar a evolução desta feição em relação às condições hidrodinâmicas e condicionante granulométrica dos materiais.

Para tanto, foram selecionados 8 perfis no trecho entre o guia corrente da Redinha e a ponte de Santa Rita, onde foram coletadas amostras superficiais de sedimentos com a finalidade de definir suas características granulométricas. Nestes perfis, foram realizados levantamentos topográficos transversais a linha de costa, com separação de 100 m.

Na porção submersa do perfil (até 2 m de profundidade) utilizou-se o método clássico de levantamentos topográficos (mediante teodolitos, miras, trenas), tomando como nível vertical de referencia o RN (referencia de nível) fixada no porto do Natal pela Direção de Hidrografia (**Figura 12**). O tratamento destes levantamentos consiste principalmente da redução do nível dos perfis ao zero hidrográfico da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil).

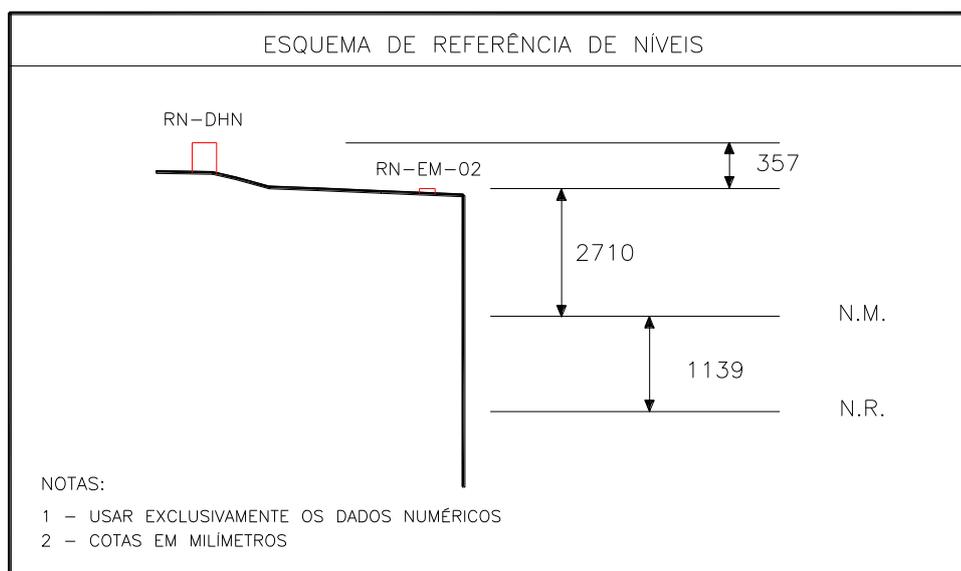


Figura 12 – Esquema utilizado para redução dos perfis e da batimetria para o zero hidrográfico da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

Para a análise granulométrica das amostras utilizou-se um vibrador "rot up" da Produtest e um conjunto de 12 peneiras numa seqüência de malhas de 0,062 a 2,830 mm. O material retido em cada malha foi pesado utilizando uma balança eletrônica de precisão da GEHAKA, e determinada a participação percentual de cada fração granulométrica e demais parâmetros estatísticos para cada amostra, com o auxílio do programa ANASED 5.0 (análise granulométrica), desenvolvido por especialista do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada - LGMA. A composição dos sedimentos foi determinada a partir do estudo com o uso de lupa binocular da MICRONAL. O resultado destas análises vem representado na **tabela 9**.

Tabela 9 – Resultado das análises granulométricas das amostras coletadas na Praia da Redinha.

Amostra	Cascalho	AMG	AG	AM	AF	AMF	Lama	CaCO ₃	Mat Org
P 1 - APS	-	-	-	17,07	77,91	4,73	0,29	1,30 %	0,00 %
P 2 - APS	2,11	14,46	29,07	36,93	16,56	0,27	0,60	1,70 %	0,60 %
P 3 - APS	-	-	0,14	22,84	74,56	1,33	1,13	2,40 %	0,60 %
P 4 - APS	52,10	20,90	23,13	3,07	0,76	0,04	-	-	0,00 %
P 5 - APS	-	-	0,69	26,50	69,48	2,33	1,00	2,50 %	0,20 %
P 7 - APS	-	0,51	25,95	66,81	6,73	-	-	2,70 %	0,40 %
P 8 - APS	-	-	3,80	48,47	46,62	0,37	0,74	0,80 %	0,80 %
P 9 - APS	-	-	0,16	11,46	73,95	13,83	0,60	1,20 %	0,60 %
P 10 - APS	-	-	1,59	57,15	40,43	0,62	0,21	-	0,60 %
P 11 - APS	-	0,15	16,63	71,96	11,07	0,19	-	1,10 %	0,40 %
P 1 - API	-	-	-	5,16	81,82	12,02	1,00	3,20 %	1,00 %
P 2 - API	-	-	-	11,24	78,72	9,30	0,74	0,70 %	0,20 %
P 3 - API	-	-	-	14,84	78,56	5,70	0,90	1,30 %	0,00 %
P 4 - API	-	-	1,00	34,90	61,02	2,32	0,76	0,60 %	0,00 %
P 5 - API	-	-	0,67	8,03	83,09	7,21	1,00	2,10 %	0,40 %
P 6 - API	-	0,12	4,78	38,84	52,62	2,82	0,82	1,60 %	1,40 %
P 7 - API	4,05	9,13	50,52	31,93	3,94	0,08	0,35	1,20 %	0,00 %
P 9 - API	-	-	0,58	30,59	65,21	2,92	0,70	0,50 %	0,80 %
P 10 - API	-	-	1,33	22,29	71,44	3,99	0,84	2,10 %	0,80 %
P 11 - API	-	-	2,84	27,29	64,43	4,98	0,46	1,40 %	0,40 %
P 1 - APM	-	-	-	12,75	78,05	8,66	0,54	1,00 %	0,00 %
P 2 - APM	-	-	0,20	23,68	72,49	2,45	1,18	1,20 %	0,00 %
P 3 - APM	-	-	0,52	23,88	72,17	2,63	0,80	2,00 %	0,20 %
P 4 - APM	-	-	0,11	24,63	70,85	3,81	0,60	1,00 %	0,40 %
P 5 - APM	-	-	0,68	25,76	70,84	1,95	0,77	2,00 %	0,60 %
P 7 - APM	-	0,44	33,69	57,83	7,46	0,07	0,52	1,40 %	0,00 %
P 8 - APM	-	-	3,92	47,16	47,02	0,96	0,94	1,40 %	1,00 %
P 9 - APM	-	-	0,18	24,07	72,41	2,14	1,20	0,70 %	0,00 %
P 10 - APM	-	-	6,74	61,71	30,39	0,41	0,75	1,80 %	0,60 %
P 11 - APM	-	-	6,00	69,64	23,66	0,50	0,20	1,40 %	0,60 %

5.4.3. Batimetria da Área

O levantamento batimétrico tem como finalidade mostrar, com precisão, a configuração superficial do fundo marinho da área. Para a sua execução, foram realizadas sondagens na plataforma continental interna adjacente, ao longo de toda a área, até a isóbata de -10 m, aproximadamente.

Foi executado um levantamento batimétrico com cobertura de 100% da zona do projeto, além da definição das margens e contornos das irregularidades do fundo marinho, utilizando-se equipamentos de coleta e processamento de dados batimétricos digitais. O equipamento utilizado foi uma Video sonda colorida Furuno Modelo FCV668 (Furuno Eletric Co.), tela LCD colorida a prova d'água de 6,5", escala máxima de 1600 m, 600 W, dupla frequência (50/200 kHz), interface para GPS, e Alimentação 11-40 VCC. Todos os dados foram reduzidos ao zero hidrográfico da DHN (Figura 13).

A sonda determina a distância entre seu transdutor e os objetos submersos, através da emissão de uma onda ultrasônica que é transmitida através da água a uma velocidade constante de 1500 m/s. Quando esta onda atinge algum obstáculo, como o fundo, parte de sua energia é refletida no sentido inverso e é captada pelo transdutor. A diferença de tempo entre a transmissão e a recepção da onda refletida irá determinar a profundidade. Todas estas sondagens batimétricas foram rigorosamente posicionadas com DGPS.

Para obter coordenadas de pontos no terreno de forma remota, usa-se atualmente a técnica do GPS (Global Positioning System). Esta técnica, inicialmente de uso militar e atualmente liberada para uso civil (com restrições), consiste no rastreamento, recebimento e registro de sinais de satélites específicos. Estes sinais são processados em combinação com determinados parâmetros (efemérides) para calcular as coordenadas de um ponto no terreno.

No GPS, as coordenadas posicionais do satélite podem ser calculadas com relativa precisão levando-se em conta o tipo de aparelho, o tempo de rastreo e o número de satélites operacionais. A distância entre o satélite e um ponto desconhecido no terreno é calculada através do tempo que um sinal emitido pelo satélite leva para atingir o receptor na terra. São necessários pelo menos 3 satélites em contato com o receptor, um tempo de rastreo relativo e determinadas correções em pós-processamento para se obter as coordenadas de um ponto com precisão cartográfica.

O DGPS utilizado foi o navegador Furuno GP36 com display de cristal líquido 4.5", 12 canais, com capacidade para 350 waypoints, 30 rotas, plotagem de rumos utilizando até 1000 pontos, capacidade para receptor DGPS, página de velocidade analógica, antena pequena de alta sensibilidade. Alimentação 10.2-31.2 VCC.

Os resultados batimétricos são mostrados na **figura 14**.



Figura 13 – Equipamentos utilizados no levantamento batimétrico.

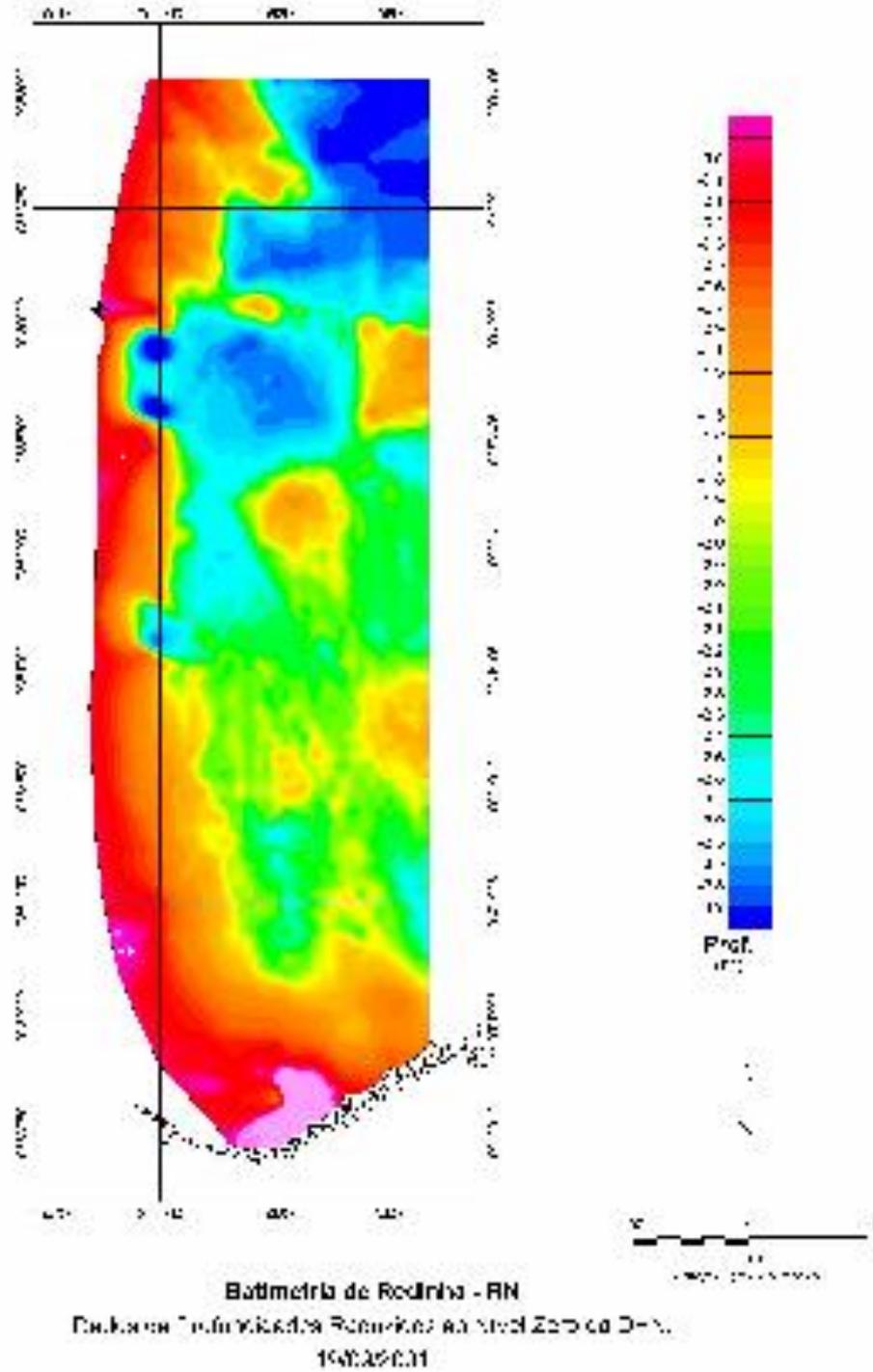


Figura 14 – Batimetria da Praia da Redinha e da Redinha Nova

5.5 - Sedimentologia

5.5.1. A Zonação do Perfil Litorâneo

Dependendo do tipo de classificação considerada, o perfil litoral está dividido em diversas zonas, sendo comum a utilização das características dos processos atuantes associada ao tipo de transporte de sedimentos. Nos estudos de engenharia costeira usualmente considera-se o tipo de movimento de fluido, que inicia o transporte de sedimentos, como fator principal para a divisão do perfil litoral.

Utilizando estas características, Hallermeier (1978) divide o perfil costeiro em três zonas: (1) Zona litoral, onde o movimento de sedimentos é iniciado primariamente pela arrebentação das ondas; (2) Zona de transição ou de shoaling, onde o transporte é iniciado pelo movimento induzido pelas ondas sobre o fundo; e (3) Zona de offshore onde os efeitos das ondas na superfície são desprezíveis.

Nas duas primeiras zonas, o transporte final é o produto do movimento oscilatório induzido pelas ondas, que põem o sedimento em suspensão, pelas correntes sobrepostas e pela assimetria do campo da velocidade orbital, que transporta o sedimento posto anteriormente em movimento. Na zona de transição, predomina o transporte normal à costa, resultante do movimento oscilatório das ondas e que envolve o transporte de sedimentos na direção de propagação das ondas. A direção de transporte na zona litoral depende das características das ondas. Se as ondas atingem a praia com uma incidência oblíqua, irá dominar o transporte paralelo a costa. A divisão entre as duas zonas não apresenta um limite fixo, devido às variações estacionais e ao intervalo de horas, em resposta às modificações do clima de ondas, nível da maré e da inclinação da praia .

A divisão morfológica entre as duas zonas é definida como profundidade limite e representa o limite do perfil na direção do mar, onde as modificações de profundidade são desprezíveis (Hallermeier, 1981). A profundidade limite, em função do seu caráter estatístico, já que as modificações dependem do clima de ondas, é de difícil quantificação, fazendo que seja apresentada dentro de um amplo limite de valores e dependendo das aproximações e interpretações feitas pelos diversos autores.

Existem varias técnicas empíricas para estimar a profundidade ativa sem a necessidade de uma pesquisa detalhada dos processos costeiros em zonas específicas. Entre os diversos indicadores que têm sido propostos para avaliar este limite, podemos

destacar: (a) o estudo da variação das características sedimentares e formas de fundo ao longo do perfil; (b) a ausência da fauna bentônica característica do lugar; (c) a zonação do perfil baseado no clima das ondas; e (d) o estudo multitemporal das modificações da batimetria da zona de nearshore.

Estas técnicas de estimação exigem a disponibilidade de dados confiáveis das características sedimentares, da fauna ou de perfis batimétricos coletados a intervalos regulares, durante vários anos. Para o caso de Natal, em que não foi realizado nenhum estudo anterior sobre estas características, é impossível aplicar as técnicas anteriormente citadas, apesar de sua simplicidade. Desta forma e diante da necessidade de definir a profundidade limite, optamos pela aplicação de métodos analíticos para o cálculo desta profundidade.

O único método analítico existente na bibliografia específica sobre o tema, para estimar a profundidade limite, é a proposta por Hallermeier (1978; 1981). Esta expressão foi submetida a uma recente reavaliação por Nicholls et al (1996), e que reafirmam a validade da equação durante eventos de erosão e intervalos de observações anuais.

Hallermeier (1978), propõe, com base em dados de campo, uma profundidade limite anual para as praias arenosas, que divide em: uma zona litoral com perfis ativos e uma zona de transição, onde as modificações de profundidade são insignificantes quando submetidas às modificações sazonais do clima de ondas. Ainda que esta profundidade pudesse ser calculada para as condições extremas do clima de ondas, produzindo maiores profundidades, o autor considera mais apropriado adotar a onda que não é excedida 12 horas ao ano (0,137 %). A relação para estimar a profundidade limite para perfis litorais, compostos de areias quartzosas, a partir da onda característica é:

$$d_1 = 2,28 Hs_{0,137} - 68,5 (Hs_{0,137}^2/gTs^2)$$

onde (d_1) é a profundidade limite a partir do nível de maré baixa, ($Hs_{0,137}$) é a altura significativa não excedida mais de 12 horas ao ano (0,137 %) e T_s é o período da onda correspondente. A aplicação da relação de Hallermeier (1978) para as condições de ondas registradas, nos levantamentos realizados na área da Redinha Nova e correlacionada com os dados do Ocean Wave Statistics, mostra que dentro das alturas das ondas registradas, as características extremas são praticamente constantes, com uma variação máxima de 8%. A profundidade limite calculada é da ordem de 5m.

O segundo limite, separando a zona de transição da zona de offshore, está definida com base no início do movimento dos sedimentos que compõem o leito do perfil. Em condições de campo, a velocidade crítica para o início de movimento de areias, entre 0,1 e 2,0 milímetros, é dada pela expressão de Hallermeier (1980):

$$U_{\max(-d)} = (8 (\gamma_s/\gamma - 1) * g * d_{50})^{0,5}$$

o que corresponde à condição crítica para o limite inferior da zona de transição, dado por:

$$\phi_c = (U_0^2 / \Delta g d_{50}) = 8$$

onde U_0 é a velocidade orbital máxima sobre o fundo, Δ a densidade específica da areia em relação à água do mar, g a aceleração da gravidade e d_{50} o diâmetro médio do sedimento. O valor da velocidade orbital máxima sobre o fundo pode ser definida por meio da teoria linear:

$$U_0 = \pi H_{s50} / T \sinh (2\pi d_i / L)$$

onde H_{s50} é a altura significativa média anual, T o período médio associado à altura média e L a longitude da onda. Substituindo o valor da velocidade orbital para a condição crítica, teremos que a profundidade de shoaling limite é:

$$d_i = (L/2\pi) * \text{arc sinh} (\pi H_{s50} / T (8\Delta g d_{50})^{0,5})$$

Aplicando na expressão anterior os valores característicos da região, poderemos definir as profundidades-limite associadas ao tamanho do grão para o início do movimento. Utilizando o valor de H_s média anual de 1,14 metros e período associado de 6,2 segundos, nos sedimentos superficiais compostos por areias finas, com mediana variando entre 0,13 e 0,24 mm, definimos respectivamente as profundidades de 17,8 m e 20,5 m.

Além dos estudos da morfologia, foi investigada a relação entre a cobertura sedimentar e a profundidade. Entre 0 e 10 metros de profundidade, não se observa nenhuma modificação significativa do tamanho dos grãos ou na composição mineralógica. A

primeira modificação significativa observada ocorre a uma profundidade de 18 metros e marca o início do aparecimento das algas Halimedas, algas calcárias com uma ampla distribuição na plataforma continental do Nordeste brasileiro.

A distribuição da sedimentação carbonática na plataforma continental do Rio Grande do Norte é controlada pela taxa de aporte sedimentar, pois apresenta-se bem desenvolvida na plataforma externa (20 a 60m), onde a taxa de sedimentação terrígena é muito pequena, criando por conseqüência um ambiente favorável à existência de fundos produtores de cálcio. Entretanto, na plataforma interna, onde a influência das ondas e correntes costeiras é mais intensa e a taxa de sedimentação mais elevada, o ambiente é desfavorável ao crescimento das algas.

Da discussão anterior, deduzimos que a profundidade de 18 m corresponde ao limite de profundidade para o início de movimento de sedimentos na zona costeira e que está incluída nos limites de profundidade (17,8 e 20,5 m) calculada pela expressão da velocidade crítica de Hallermeier (1980).

Com a definição e comprovação das profundidades para o início de movimento e do limite do perfil ativo, pode-se dividir o perfil costeiro característico para a região de Natal em três zonas (**Figura 16**):

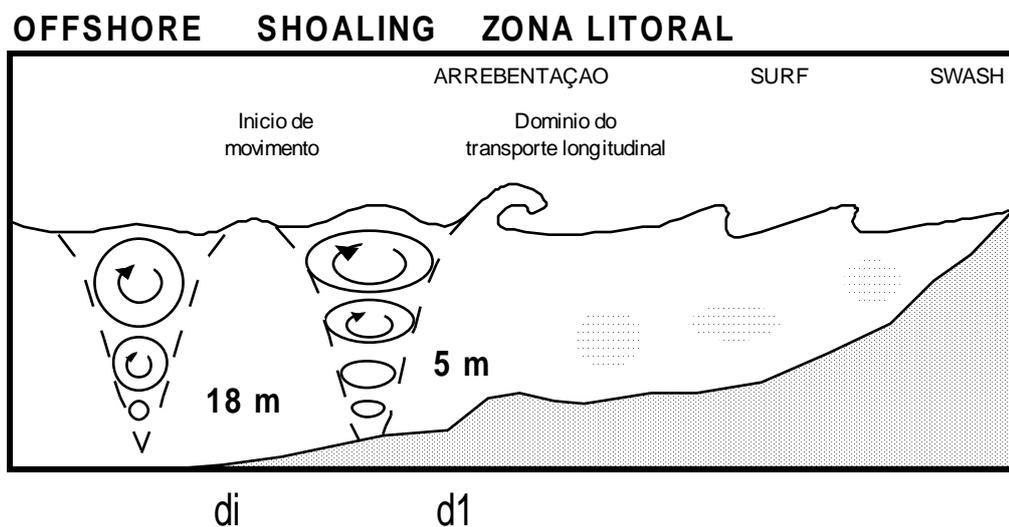


Figura 16 – Divisão por zonas do perfil costeiro da região de Natal.

- a) A zona litoral mais próxima a costa, onde domina o transporte longitudinal, com limite superior no início da berma e inferior definido pela profundidade ativa de -5 metros.
- b) A zona intermediária, onde domina o shoaling e o transporte transversal, com limite superior definido pela profundidade-limite e inferior na profundidade de início de movimento dos sedimentos (18 metros);
- c) A zona de offshore, onde o movimento de sedimentos é insignificante.

5.5.2. Distribuição Sedimentológica

A análise dos sedimentos da zona estudada mostra uma predominância absoluta de areias, com presença de cascalhos na porção sul da área, próximo ao Guia Corrente da Redinha. Areias médias e finas estão mais bem distribuídas, destacando-se a presença de manchas de areias grossas, associadas aos baixos fundos existentes, oriundos da paleodrenagem do Rio Doce. Os baixos teores de carbonato de cálcio apresentam-se insignificantes (0,5 a 3%) em comparação aos encontrados na plataforma adjacente (área externa a linha de recifes submersos existentes) atingindo até 70% de areia grossa na porção norte da área, refletindo diretamente a influência do Estuário Potengi sobre a carga sedimentar de fundo desse trecho costeiro. Todos estudos realizados na área demonstravam um transporte efetivo de material oriundo do estuário pelas correntes de marés durante as vazantes através do Canal do Norte, situado entre o antigo guia corrente e a Ilha da Baixinha. Este comportamento também é visualizado nos sensores aéreos orbitais existentes sobre a região de Natal. Vale salientar que o referido canal foi fechado quando da ampliação do Guia Corrente da Redinha, no ano 2000.

Por outro lado, a insignificante quantidade de sedimentos finos, principalmente lamas e areias muito finas, confirmam a atuação das ondas neste trecho costeiro, denotando a energia deste ambiente.

Tabela 10 – Amostras coletadas na Redinha e Redinha Nova

Amostra	Casca- lho	AMG	AG	AM	AF	AMF	Lama	CaCo3	Mat Org
Redinha 01	0,87	21,63	35,84	9,01	31,78	0,42	0,45	1,10 %	0,00 %
Redinha 02	0,14	1,98	34,18	13,46	47,45	2,04	0,75	0,90 %	0,40 %
Redinha 03	-	0,08	4,17	13,31	75,09	6,35	1,00	1,40 %	0,00 %
Redinha 04	0,20	0,03	0,86	41,94	45,83	9,74	1,40	2,40 %	0,60 %
Redinha 05	-	-	0,91	10,07	77,17	10,80	1,05	1,50 %	0,20 %
Redinha 06	-	0,07	0,34	12,11	75,14	11,24	1,10	1,00 %	0,00 %
Redinha 07	-	0,22	2,80	36,79	55,68	3,81	0,70	1,70 %	0,00 %
Redinha 08	3,15	6,79	33,98	41,83	12,12	1,26	0,87	1,00 %	0,60 %
Redinha 09	-	0,10	0,34	36,44	54,58	6,35	1,19	1,00 %	0,00 %
Redinha 10	-	-	1,81	19,02	68,87	9,78	0,52	0,90 %	0,00 %
Redinha 11	6,88	0,20	1,39	21,91	49,68	19,60	0,34	3,00 %	0,40 %
Redinha 12	-	0,05	0,45	20,40	54,70	23,82	0,58	2,20 %	0,00 %
Redinha 13	-	-	0,35	4,80	32,64	62,00	0,21	2,50 %	0,00 %
Redinha 14	1,79	11,88	20,76	47,38	16,86	0,84	0,49	0,50 %	0,00 %
Redinha 15	0,27	3,26	34,04	54,08	7,06	0,68	0,61	0,50 %	0,00 %
Redinha 16	-	-	3,42	58,67	31,26	5,57	1,08	0,20 %	0,00 %
Redinha 17	-	-	0,84	44,13	44,27	9,76	1,00	0,80 %	0,00 %
Redinha 18	-	-	0,28	2,74	58,90	37,04	1,04	0,80 %	0,00 %
Redinha 19	-	-	0,11	7,16	70,24	21,46	1,03	2,40 %	0,00 %
Redinha 20	-	0,42	8,79	38,09	49,34	2,53	0,83	0,90 %	0,00 %
Redinha 21	1,00	5,20	33,50	48,50	10,57	0,58	0,65	0,00 %	0,00 %
Redinha 22	-	1,03	27,84	53,75	14,61	1,77	1,00	0,20 %	0,00 %
Redinha 23	-	-	1,22	6,99	67,68	23,46	0,65	1,00 %	0,00 %
Redinha 24	3,18	8,70	31,35	45,79	9,72	0,90	0,36	0,80 %	0,00 %
Redinha 25	-	-	0,66	5,05	41,33	51,71	1,25	1,20 %	0,00 %
Redinha 26	1,47	4,15	32,28	39,48	19,09	2,53	1,00	0,50 %	0,00 %
Redinha 27	0,12	0,28	5,19	27,33	57,33	8,75	1,00	0,90 %	0,00 %

6. EVOLUÇÃO GERAL DO ESTUÁRIO

6.1 - Comparação Batimétrica

Para um melhor entendimento desta evolução morfológica do Estuário Potengi, foi realizada uma comparação volumétrica a partir da análise e processamento de *grides* em função do tempo. Nesta comparação, o corpo estuarino foi limitado ao trecho entre o Porto de Natal até a foz, por ser esta área comum e com dados confiáveis, nas cartas batimétricas existentes. Para fins de uma visualização mais específica, a área foi dividida em três setores mostrado na **Figura 17**, ou seja, o trecho do Porto de Natal, o trecho do Porto até o Dique da Limpa (Y), e o outro do Dique da Limpa até a foz do estuário.

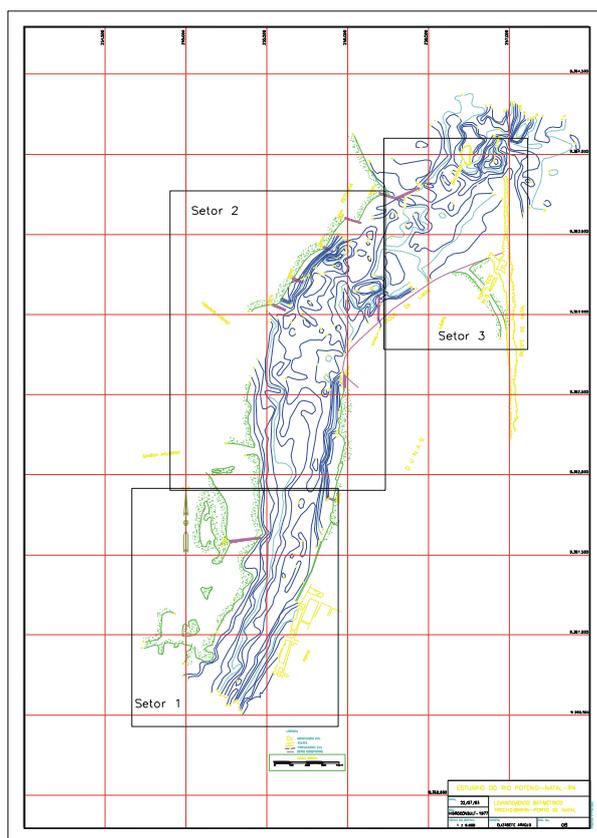


Figura 17 - Divisão da área para melhor interpretação das análises. Carta de 1977.

6.1.1 - Materiais e Métodos

Foram utilizados os levantamentos batimétricos históricos existentes sobre o Estuário do Rio Potengi, dos anos de 1905, 1918, 1925, 1929, 1941, 1947, 1949, 1977 e 1999, com ênfase ao trecho Barra - Porto de Natal e escala de 1:5000, e ainda a carta batimétrica da Companhia Docas do Rio Grande do Norte - CODERN, na escala de 1:2000, realizada em 08/03/1999.

Todas as informações batimétricas foram digitalizadas para AUTOCAD (2000), e para a correção e conversão vetorial, foram utilizados os softwares DXF2XYZ 1.3 A.01 - DXF/DWG to XYZ Converter da Guthrie CAD/GIS Software, uma rotina para a conversão de arquivos vetorizados para arquivos XYZ (Ascii), Surfer 6.01 da Golden Software para o cálculo volumétrico de *grides* e OASIS Montaj 4.3 da Geosolf, para a modelagem do dados adquiridos.

O processo de conversão das cartas batimétricas digitalizadas para arquivos XYZ foi o primeiro passo e, para que esta etapa fosse concluída, foi preciso modificar as entidades utilizadas na confecção de todas as cartas. Partindo deste ponto, foi utilizada a rotina *DXF to XYZ* para a obtenção dos bancos de dados batimétricos.

Concluída a geração dos dados a partir das cartas, o passo seguinte foi a modelagem dos dados gerando *grides* que devem ser satisfatórios para a análise. Para cada levantamento batimétrico foi criado um *gride* obedecendo a um mesmo espaçamento entre o "nós", viabilizando a análise entre os diversos levantamentos. Após a modelagem dos dados, foi selecionada uma área incomum entre os *grides* a qual foi subdividida em três setores (**Figura 18**).

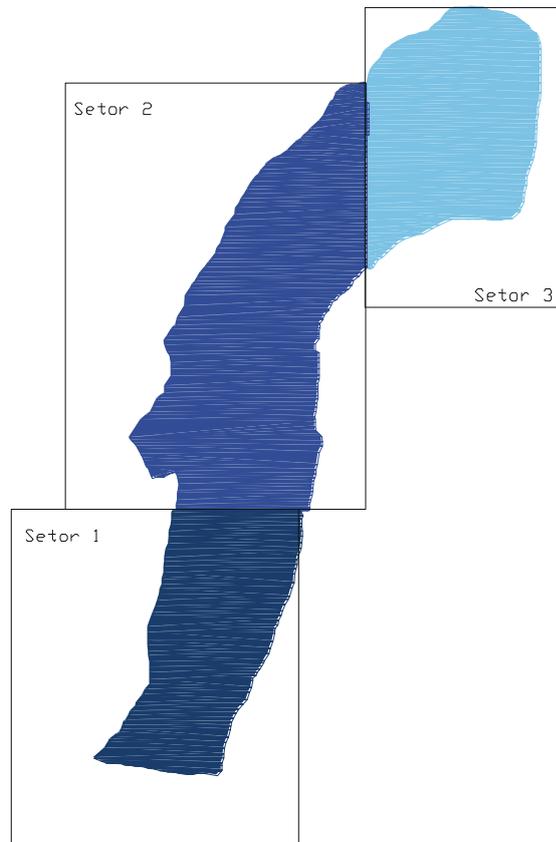


Figura 18 - Máscara para a subdivisão para modelagem setorizada

O volume calculado é referente à massa d'água contida no leito do rio. Foi usado, como nível de referência (Lower Surface), a cota zero e processados todos os valores negativos, sendo descartados os Valores positivos (Upper Surface) que foram criados pela interpolação dos dados. Esta zona é sempre descartada por causa do efeito de borda (**Figura 19**).

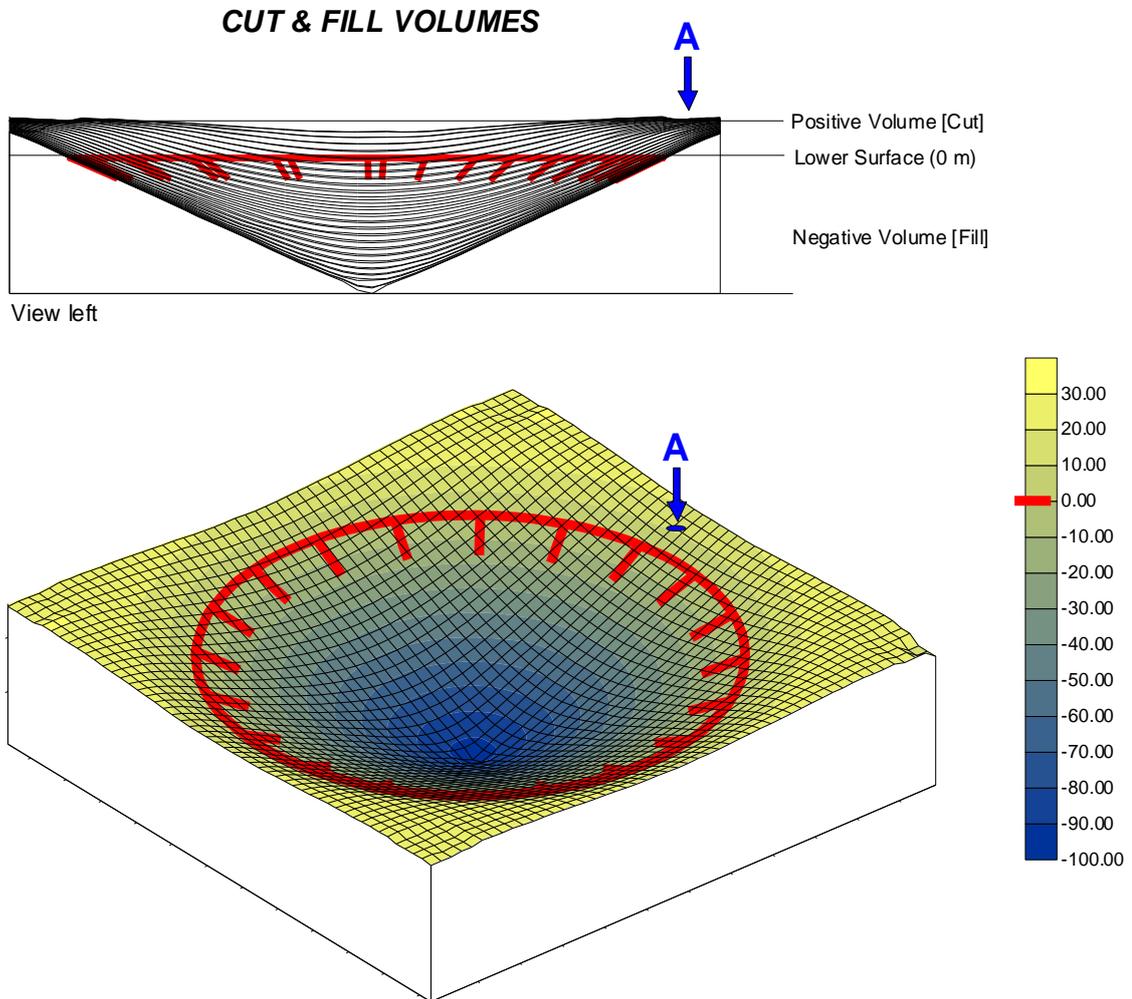


Figura 19 – Exemplo de modelo de superfície (cone), parâmetros tomados para o cálculo de volume, o nível de referência (Lower Surface) como superfície limítrofe entre valores positivos e negativos. O ponto A está localizado numa área sujeita a grandes distorções causadas por efeito de borda.

6.1.2 - Resultados

Os valores de volume e taxas de aportes calculados estão expressos na **tabela 11**.

Tabela 11 - Tabela de valores volumétricos e taxas de aporte dos anos distribuídos no setores

Δt	Anos	Setor 1 $m^3 \times 10^6$	Setor 2 $m^3 \times 10^6$	Setor 3 $m^3 \times 10^6$	Área Total $m^3 \times 10^6$	Taxa de transporte $m^3/\text{ano S1}$	Taxa de transporte $m^3/\text{ano S2}$	Taxa de transporte $m^3/\text{ano S3}$	Taxa de transporte $m^3/\text{ano Total}$
-	1905	3.81125	6.0836	2.5428	12.43765	-	-	-	-
13	1918	3.61684	5.85664	2.38657	11.86005	-0.015	-0.017	-0.012	-0.044
7	1925	2.9397	5.02559	2.51616	10.48145	-0.677	-0.119	0.019	-0.197
4	1929	3.2137	5.08668	2.12443	10.42481	0.274	0.015	-0.098	-0.014
12	1941	3.30735	5.23974	2.10771	10.6548	0.094	0.013	-0.001	0.019
6	1947	2.85527	5.02299	2.16946	10.04772	-0.452	-0.036	0.010	-0.101
2	1949	3.23206	5.43288	2.79241	11.45735	0.377	0.205	0.311	0.705
28	1977	2.52348	5.10987	2.71776	10.35111	-0.709	-0.012	-0.003	-0.040
22	1999	2.74749	6.08287	3.54527	12.37563	0.224	0.044	0.038	0.092

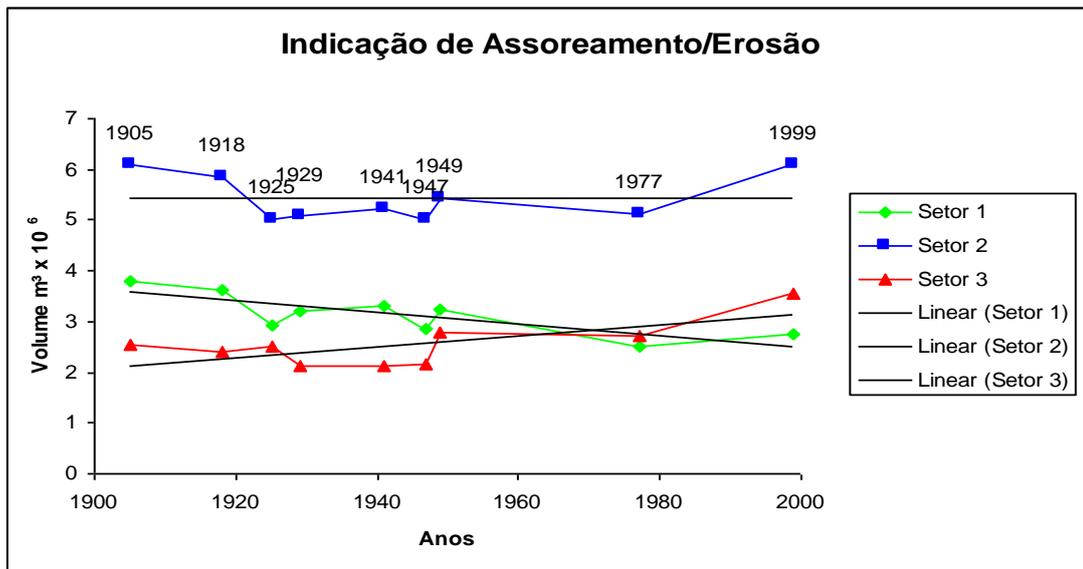


Figura 20 – Indicação genérica de assoreamento e erosão para os respectivos setores.

Os padrões das linhas de tendência mostram que no **setor 1**, a medida que o tempo passa, os volumes diminuem caracterizando um assoreamento. Por outro lado, o **setor 2** apresenta tendências constantes, ou seja, os volumes se equilibram com o passar do tempo indicando um processo de assoreamento, um outro de estabilidade (“calmaria”) com variações volumétricas de mesma magnitude, e por fim um de erosão. Para o **terceiro setor**, o qual representa o trecho da foz estuarina, a regressão linear indica uma predominância de processos erosivos que se relacionam diretamente com o tempo. Estas considerações globais apresentadas pelos setores confirmam o comportamento já observado na comparação das seções transversais.

Contudo, uma avaliação genérica de toda a área deve levar em conta as ações antropogênicas que modificaram, ao longo do século, a dinâmica e forma do estuário. Vale ressaltar que nos últimos anos foram construídas estruturas e realizadas dragagens do estuário.

As maiores variações ocorreram no **setor 1**, oscilações de assoreamento e erosão, segundo a comparação das taxas, onde verifica-se que sempre os maiores valores são os de 1949, comparando-os com outros levantamentos, ou seja, até 1949 o processo erosivo é o mais marcante em todos os setores.

Esta análise temporal para a evolução do estuário do rio Potengi foi realizada com algumas ressalvas, como o método de interpolação e em função da vizinhança do ponto (nó) às cotas da margem do *gride* sempre sofrem efeito de borda. Para minimizar este efeito, as máscaras localizam-se por dentro da malha de pontos das cartas batimétricas. Em algumas cartas este limite pode estar sobre a cota da margem.

As plantas batimétricas utilizadas neste trabalho são representadas pelas **Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29**.

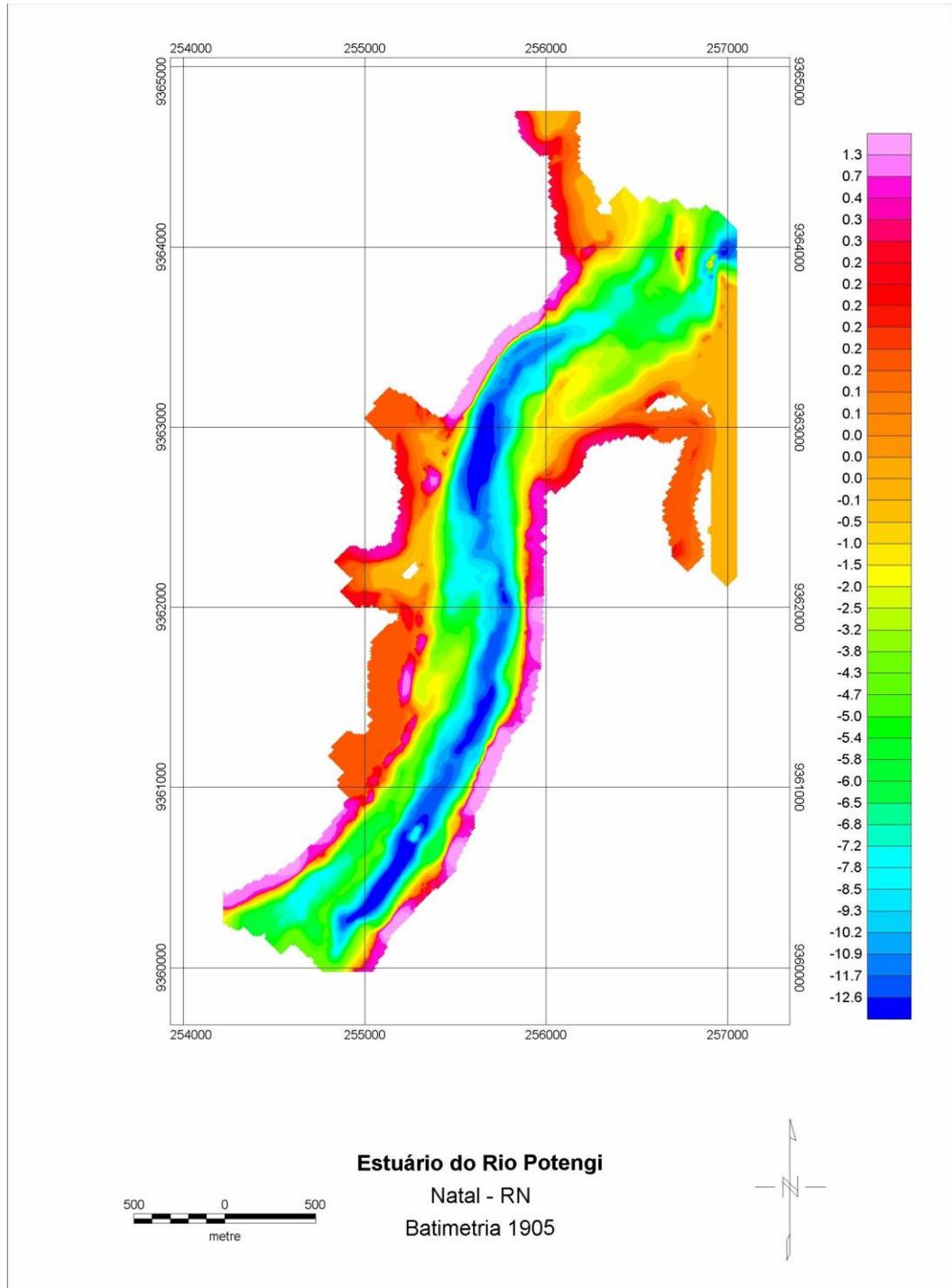


Figura 21 - Planta Batimétrica 1905

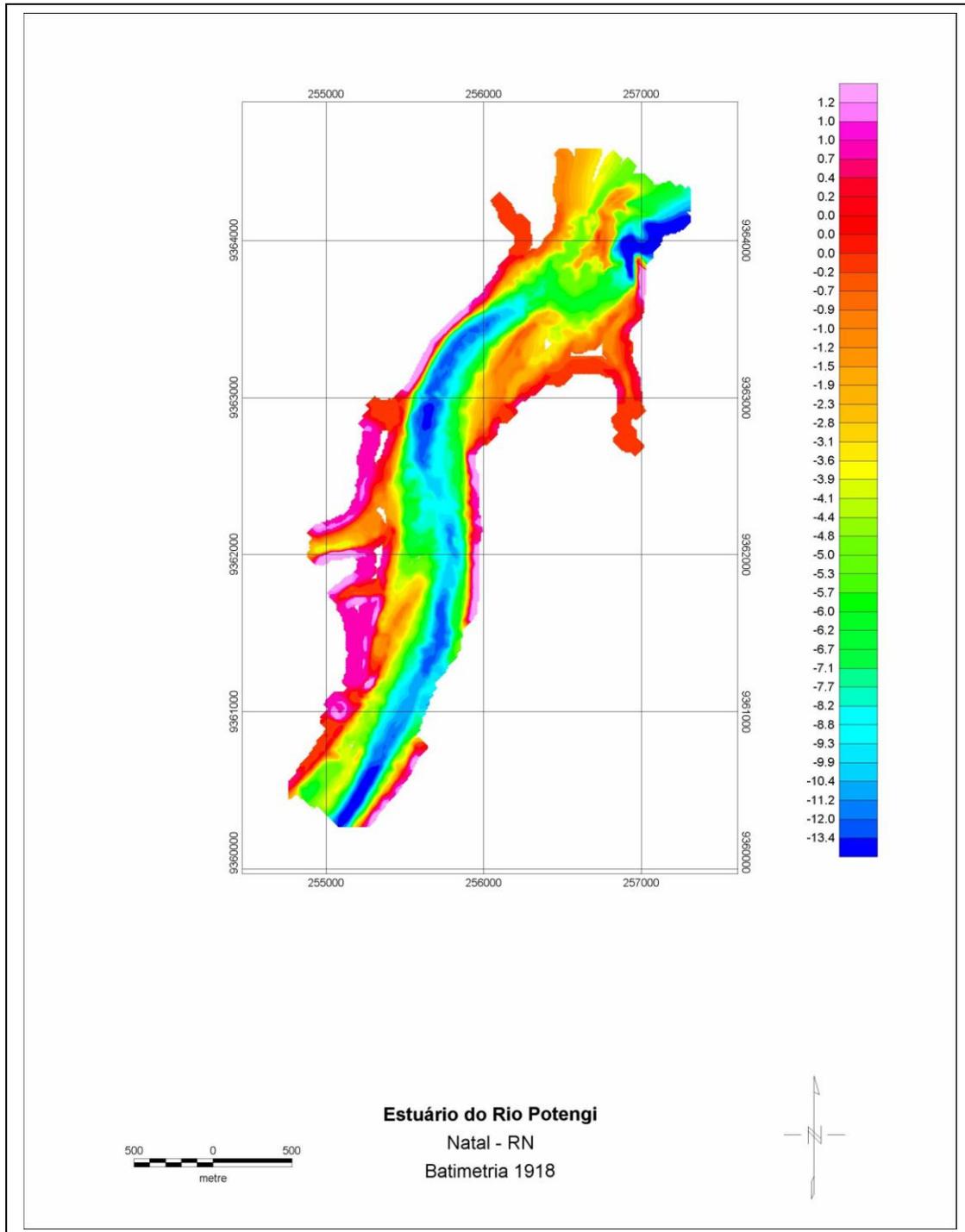


Figura 22 - Planta Batimétrica 1918

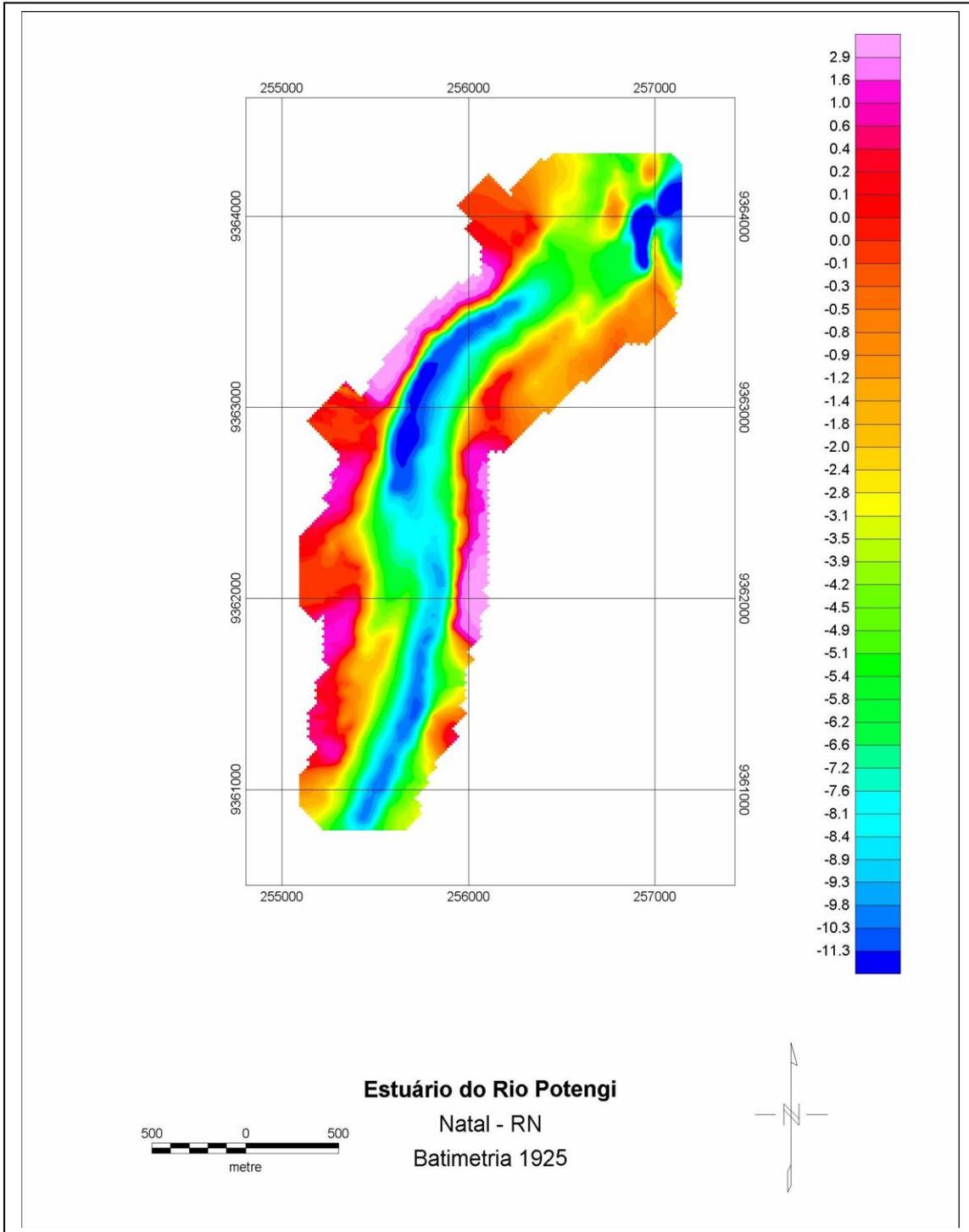


Figura 23 - Planta Batimétrica 1925

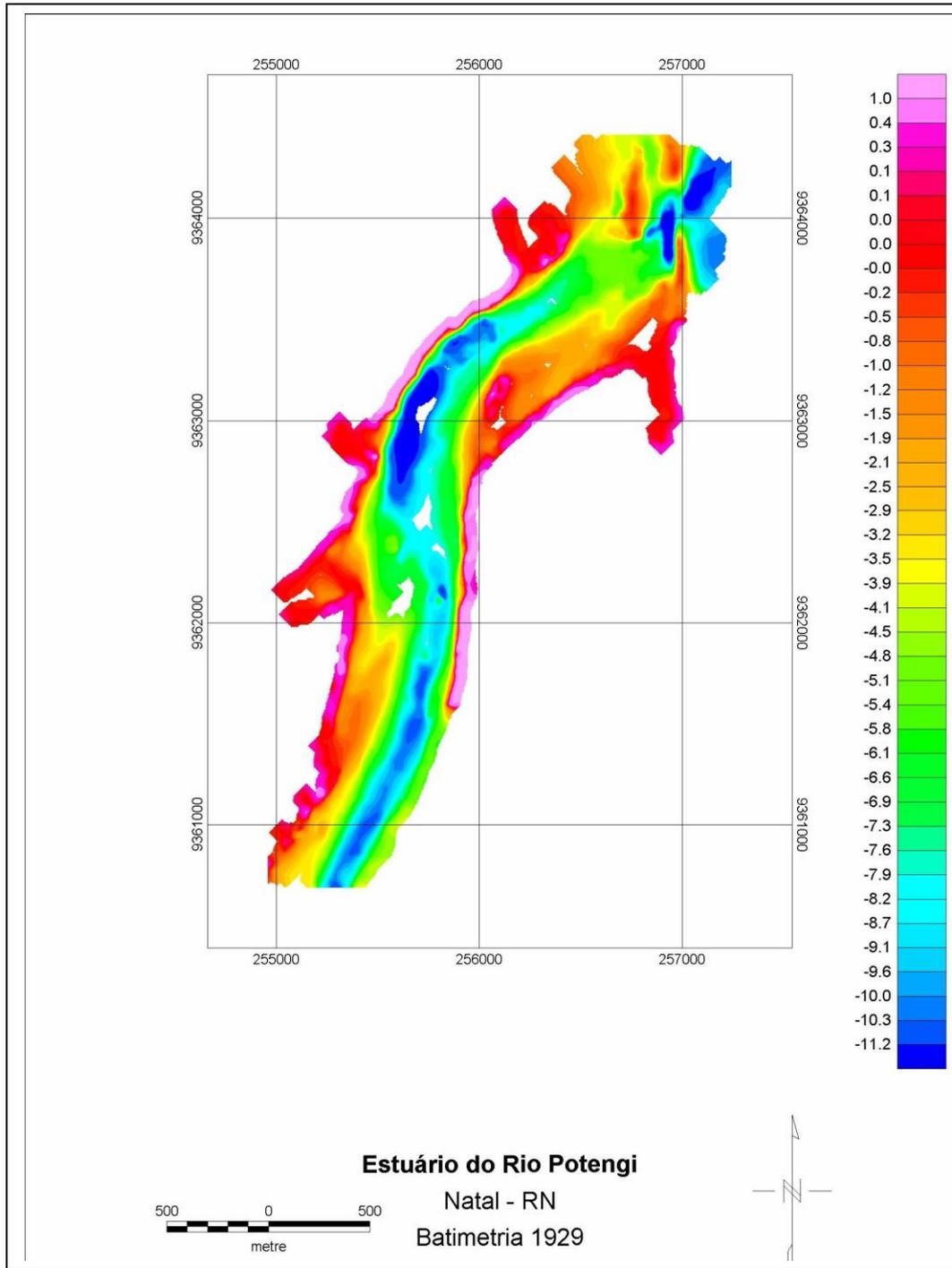


Figura 24 - Planta Batimétrica 1929

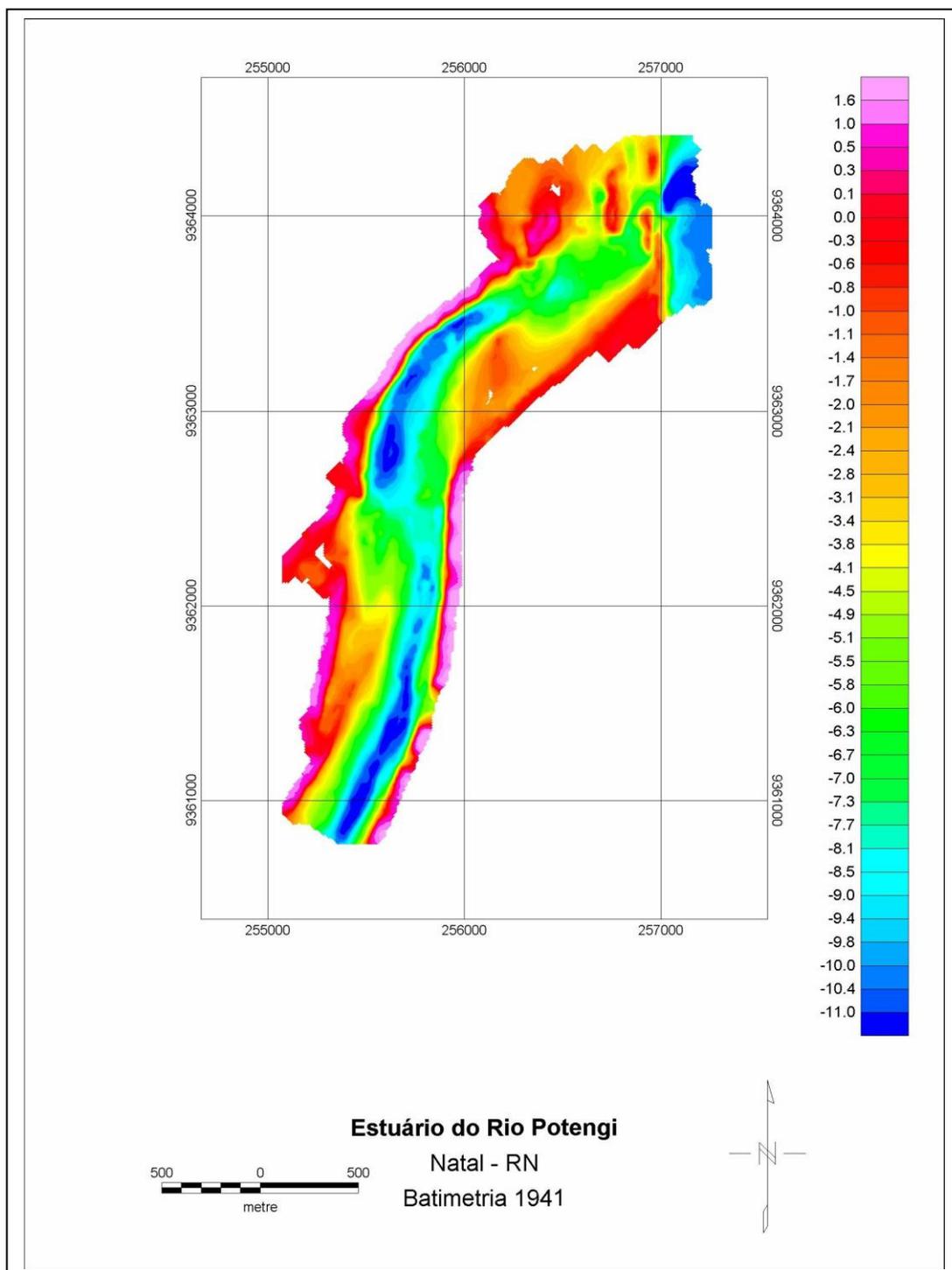


Figura 25 - Planta Batimétrica 1941

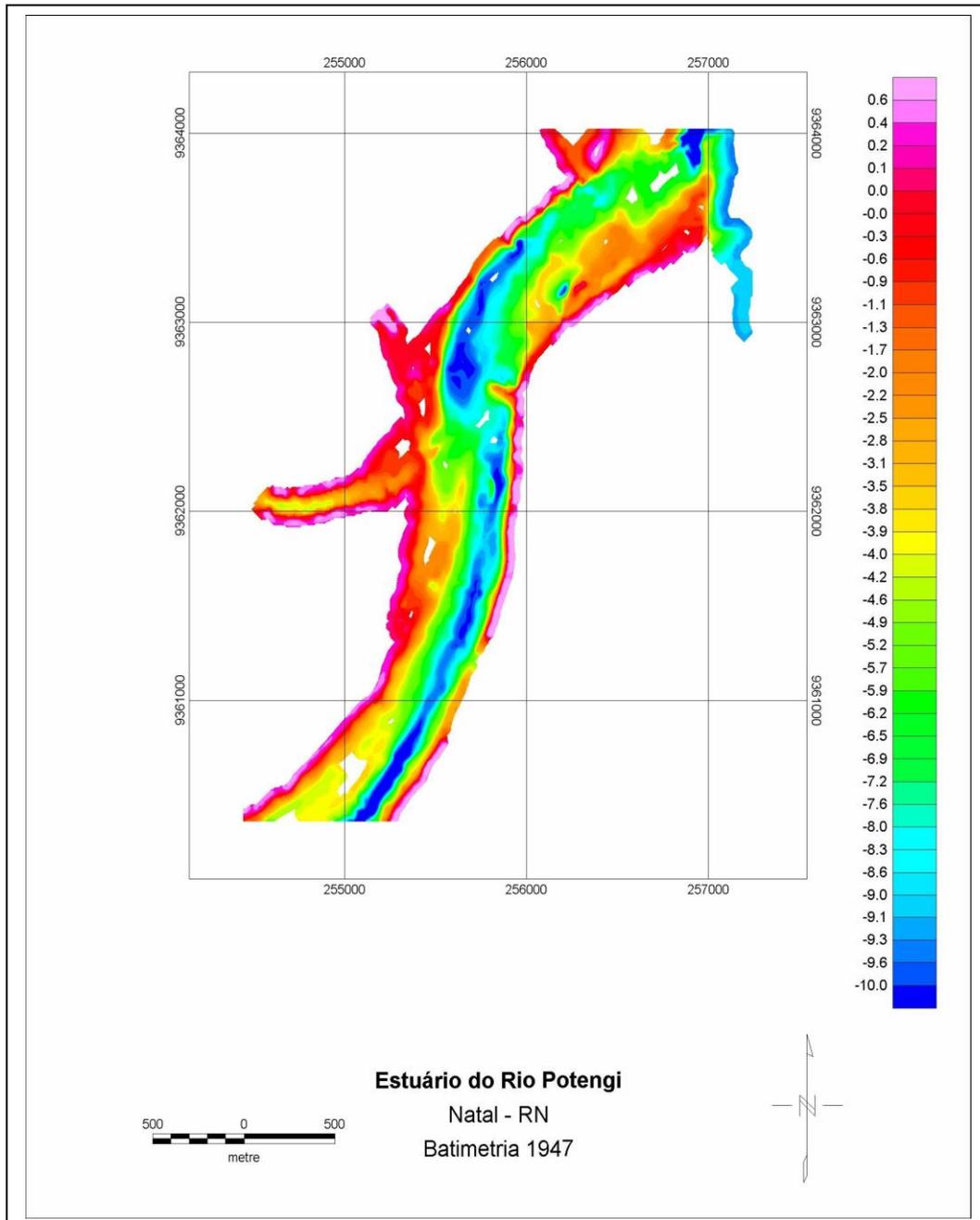


Figura 26 - Planta Batimétrica 1947

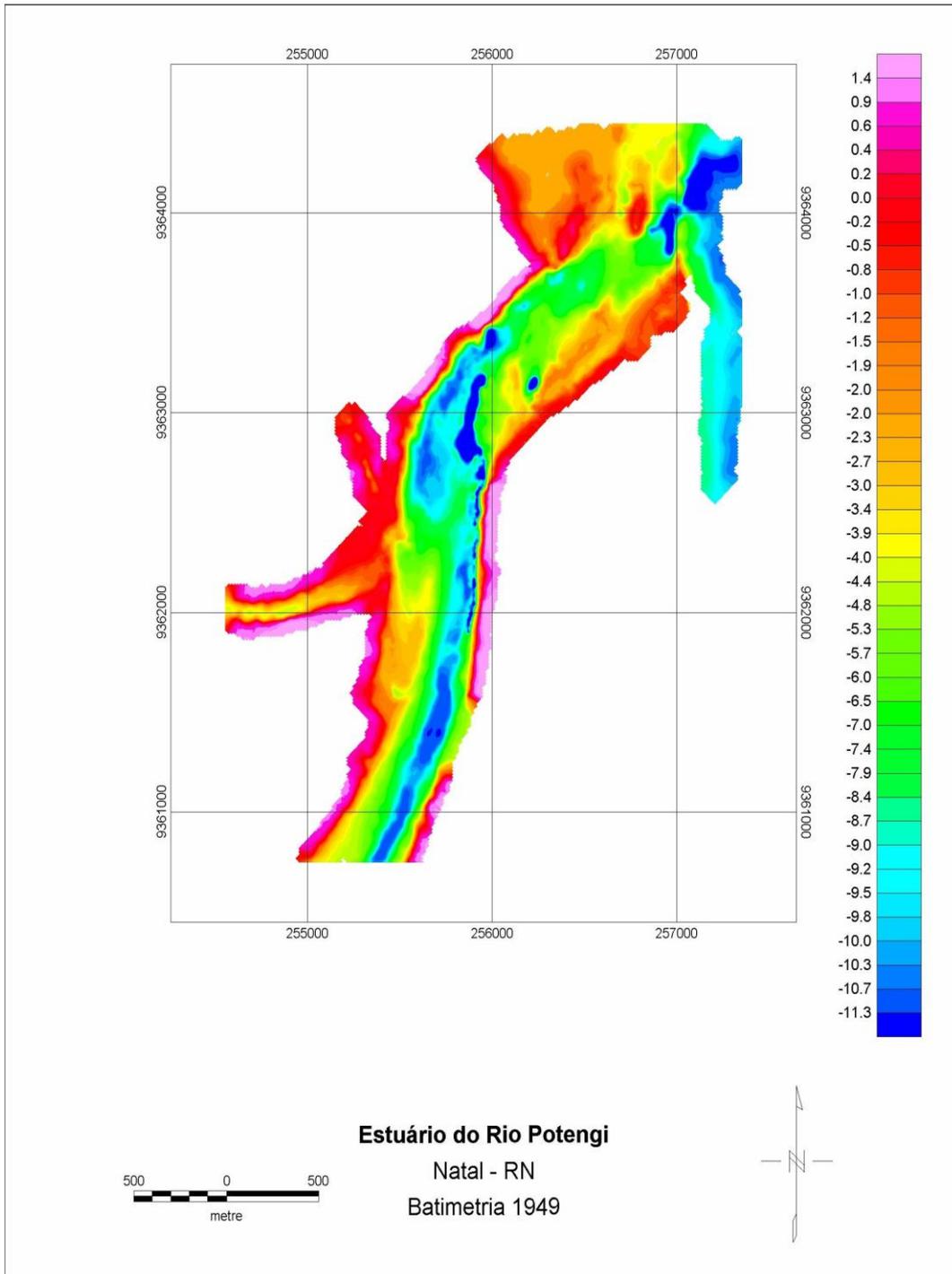


Figura 27 - Planta Batimétrica 1949

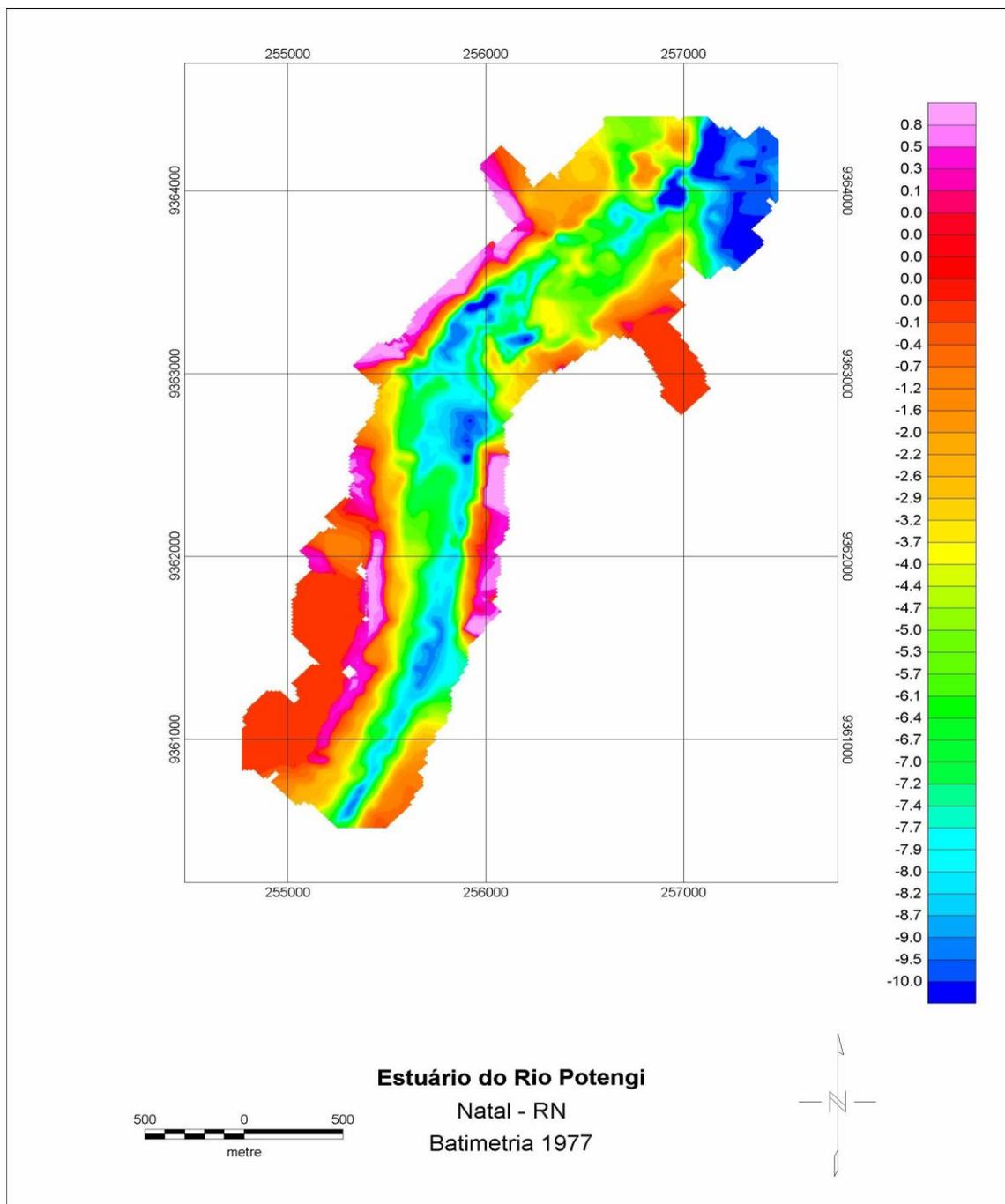


Figura 28 - Planta Batimétrica 1977

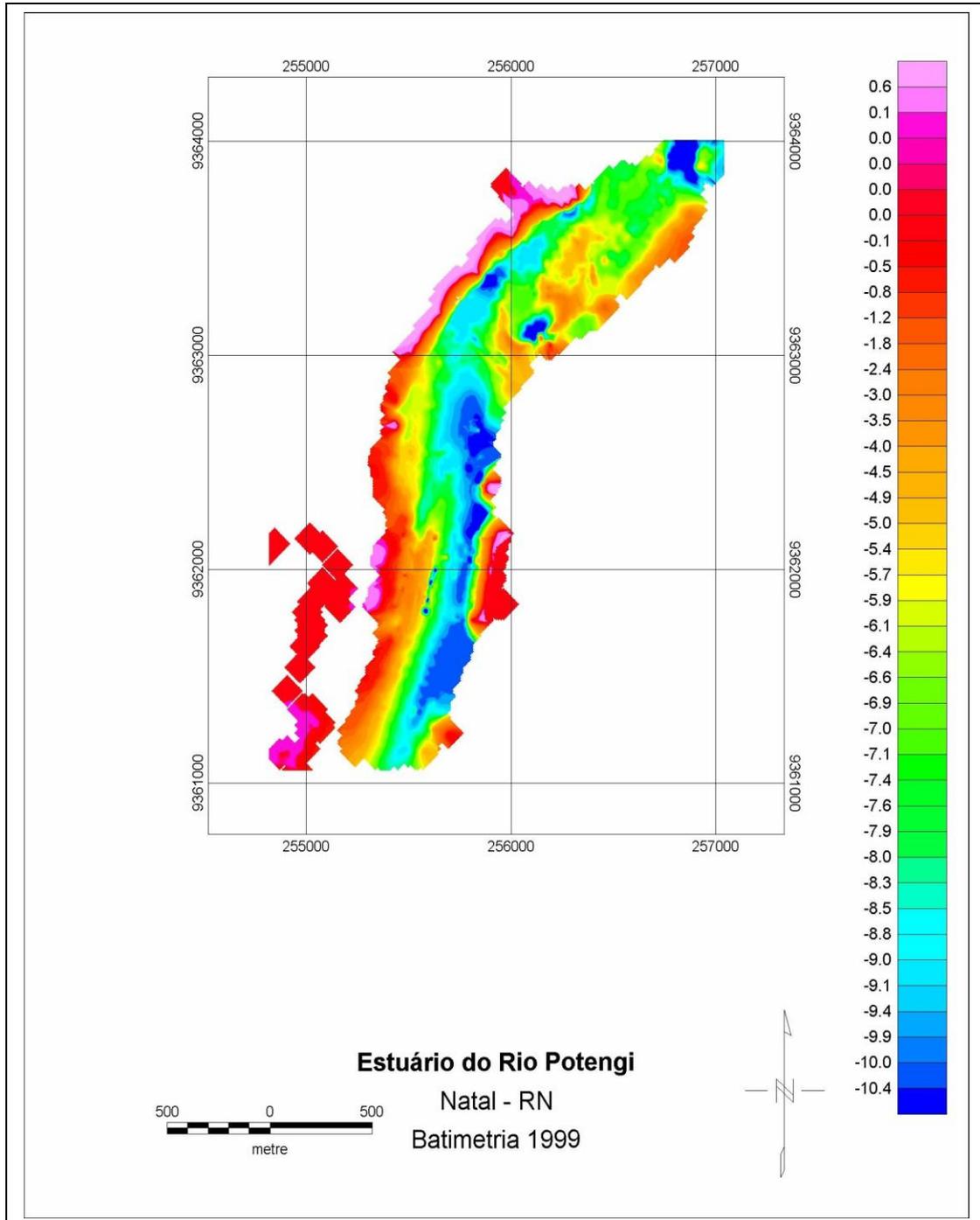


Figura 29 - Planta Batimétrica 1999

7 – LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

O mapeamento e monitoramento geofísico de uma área se constituem num poderoso instrumento para o reconhecimento da contaminação local com o fornecimento de importantes informações para o controle e minimização de impactos ao meio ambiente.

A definição dos locais de medidas para as sondagens verticais eletromagnéticas (SVEM) se deu após a realização dos levantamentos dos dados existentes e o reconhecimento da área de influência da Bacia através de mapa geológico.

7.1 – O Método Eletromagnético

Na década passada, os instrumentos de indução eletromagnética associados às técnicas de interpretação, evoluíram a ponto de as técnicas geofísicas de indução eletromagnética serem hoje largamente utilizadas no mapeamento geológico, na exploração de aquíferos, na obtenção de níveis de salinidades em aquíferos, no monitoramento da intrusão de águas salgadas costeiras, no monitoramento de plumas de contaminação com alterações na condutividade do subsolo, assim como na detecção direta de corpos condutivos metálicos.

Independentemente da técnica empregada, é a condutividade do terreno que é medida. Uma das vantagens das técnicas de indução eletromagnética é que pequenas variações na condutividade do subsolo podem ser detectadas com facilidade. Além disso, os equipamentos e as técnicas de indução EM, podem executar as medidas com considerável rapidez, tornando os custos de investigação relativamente baixos quando comparados aos métodos convencionais de eletro-resistividade.

Pode-se ainda ressaltar que, as técnicas e instrumentos de indução eletromagnética que operam a baixas frequências, não apresentam os “ruídos geológicos” gerados nas medidas convencionais de resistividade, por não utilizarem eletrodos, uma vez que a indução EM é feita sem o contato com o solo. Segundo Fitterman et al., (1988), demonstraram que as técnicas de indução EM trouxeram, em vários estudos de casos, uma melhor resolução elétrica comparadas às medidas convencionais de eletro-resistividade.

Newman et al (1987) e Wilt e Willians (1989) concluíram que, em termos de configuração de medidas, os instrumentos de indução EM levam vantagem se comparados aos instrumentos utilizados nas técnicas de eletroresistividade, por permitirem leituras de valores médios sobre volumes da sub-superfície.

A metodologia geofísica de indução eletromagnética fundamenta-se nos princípios físicos de indução de correntes por campos magnéticos variáveis estabelecidos pelas leis de Faraday e Lenz. O subsolo contendo corpos condutores, quando submetido a um campo magnético alternado, torna-se um meio induzido por correntes elétricas que geram um campo magnético secundário detectável.

A aplicação geofísica desta metodologia de indução eletromagnética consiste na injeção de correntes alternadas numa bobina transmissora (Tx), disposta sobre um meio condutor (subsolo), a fim de gerar um campo magnético (primário) que induz, nesse meio, correntes elétricas conhecidas como "correntes de Foucault", em forma de espiras. Essas correntes geram outro campo magnético (secundário), cuja intensidade, juntamente com a do campo magnético primário, será detectada na bobina receptora (Rx).

Nos estudos de indução eletromagnética, torna-se primordial o conhecimento dos seguintes parâmetros físicos: condutividade (ou resistividade) elétrica, permeabilidade magnética e constante dielétrica. A condutividade elétrica (σ) é definida como sendo o inverso da resistividade elétrica (ρ) e exprime a facilidade com a qual a corrente flui através do meio. A permeabilidade magnética (μ) define a razão entre o campo medido (B) e o campo magnético terrestre (H), enquanto que a constante dielétrica (ϵ) é uma propriedade elétrica do meio, mas diferentemente da condutividade, é uma medida de velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas nesse meio. Apesar de ser chamada "constante dielétrica", propriedade é constante somente para faixas de frequência, o que nos leva a concluir que mais apropriado seria chamá-la de "coeficiente dielétrico" (BOIAN, 1995).

A aplicação de técnicas geofísicas com o objetivo de se mapear e monitorar áreas contaminadas ou suscetíveis à contaminação é recente (GREENHOUSE & SLAINE, 1982). Em estudos de intrusão salina nos aquíferos costeiros, os métodos geofísicos mais empregados são os de eletroresistividade e os de indução eletromagnética, sendo que este último apresenta as vantagens já mencionadas em relação ao primeiro, no entanto, a maior desvantagem para o emprego da instrumentação eletromagnética está no alto custo do equipamento se comparado com os equipamentos utilizados na eletroresistividade. De uma maneira

geral, o sucesso na interpretação dos dados levantados exige o conhecimento da teoria eletromagnética, McNEILL (1991).

7.1.1 - Indução Eletromagnética, Princípios Físicos.

Michael Faraday e Joseph Henry (1830) descobriram simultaneamente, que campos eletromagnéticos variáveis induzem correntes elétricas. Concomitantemente, Lenz (1804-1864) desconhecendo os trabalhos realizados por Henry e Faraday, trilhou caminhos que o levaram a várias de suas descobertas. A lei de Lenz, útil para a previsão do sentido de uma corrente induzida, afirma que: "O sentido de uma corrente induzida é tal que ela se opõe à causa que a produz". O conteúdo desta lei pode ser incorporado ao enunciado da lei de Faraday e Neumann: "A força eletromotriz induzida num circuito é igual em módulo à taxa de variação temporal do fluxo magnético, através de um circuito" sendo expressa por:

$$\epsilon = - dv / dt$$

Onde: ϵ = Força eletromotriz

dv = Diferencial de fluxo magnético

dt = Diferencial de tempo

Os métodos geofísicos aqui mencionados são baseados nestes princípios da indução eletromagnética. Portanto, é possível estabelecer medidas de campos magnéticos associadas a correntes geradas em condutores na sub-superfície induzidas por um campo magnético primário.

7.2 – Aquisição e Interpretação dos Dados

7.2.1 - Princípios de Funcionamento dos Equipamentos de Indução Eletromagnética de Duas Bobinas.

O estudo da condutividade elétrica do terreno é uma técnica geofísica que, embora ainda não muito empregada no Brasil, vem sendo largamente utilizada na investigação de

áreas contaminadas. Os princípios da condutividade elétrica dos terrenos foram discutidos por McNEILL (1980).

A técnica eletromagnética funciona com base em um princípio simples, com variações. Na Figura 30, um transmissor (Tx) produz um campo eletromagnético (primário) que, ao penetrar no solo, induz uma voltagem (V) que provoca um fluxo de corrente (i) em uma sub-superfície condutora. Essas correntes de sub-superfície, por sua vez, criam um campo magnético secundário que é medido pelo receptor (Rx). O campo secundário é proporcional às correntes geradas no terreno e, portanto, à condutividade elétrica do terreno. A baixas freqüências o sinal no receptor será também proporcional a condutividade. O equipamento mede a parte do sinal de (Rx), que está em quadratura ou, ortogonalmente fora de fase com o campo primário.

Nos métodos eletromagnéticos, a condutividade elétrica do terreno desempenha um papel fundamental na profundidade de penetração. Isso ocorre porque a condutividade absorve energia das ondas eletromagnéticas através do trabalho para movimentar as cargas. Ondas de freqüência mais elevadas perdem energia mais facilmente do que as ondas de baixas freqüências porque, conceitualmente, movimentam mais cargas em um dado tempo. A profundidade na qual uma onda plana magnética é atenuada a $1/e$ (37%) de sua amplitude, na superfície é chamada de profundidade pelicular \underline{d} .

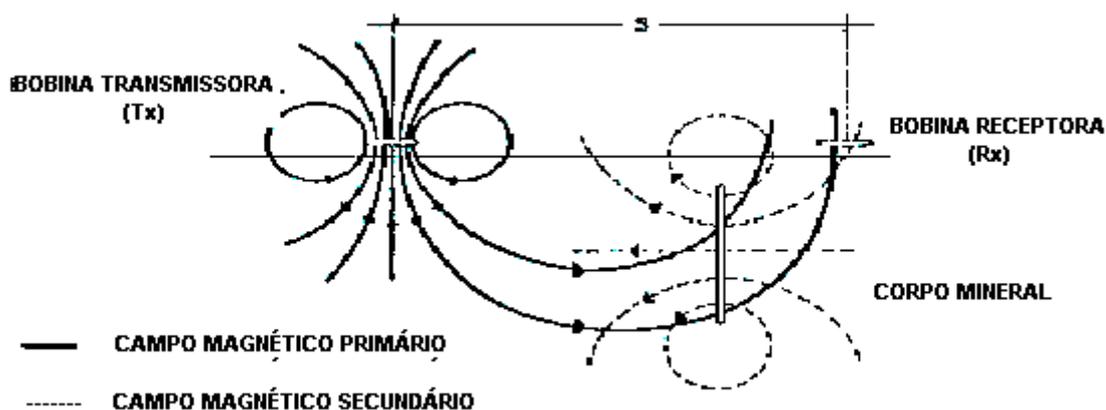


Figura 30 – Princípio físico do sistema eletromagnético de duas bobinas, (King, 1981).

A importância do conceito de profundidade pelicular é que ela representa a penetração máxima de um método eletromagnético operando a uma freqüência f em um

meio de condutividade σ . A penetração pode, no entanto, ser menor que a profundidade pelicular devido a outros fatores, principalmente à geometria do sistema de prospecção.

Para que o sinal no receptor seja linearmente relacionado com a condutividade, a profundidade de película (skin depth) nas frequências típicas de operação (5 a 15 kHz) deve ser grande em comparação com o espaçamento Tx/Rx. Para condutividade do terreno acima de 100 mS/m, essas condições começam a se desviar e as leituras irão incorrer em erros crescentes, GREENHOUSE, 1996.

7.2.2 - Profundidades de Investigação Relacionadas à Orientação dos Dipolos.

Considerando-se um volume homogêneo na sub-superfície onde se localiza uma bobina transmissora (Tx), conforme a Figura 31, verifica-se que em uma camada de espessura dz a uma profundidade (z) qualquer (sendo z a profundidade dividida pelo espaçamento S entre as bobinas), é possível calcular o campo magnético secundário na bobina receptora (Rx) gerado pelos fluxos de corrente dentro dessa camada, traduzido pela função $\phi_v (Z)$, que descreve a contribuição relativa para o campo magnético secundário, proveniente desta fina camada. Observando-se a mesma figura, nota-se que o material localizado a $0,4z$ fornece máxima contribuição para o campo magnético secundário e a $1,5z$ ainda contribui significativamente. Pode-se notar, também, que o solo à profundidade zero tem uma contribuição muito pequena para o campo secundário, sendo esta configuração de bobinas insensível a variações de condutividade nas proximidades da superfície.

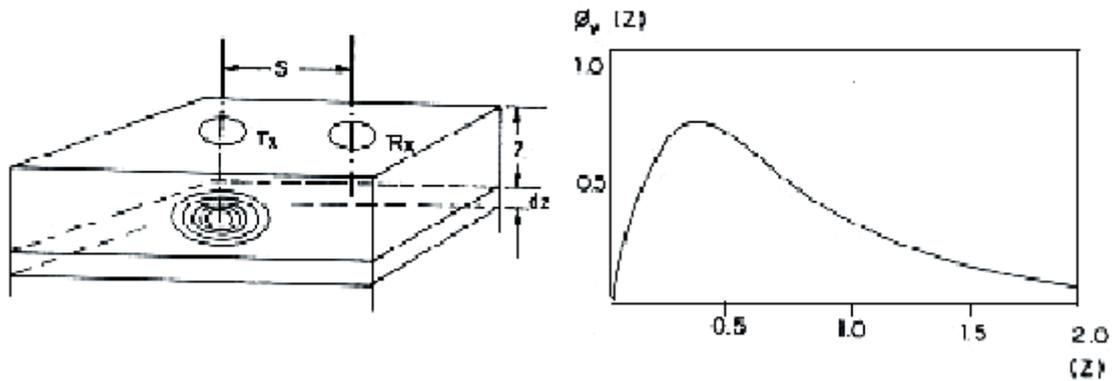


Figura 31 - Resposta relativa versus profundidade para dipolos verticais. $\phi_v(z)$ é a contribuição relativa para H_s do material em uma fina camada dz localizada a uma profundidade z (normalizada), (McNeill-1980).

Para os dipolos na posição coplanar horizontal a mesma função é ilustrada na Figura 32. Para essa configuração, a contribuição relativa devido ao material superficial é grande decaindo conforme aumenta a profundidade.

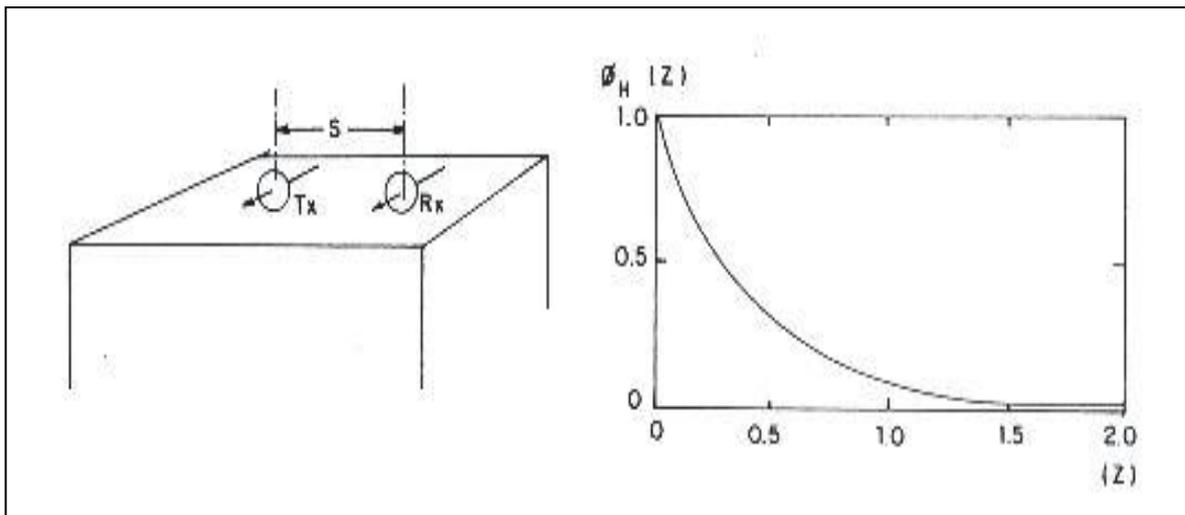


Figura 32 - Resposta relativa versus profundidade para dipolos horizontais, (McNeill, (1980)).

Com ambas orientações, horizontal ou vertical dos dipolos, pode-se construir uma função que forneça a resposta relativa ao campo magnético secundário no receptor, gerado por uma estreita camada de material a qualquer profundidade. A integral de ambas as funções, desde zero até infinito, fornece o campo magnético secundário na bobina receptora, proveniente de semi-espaço homogêneo, que é diretamente relacionado com a condutividade elétrica desse semi-espaço, pela seguinte equação:

$$\underline{H_s} = \frac{i \cdot \omega \cdot \mu_0 \cdot S^2 \cdot \alpha_a}{4 H_p}$$

Onde: α_a = Condutividade elétrica do terreno ($\text{mho} \cdot \text{m}^{-1}$)

μ_a = Constante de permeabilidade no vácuo ($\text{Wb} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$)

$\omega = 2\pi f$ ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$)

f = Frequência (HZ)

S = Distância entre as bobinas (m)

H_p = Campo magnético primário na bobina receptora (T)

H_s = Campo magnético secundário na bobina receptora (T)

7.2.3 - Resultados em Terrenos de Multicamadas

As funções descrevem a sensibilidade relativa das configurações possíveis de bobinas para materiais a várias profundidades. Entretanto, uma função derivada delas é mais útil para a realização dos cálculos. É definida como a contribuição relativa ao campo magnético secundário ou condutividade aparente, devido a todos os materiais abaixo de uma profundidade (Z), sendo dado pelas Equações.

$$R_H(X, Y) = \int_Z^\infty \phi_H(Z) dz \quad \text{para dipolos horizontais}$$

$$R_V(X, Y) = \int_Z^\infty \phi_V(Z) dz \quad \text{para dipolos verticais}$$

Essa função é chamada resposta cumulativa, para o caso dos dipolos transmissor/receptor coplanares verticais. Para essa configuração, todo o material abaixo de uma profundidade correspondente a dois espaçamentos entre as bobinas, fornece uma contribuição de 25% para o campo magnético secundário na bobina receptora.

Supondo que o semi-espaço homogêneo tenha uma condutividade de 20 milimhos/metro (50 ohm/metro) e tendo o equipamento sido calibrado conforme a Equação a seguir, o medidor de saída indicará 20 mmhos/m.

$$\sigma_a = \frac{4}{W \cdot \mu \cdot S^2} \cdot \frac{H_s}{H_p}$$

Observa-se que os materiais abaixo de dois espaçamentos entre as bobinas contribuem com 25% para o campo magnético secundário, portanto 25% do valor indicado. Supondo-se que este material profundo seja substituído por uma substância infinitamente resistiva (condutividade zero), então a leitura do medidor irá decair de seus originais 20 milimhos/m para 15 milimhos/m, uma vez que, se todo o material acima de dois espaçamentos entre as bobinas deve contribuir com 75% quando removido, a leitura do medidor torna-se 0,25 x 20 ou 5 milimhos/m.

Relatos de investigações indicam que, se a condutividade do terreno não varia significativamente com a distância horizontal dentro de um raio igual ao espaçamento entre as bobinas do equipamento, o terreno pode ser considerado como sendo lateralmente uniforme (Boian, 1995).

7.2.4 – Equipamentos Utilizados

Os Condutímetro de Indução Eletromagnética fundamentam seu funcionamento nos princípios citados anteriormente, ou seja, indução de ondas eletromagnéticas no solo e a sua recepção após a interação com a matriz do solo, tendo como objetivo a medida da condutividade elétrica desse volume geológico. O equipamento que aqui será descrito como EM-34, fabricados pela Geonics Lt. - Canadá.

Composto por duas bobinas (transmissora e receptora) conectadas entre si por meio de cabos de 10, 20 ou 40 metros, variando diretamente a profundidade efetiva de investigação conforme a Tabela 2.

Para a obtenção da condutividade do terreno, o operador da bobina transmissora deve se posicionar sobre a estação de medida e o operador da bobina receptora deve movê-la, afastando-a ou aproximando-a da transmissora, até que o medidor do aparelho indique o correto espaçamento entre as bobinas. Feito isto, pode-se ler o valor da condutividade aparente do terreno no medidor de condutividade.

Os instrumentos de indução eletromagnética são, normalmente, calibrados para fornecerem leituras de condutividade do terreno em milimhos por metro (mmho/m) ou em miliSiemens por metro (mS/m).

A análise dos espaçamentos entre as bobinas e as respectivas profundidades de investigação revela que, com os dipolos na orientação vertical, a profundidade de exploração é definida como sendo 1,5 vezes o espaçamento entre as bobinas e, no caso da orientação dos dipolos na horizontal, a profundidade será de 0,75 vezes o espaçamento entre elas.

7.3 – Resultados

As medidas foram realizadas em 71 estações distribuídas ao longo da zona costeira da praia da Redinha. Em cada estação foram realizadas as quatro medidas referentes ao EM-31 (3, 4, 6 e 7m). A figura 33 apresenta a distribuição das estações.

Os dados foram processados utilizando uma planilha de cálculo (Excel) e posteriormente representados no programa SURFER da Golden Software, versão 7.0 (figura 34). No geral, observa-se que os valores da condutividade aparente diminuem com a profundidade.

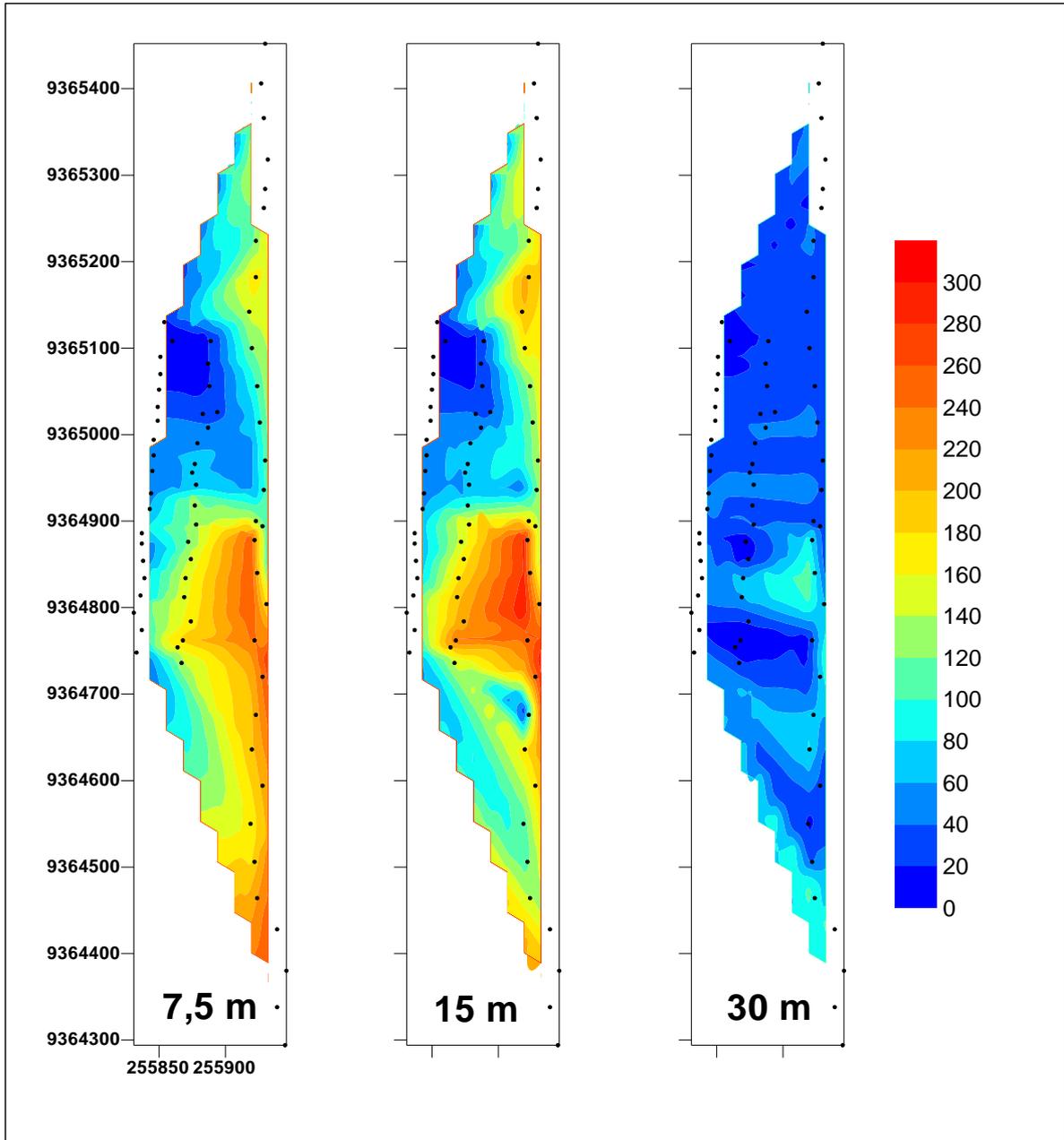


Figura 33 – planta com os isovalores de condutividade a diversas profundidades, contendo a localização das estações.

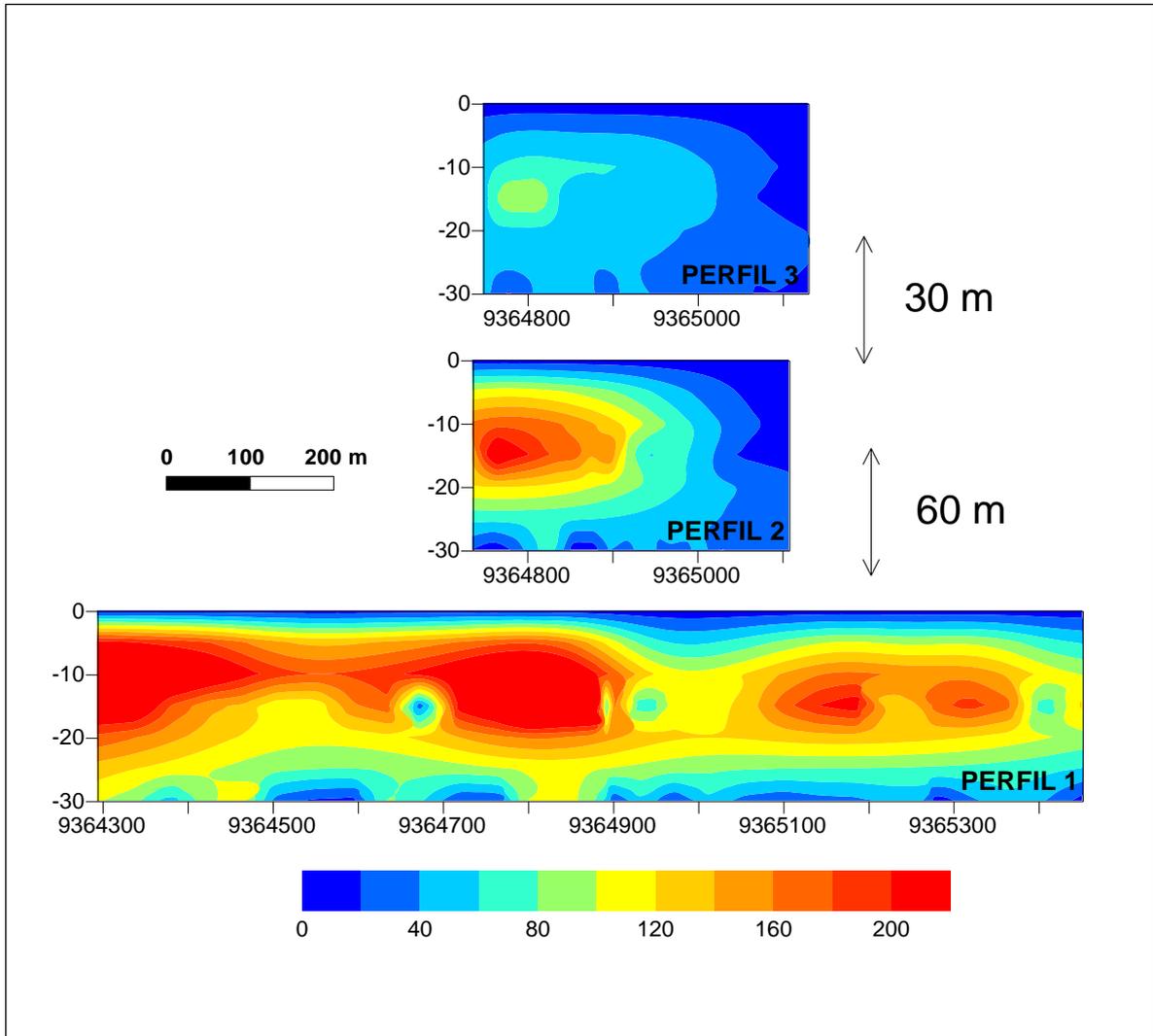


Figura 34 – Seções longitudinais com os isovalores de condutividade a diversas profundidades.

8. ANÁLISE E DISCUSSÃO

8.1 - Evolução da forma em planta perfil

A morfologia de um estuário é resultante da configuração de processos morfológicos e hidrodinâmicos, com destaque ao transporte de sedimentos. Soma-se a isto, as interferências humanas na forma de obras portuárias, barragens e urbanizações.

A evolução de um corpo estuarino é observada através de alterações nas características geométricas, tanto em planta como em perfil.

De acordo com Mota, V. F. (1980), um estuário pode apresentar no seu processo evolutivo, variações de largura, profundidade, declividade e ainda na forma dos meandros.

No caso do Estuário Potengi, a variação no seu contorno é representada, no período de 1867 até a atualidade, pela variação de dimensões, deslocamentos e até desaparecimentos de bancos, canais e ilhas arenosas, como também pelo traçado dos canais de maré, denominados de gamboas.

Para esta análise da evolução do Estuário do Rio Potengi, inicialmente tomou-se como base as cartas digitalizadas de referência **B02-TH-01-1905**, na escala de 1:5000, e a área de estudo foi dividida em três partes, afim de facilitar a identificação das modificações durante o tempo do estuário, ou seja:

- **S1** - Área correspondente ao trecho que vai da Ponte de Igapó até depois do Porto de Natal, focando as duas margens do Rio Potengi.
- **S2** - Área que enfoca os dois grandes braços - Gamboa Jaguaribe e Manimbú, e vai até a foz. Só envolve a margem esquerda do Rio, no sentido a jusante.
- **S3** - Área oposta a S2, enfoca desde o Porto de Natal até a foz, onde estão contidos o Forte dos Reis Magos, parte dos recifes e o Dique da Limpa.

Foram ainda locados 5 perfis distribuídos de forma a monitorar a evolução do Rio Potengi nos aspectos de erosão, assoreamento ou nível d'água, assim localizados:

- **Perfil 1 (P1)** - Entre a Ponte e o Porto de Natal
- **Perfil 2 (P2)** - Em frente ao Porto de Natal
- **Perfil 3 (P3)** - Entre o Porto e a Foz.

- **Perfil 4 (P4)** - Entre P2 e P3, antes da Gamboa Jaguaribe.
- **Perfil 5 (P5)** - Foz do Rio Potengi

Esta avaliação teve um objetivo mais qualitativo, com intuito de visualizar as possíveis modificações em planta e perfil, em uma área mais ampla do estuário, no período de 1905 e 1977. Posteriormente, foi realizada uma comparação batimétrica mais apurada. A **Figura 35** mostra a localização das seções e dos perfis estudados, enquanto a **Figura 36** mostra um perfil esquemático com as variações em planta e perfil ao longo do período estudado.

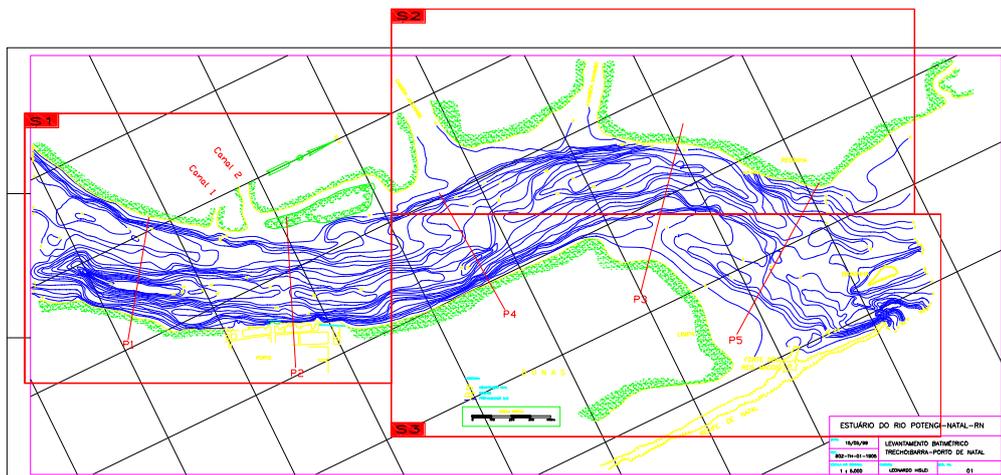


Figura 35 - Seções e Perfis definidos para o levantamento do estudo.

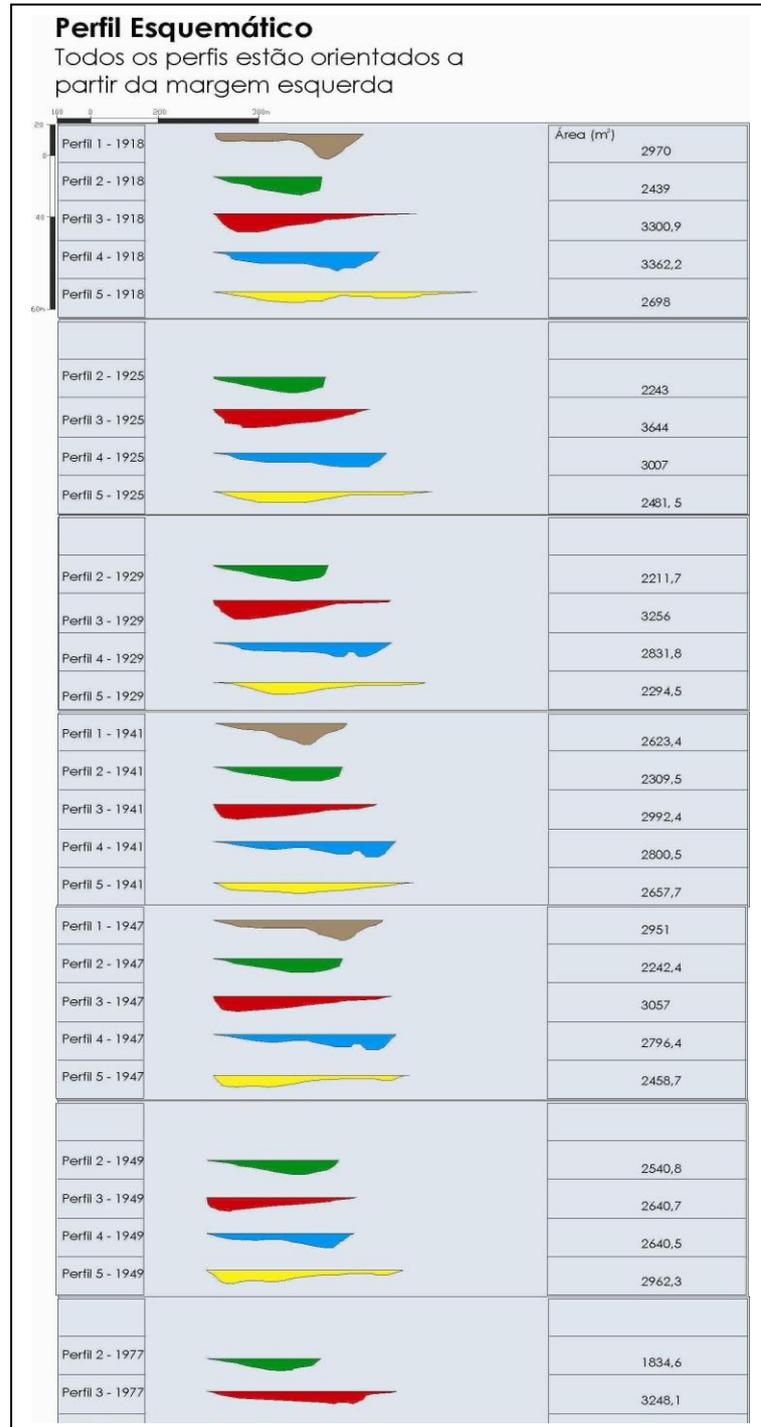


Figura 36 – Perfil esquemático

A comparação de levantamentos batimétricos de 1905 a 1999, no trecho compreendido entre a Barra até a Ponte de Igapó, demonstrou que o Estuário teve suas larguras sensivelmente aumentadas entre a Ponte de Igapó e a Base Naval, enquanto as profundidades diminuíram.

No trecho da Base Naval até a Barra, o contorno foi mantido praticamente o mesmo, somente com pequenas alterações nas regiões das Gamboas Manimbu e Jaguaribe. Inclusive, deve destacar-se a migração da desembocadura das gamboas, suas variações de largura e o fechamento da Gamboa Manimbu, no período de 1947 a 1949, quando a mesma retoma o contato com o corpo principal do Estuário Potengi.

Para entender a evolução em perfil, foram traçadas cinco (05) seções transversais ao longo do estuário (**Figura 37**), cuja comparação entre os levantamentos batimétricos dos anos de 1905 a 1999, denotam uma predominância do assoreamento sobre a erosão, principalmente no trecho próximo a desembocadura. Contudo, no período de 1977 a 1999, existe uma predominância de erosão em todos os perfis, principalmente no trecho situado mais próximo à desembocadura.

Nesta comparação de perfis, procurou-se através de uma expressão qualitativa da descrição dos perfis se entender a evolução do Estuário Potengi e este processamento foi realizado a partir dos modelos de superfície batimétricas das plantas dos Levantamentos Batimétricos do Trecho Barra - Porto de Natal, da COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - CODERN, dos anos de 1905, 1918, 1925, 1929, 1941, 1947, 1949, 1977 e 1999, na escala de 1:5000. Todas as cartas foram digitalizadas em AUTOCAD.

Os perfis foram locados de forma que aproveitasse ao máximo a sobreposição das informações dos nove *grides*. O início e o final dos perfis devem ser desconsiderados ou interpretados como distorcidos pelo efeito de borda dos *grides*.

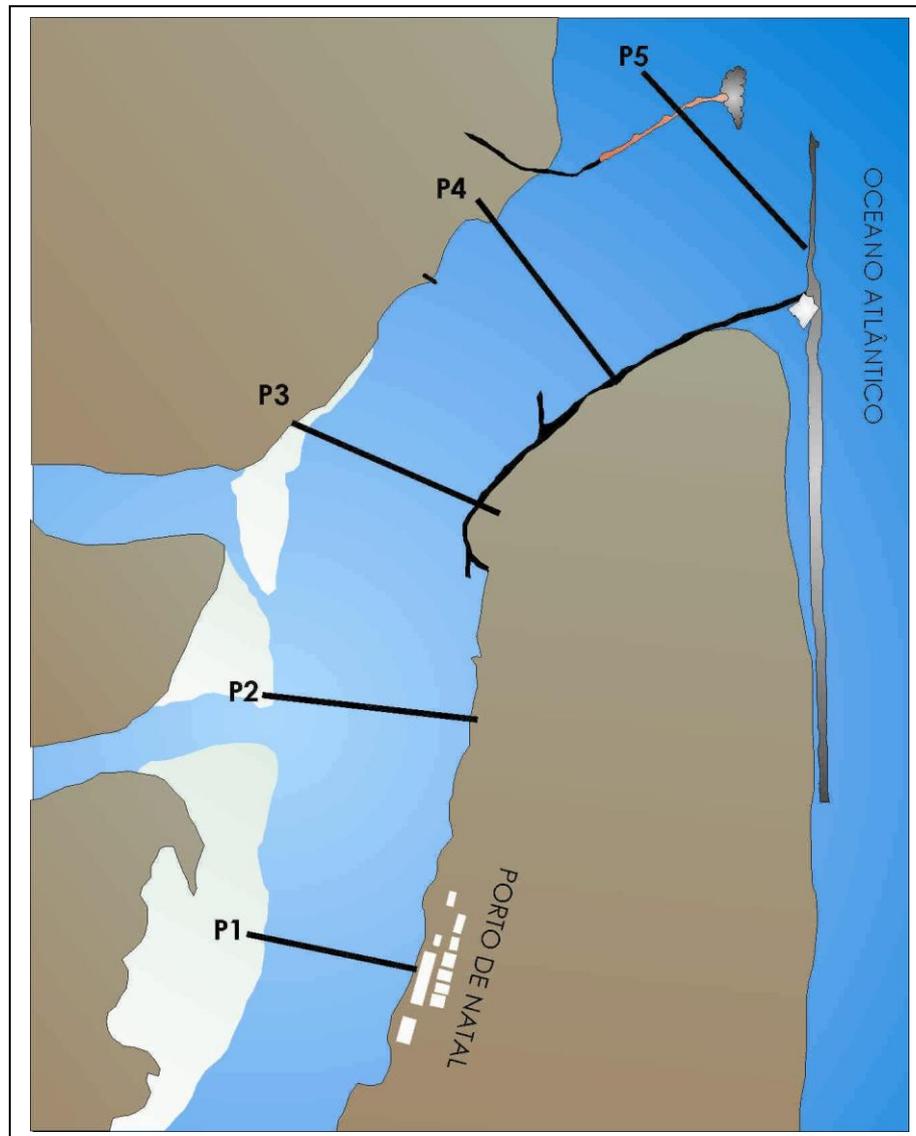


Figura 37 - Localização dos perfis

É necessário ressaltar que nesta análise da evolução morfológica do Estuário Potengi, foi realizado o tratamento na forma dos perfis de maneira bastante simplificada, sem levar em conta taxas volumétricas ou outros tipos de quantificações, já realizadas no item de Comparação Batimétrica (**Figuras 38 a 47**).

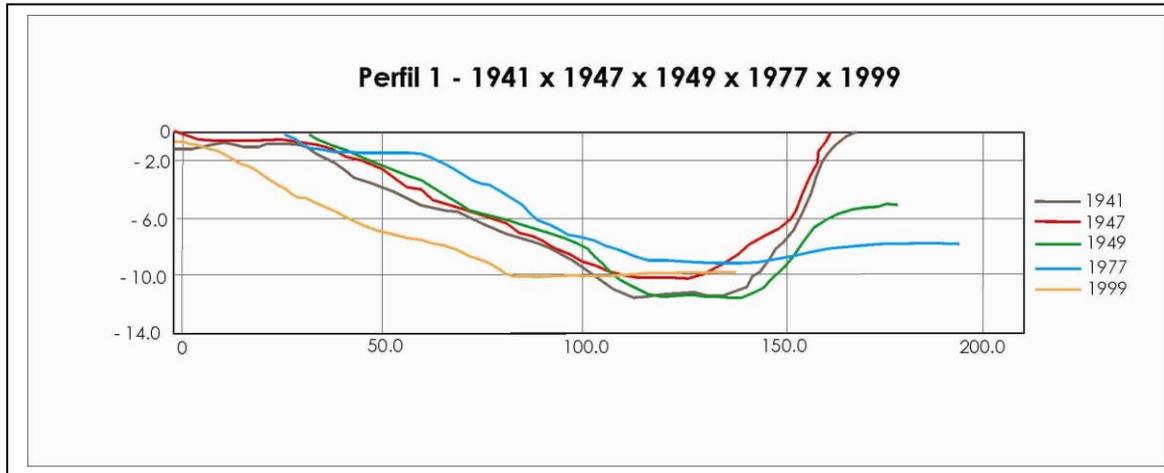


Figura 38 - Variação do Perfil 1 (1905 - 1929)

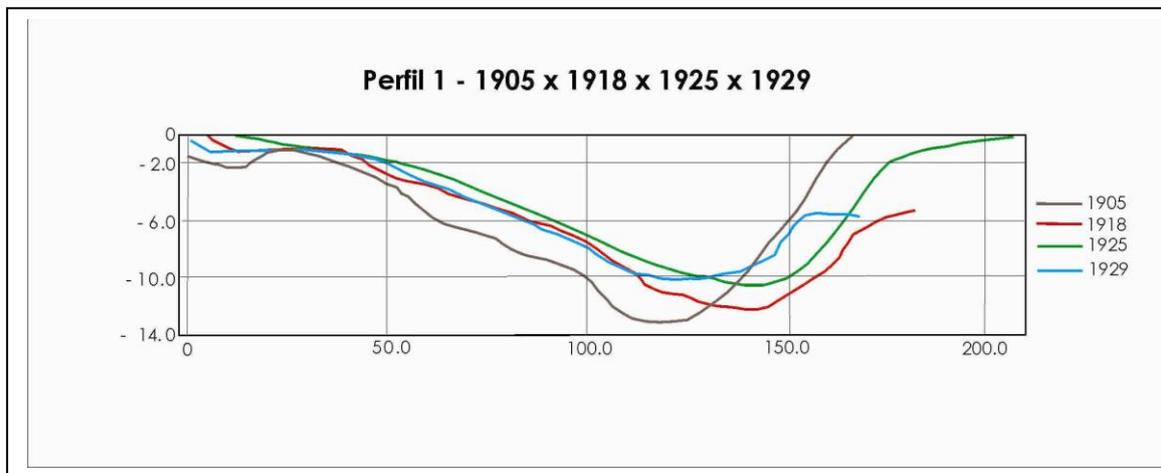


Figura 39 - Variação do Perfil 1 (1905 - 1929)

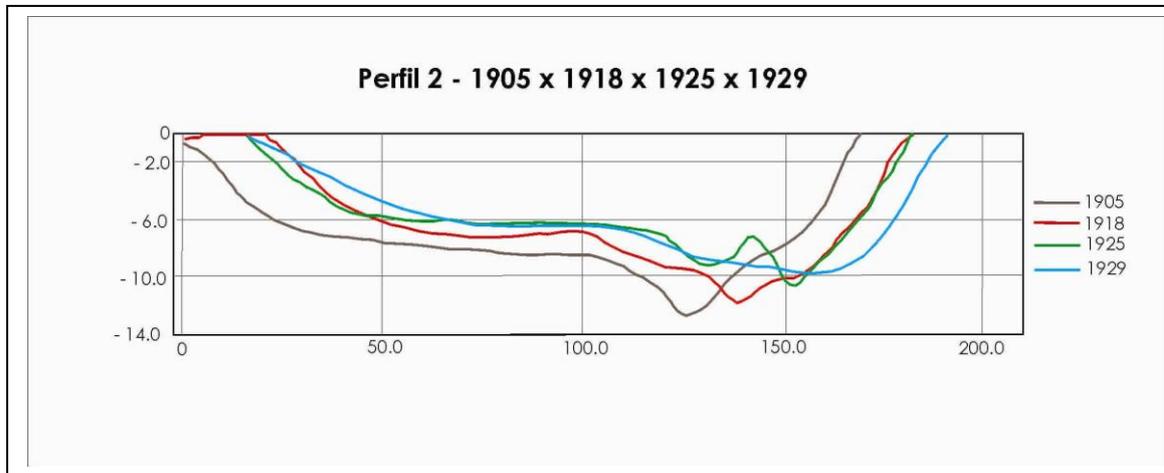


Figura 40 - Variação do Perfil 2 (1905 - 1929)

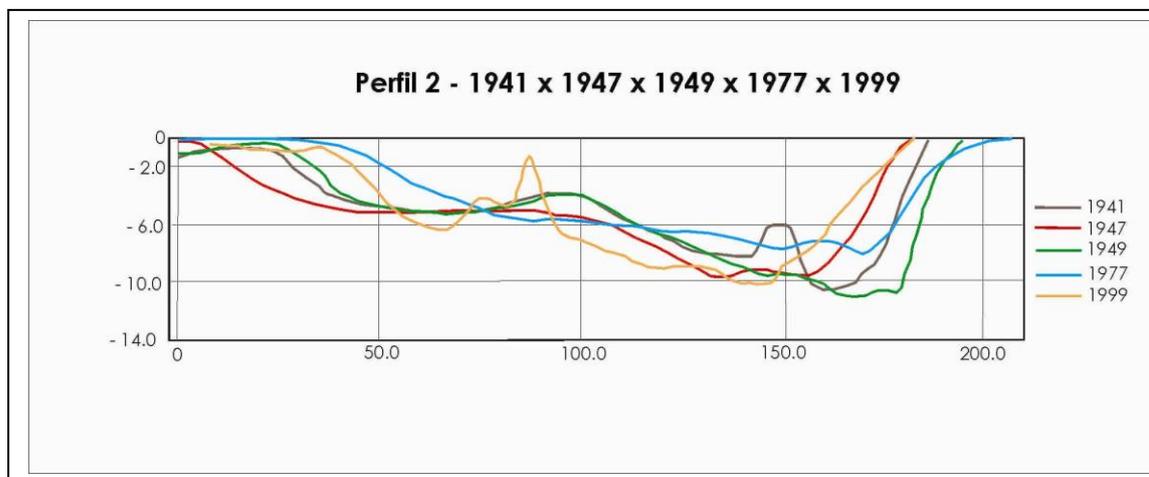


Figura 41 - Variação do Perfil 2 (1905 - 1929)

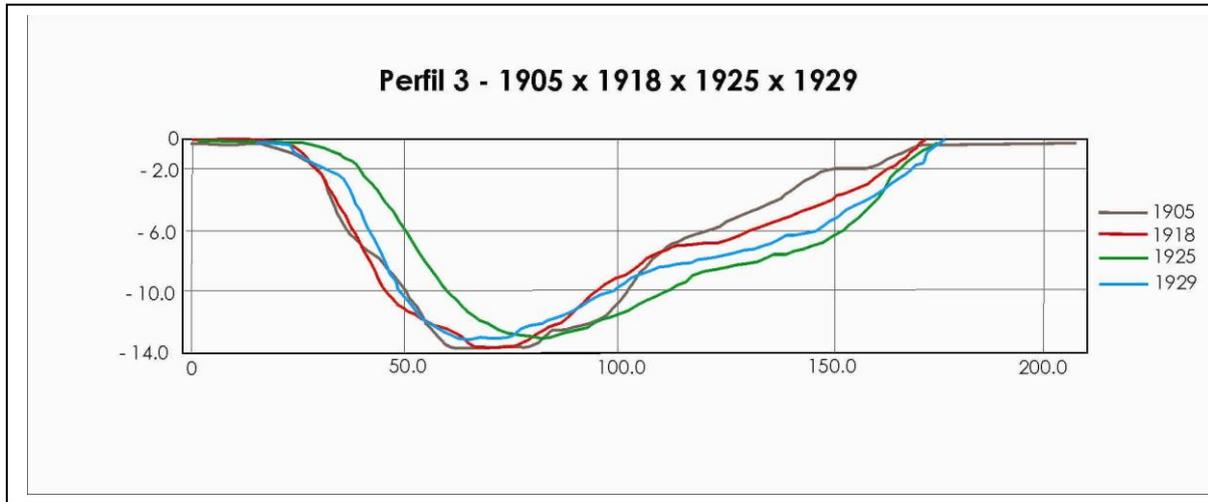


Figura 42 - Variação do Perfil 3 (1905 - 1929)

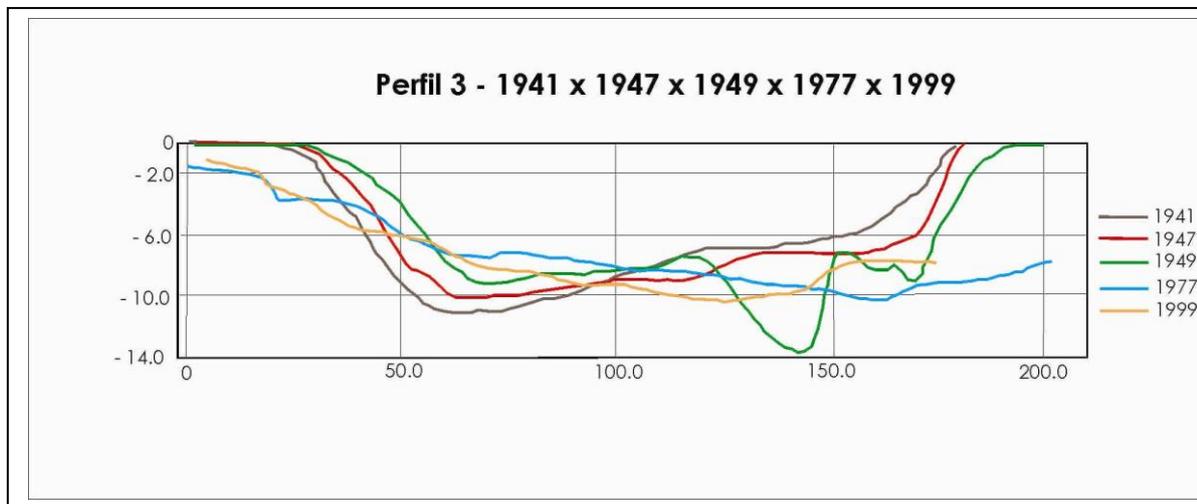


Figura 43 - Variação do Perfil 3 (1905 - 1929)

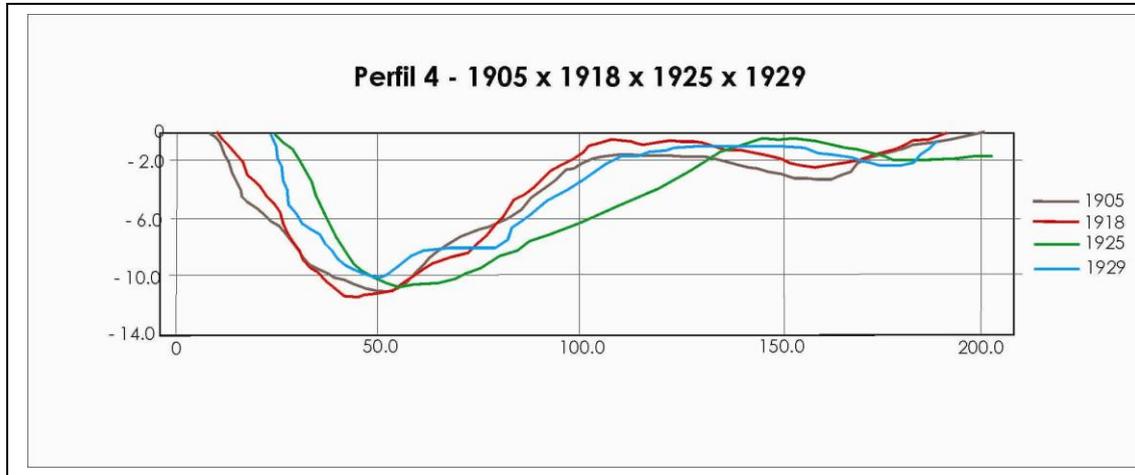


Figura 44 - Variação do Perfil 4 (1905 - 1929)

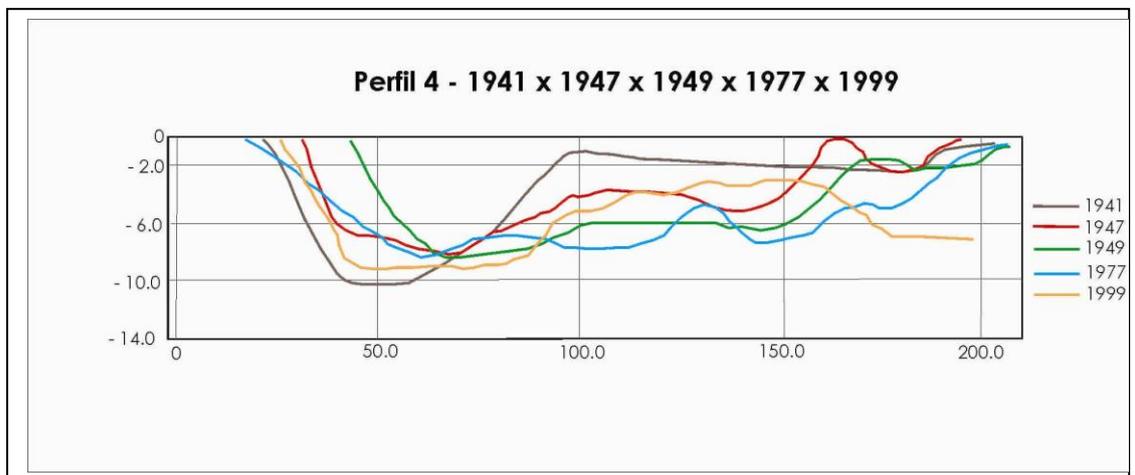


Figura 45 - Variação do Perfil 4 (1905 - 1929)

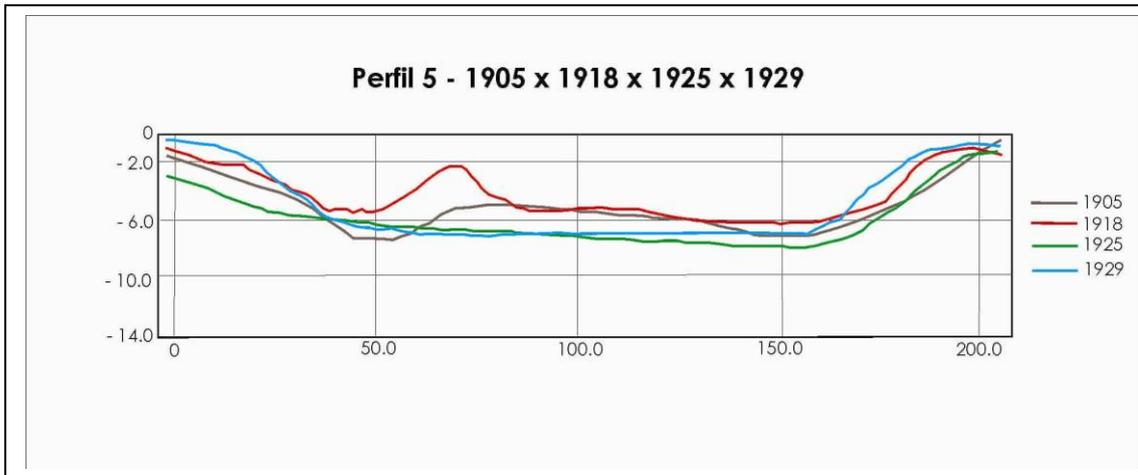


Figura 46 - Variação do Perfil 5 (1905 - 1929)

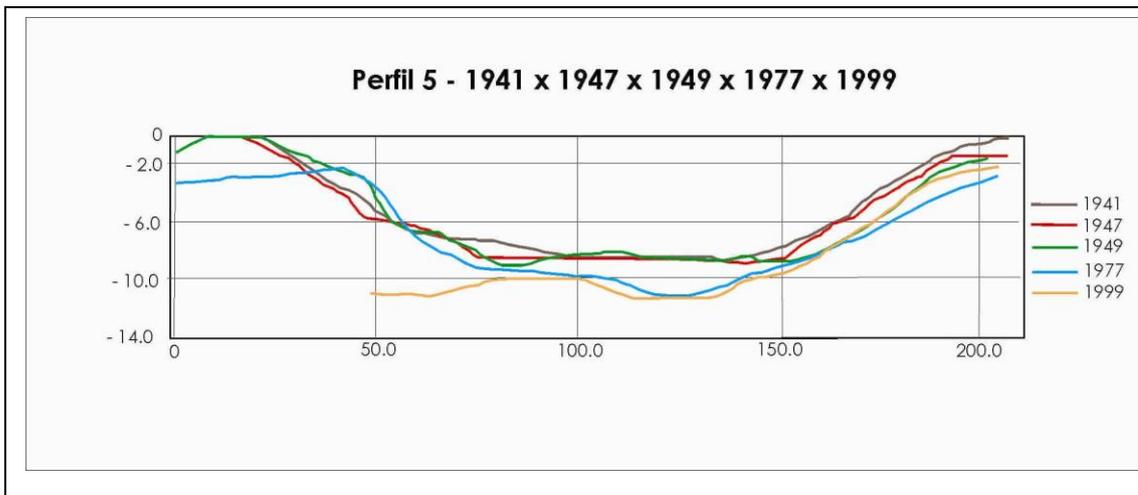


Figura 47 - Variação do Perfil 5 (1905 - 1929)

8.1.1 - Perfil 1 – Corresponde ao Porto de Natal

Durante os anos estudados, registrou-se uma maior profundidade em 1905, da ordem de 13.2m na parte mais profunda do canal. Ao longo dos anos, ocorreram alterações médias de profundidade em torno de 2 a 3m. Na conclusão dos estudos, no ano de 1999, verificou-se uma profundidade de 10.1m, apesar de, naquele ano, o canal se encontrar mais largo que nos anos anteriores analisados.

O canal apresenta um comportamento peculiar neste perfil, um deslocamento na direção do Porto de Natal (direção leste), mas a partir de 1929, a morfologia toma, de um modo geral, a mesma forma, migrando o canal na direção contrária ao do início. Esta é uma área susceptível a grandes modificações como as dragagens.

8.1.2 - Perfil 2 – Localizado entre a Rampa e o Início do Dique da Limpa. (Próximo ao canto do Mangue - Cais dos Pescadores).

A evolução desta seção transversal mostra em sua forma, a primeira vista, dois canais, um mais profundo (canal principal), próximo à margem direita (leste) com maior profundidade (12.8m), em 1905; e outro canal mais raso (a oeste), que só começa a se formar em 1918. Esta área apresenta uma grande variação, assoreamento e formação de uma “croá” delimitando dois canais. Tem também a migração do talude, a leste do perfil principal, na ordem de 25m. Em 1905, ele começa a ser erodido, e em 1949, alcança uma maior variação de distância com relação ao primeiro e assoreia aproximando 10 a 15 m em relação ao primeiro perfil (1905).

8.1.3 - Perfil 3 – Próximo às bóias localização BL-9 e BL-6 antes do Dique do Y

Este perfil mostra o deslocamento do canal principal para a esquerda (oeste), modificação esta em função do fluxo principal das correntes.

Esta região foi sujeita a grandes intervenções humanas, em 1905 ainda não havia sido construído nenhum tipo de estrutura contra processos erosivos. Só depois de 1925 é que começam a aparecer uma série de espigões na margem esquerda e o Dique da Limpa,

na margem direita. Estas estruturas foram responsáveis por uma grande modificação na morfologia do Rio Potengi, sobretudo nesta determinada seção que é bastante suscetível aos processos erosivos.

8.1.4 - Perfil 4 – Depois do Dique do Y (já tendendo para norte/sul)

O canal principal está à margem esquerda (Redinha) do Rio Potengi, e até 1929 a morfologia apresenta formas regulares com variações de assoreamento e erosão localizados e regidos, talvez, somente pela dinâmica do Rio. Após este ano, o lado direito do perfil (leste do perfil) se perde em tantas variações. Em 1949, o canal é estreitado em forma de U. Em 1977, chega a formar, em todo trecho do perfil, um único canal com bancos de no máximo 2m de altura. Em 1999, o perfil toma de novo as formas iniciais, com algumas observações, sendo uma delas o fundo do canal principal retangular, o que sugere uma dragagem, e seu final procede de maneira a afundar e talvez subir junto à parede do Dique da Limpa.

8.1.5 - Perfil 5 – Próximo à desembocadura do Rio Potengi

Local de grande dinâmica. Perfis em forma de U com profundidades em torno de 6m. Aparecimentos e desaparecimentos de pequenos bancos (serrilhamento dos perfis). Em 1999, o perfil se restabelece de forma bem regular e profundo. Em 1905, a profundidade máxima é de 7.2m, e em 1999, a profundidade máxima é de 8.1m, variando nos anos estudados de 2 a 3 metros.

8.2 - Evolução do Banco das Velhas

Todos os relatos históricos existentes sobre a região de Natal coincidem na existência de um campo de dunas nas proximidades da desembocadura do Estuário

Potengi, em cujo arrecife, o da entrada da barra, havia sido construído a Fortaleza dos Reis Magos.

Destaca-se nestes relatos, o do Conde Maurício de Nassau, o então Governador do Brasil Holandês. Sobre sua passagem pela área, no final de 1636, Nassau escreveu:

“...o Castelo Keullen do Rio Grande (denominação holandesa para Fortaleza dos Reis Magos), situado sobre o arrecife de pedra da entrada da barra. Construído de pedra de cantaria, é mui elevado e tem mui grossas e fortes muralhas..Este forte está sujeito às altas dunas que lhe ficam a um tiro de arcabuz, e são tão elevadas que delas se pode ver pelas canhoneiras o terraplano, e daí fuzilar os do castelo, que se dirigem para as muralhas. Quando nós os cercamos, assentamos nossa artilharia sobre as dunas e fizemos um fogo que tal ninguém podia permanecer nas muralhas.”(Galvão, Hélio, 1982)

Além disto, diversas gravuras, mapas e plantas do século XVII, XVIII e XIX, retratam e citam a existência de dunas que, invadiam ao rio nas áreas próximas ao Forte dos Reis Magos.

Os primeiros estudos de natureza geológica propriamente dita desenvolvidos na região são atribuídos a Branner e Gilman em 1989 (apud Oliveira & Leonardos, 1978) na publicação do trabalho intitulado “The Stone Reef of the Rio Grande do Norte, Brazil”. Nesta oportunidade, além de estudarem de forma detalhada os arenitos de praias também foi registrado a importância do transporte de material eólico no assoreamento do Estuário Potengi.

Vale salientar ainda, que sobre o mesmo tema, Golijath (1638) e MacGrave(1643) já evidenciavam a influência da evolução das dunas na modificação e obstrução da desembocadura da laguna de Guaraíras, no litoral ao sul de Natal.

Naquela mesma época, foram realizados levantamentos batimétricos do Estuário Potengi, já citados, como a Carta do Almirantado Britânico (data desconhecida), e o Plau de L’entrée de la Rivière Rio Grande do Norte (Brésil) – Dépat dès Cartes et Plans de la Marine – França de 1867, onde podem ser observados a relevância desta feição junto à margem direita do estuário Potengi.

Até final do século XIX, de acordo com as informações disponíveis, o Banco das Velhas se encontrava em um estado natural, vindo a sofrer uma diminuição de volume, registrada na comparação entre as plantas batimétricas de 1867 e a de 1905, possivelmente causadas pela diminuição da alimentação eólica, tendo em vista a fixação do campo de dunas que, segundo os registros históricos, foi realizado em uma área de 12,5 hectares. Isto, nos últimos anos do século XIX, início do século XX, e ainda uma dragagem ocorrida no ano de 1902.

Entre os anos de 1905 e 1918, de acordo com a comparação batimétrica, ocorreu um aumento de volume compatível com as taxas de sedimentação anual do estuário (**Tabela 12**).

Tabela 12 – Variação Volumétrica do Banco das Velhas

Anos	Volume de Água (m³)	Variação volumétrica (m³)	Taxa de sedimentação (m³/ano)	Demanda de Sedimentos	Relações
1905	4271376,90	-		-	
1918	4037548,34	233828,6	17986,8		
1925	4069672,62	-32124,3	-4589,2		De 1925 para 1929 o enrocamento do Dique do Limpa
1929	3520338,94	549333,7	137333,4		
1941	3815696,29	-295357,3	-24613,1		
1947	3811359,76	4336,5	722,8		possível dragagem, ou processo natural de evolução do estuário
1949	4422414,86	-611055,1	-305527,5		
1977	4525999,47	-103584,6	-3699,5		
1999	4609348,50	-83349,0	-3788,6		

 Agradação de sedimentos

 Erosão de sedimentos

No ano de 1925, contudo já se observava uma pequena diminuição do volume, o que parece estar associada à dragagens ocorridas em 1922.

A partir de 1927, foi iniciada a construção do Dique da Limpa, concluída em 1929. O referido dique, além de servir como uma barreira física às areias do transporte eólico, fechou o Canal do Esteiro, que conectava o estuário as praias do sul (Forte e do Meio), servindo como uma desembocadura auxiliar.

Considerando as intervenções humanas, uma análise evolutiva do Banco das Velhas poderá ser dividida em 4 etapas:

- 1ª Etapa – Até o final do século XIX – início do século XX, onde as únicas informações de intervenção são as citações sobre a fixação do campo de dunas adjacente, impossibilitando uma melhor avaliação do comportamento desta feição.
- 2ª Etapa – de 1905 a 1927, ou seja, anterior ao início da construção do Dique da Limpa, época que efetivamente existem registros.
- 3ª Etapa – Posterior à construção do Dique da Limpa e anterior a construção do Espigão Defletor E – 1A, ou seja, correspondendo ao período de 1929 a 1947.
- 4ª Etapa – Posterior à construção do espigão E – 1A, ou seja, entre o período de 1947 a 1999.

Na 1ª etapa de comparação, não existe disponibilidade de informações suficientemente confiáveis para uma avaliação mais significativa. Apenas o registro de fixação de dunas e de que teria ocorrido uma dragagem próxima a desembocadura, porém sem registro dos volumes extraídos. Mesmo assim, a partir de uma comparação qualitativa entre as cartas de 1867 e 1905, observa-se uma pequena diminuição do volume do banco.

2ª Etapa: As comparações realizadas com os levantamentos de 1905, 1921 e 1925, revelam pequenas alterações em sua configuração, enquanto o volume pouco variou, havendo tendência de assoreamento no período total. Em relação a dragagem neste período, existe apenas registro de uma dragagem no ano de 1922, na região do cais de atracação, situado a montante desta feição.

Vale salientar, que para efeito de comparação volumétrica, através do processamento com os programas Surfer 6.01 da Golden Software e Oásis Montaj da Geosoft, preferiu-se restringir a comparação aos anos de 1905, 1918, 1925, 1929, 1941, 1947, 1977 e 1999 (Figuras 48 a 56)

Os levantamentos referentes aos outros anos – 1921, 1931, 1936, 1939, 1954 e 1960, foram usados apenas para realização de comparações qualitativas complementares, de forma a possibilitar uma melhor compreensão da configuração morfológica do Banco das Velhas (Figuras 57 e 58)

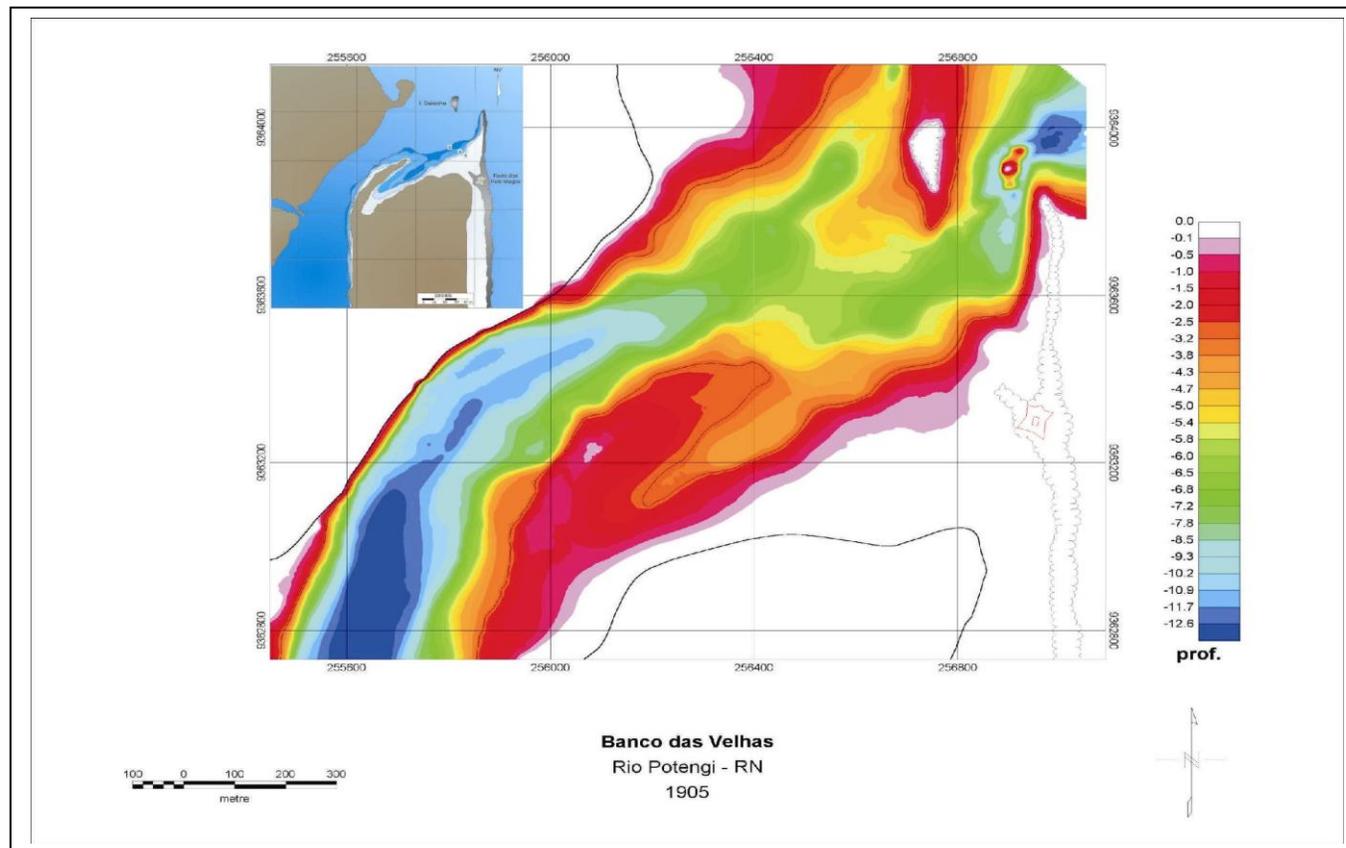


Figura 48 - Banco das Velhas 1905

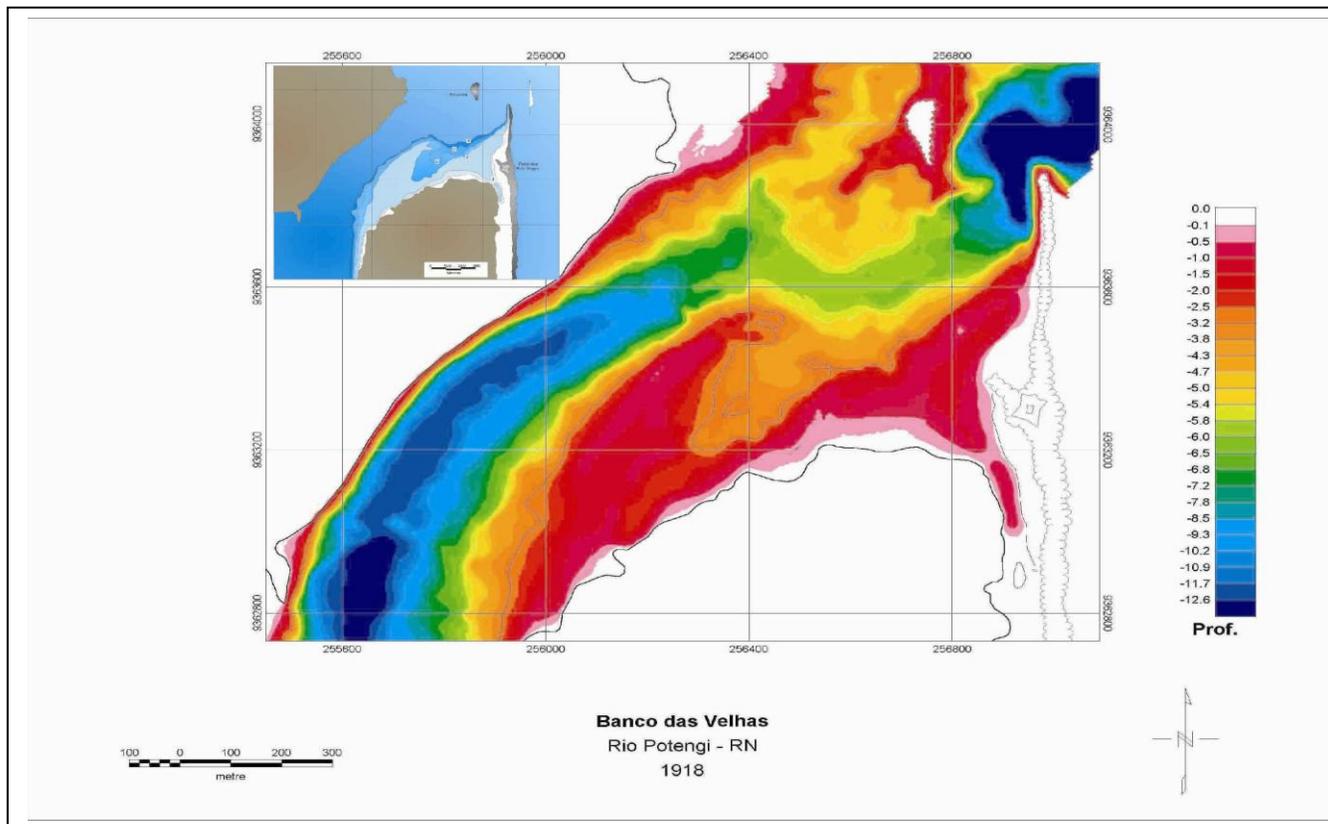


Figura 49 - Banco das Velhas 1918

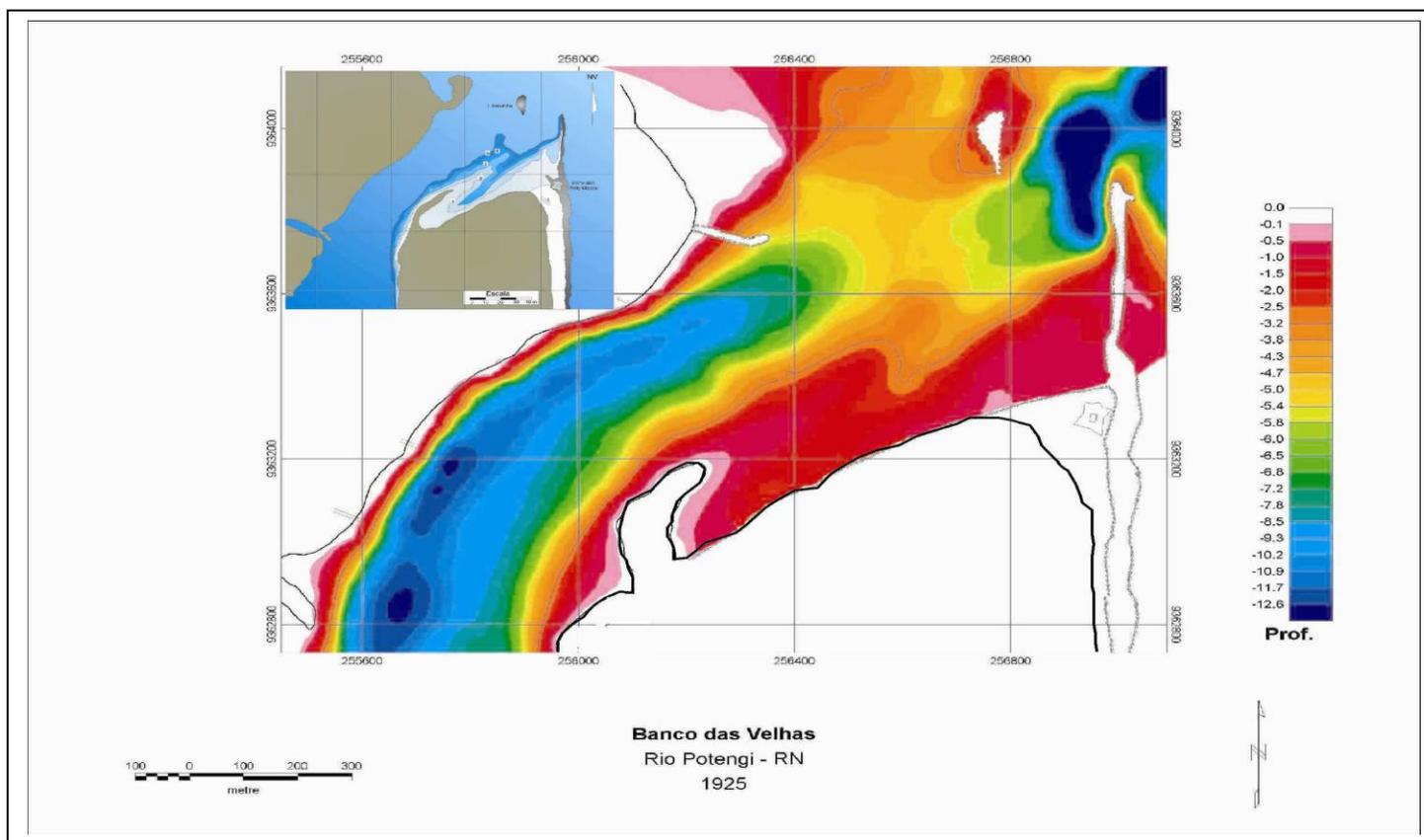


Figura 50 – Banco das Velhas em 1925.

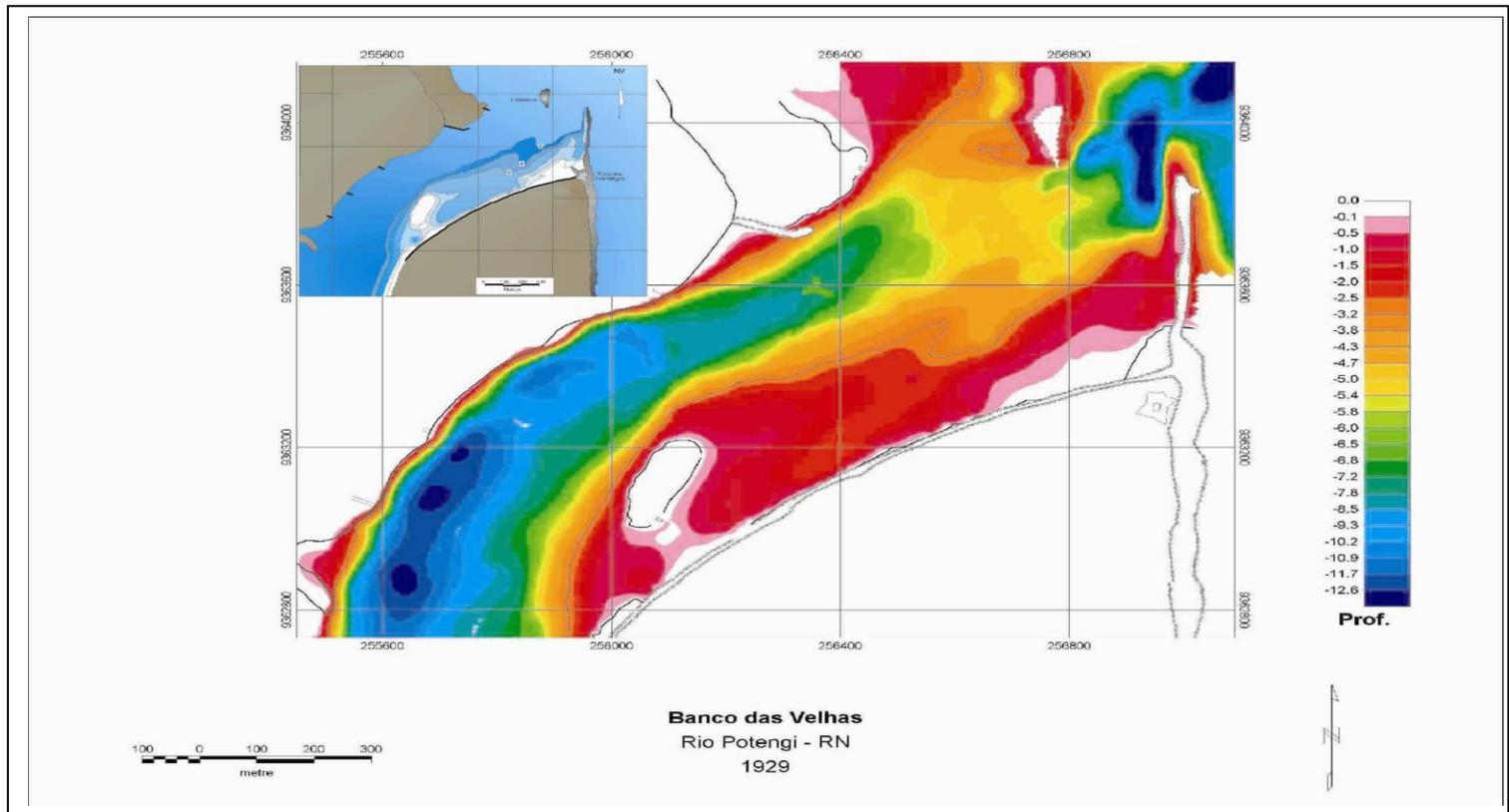


Figura 51 - Banco das Velhas 1929

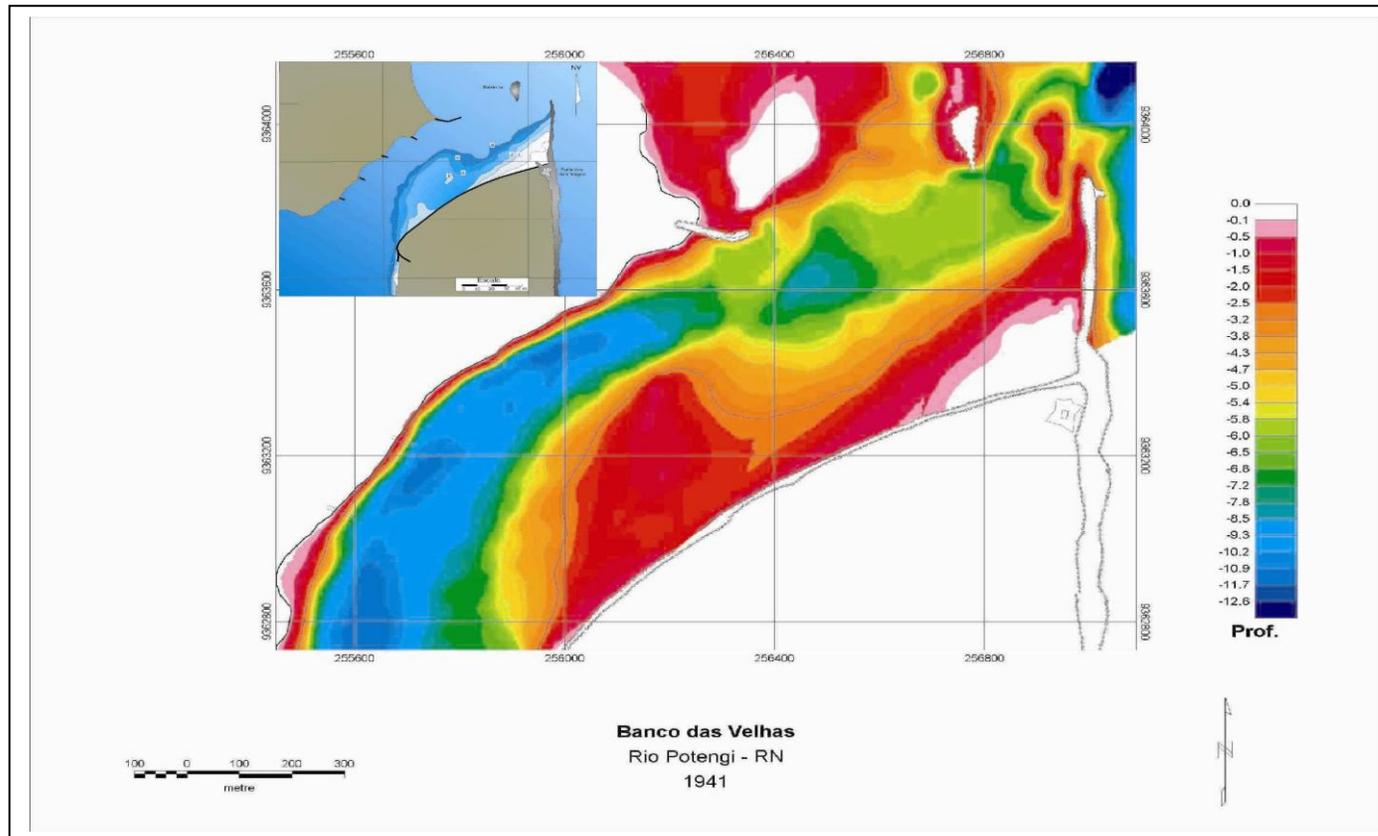


Figura 52 - Banco das Velhas 1941

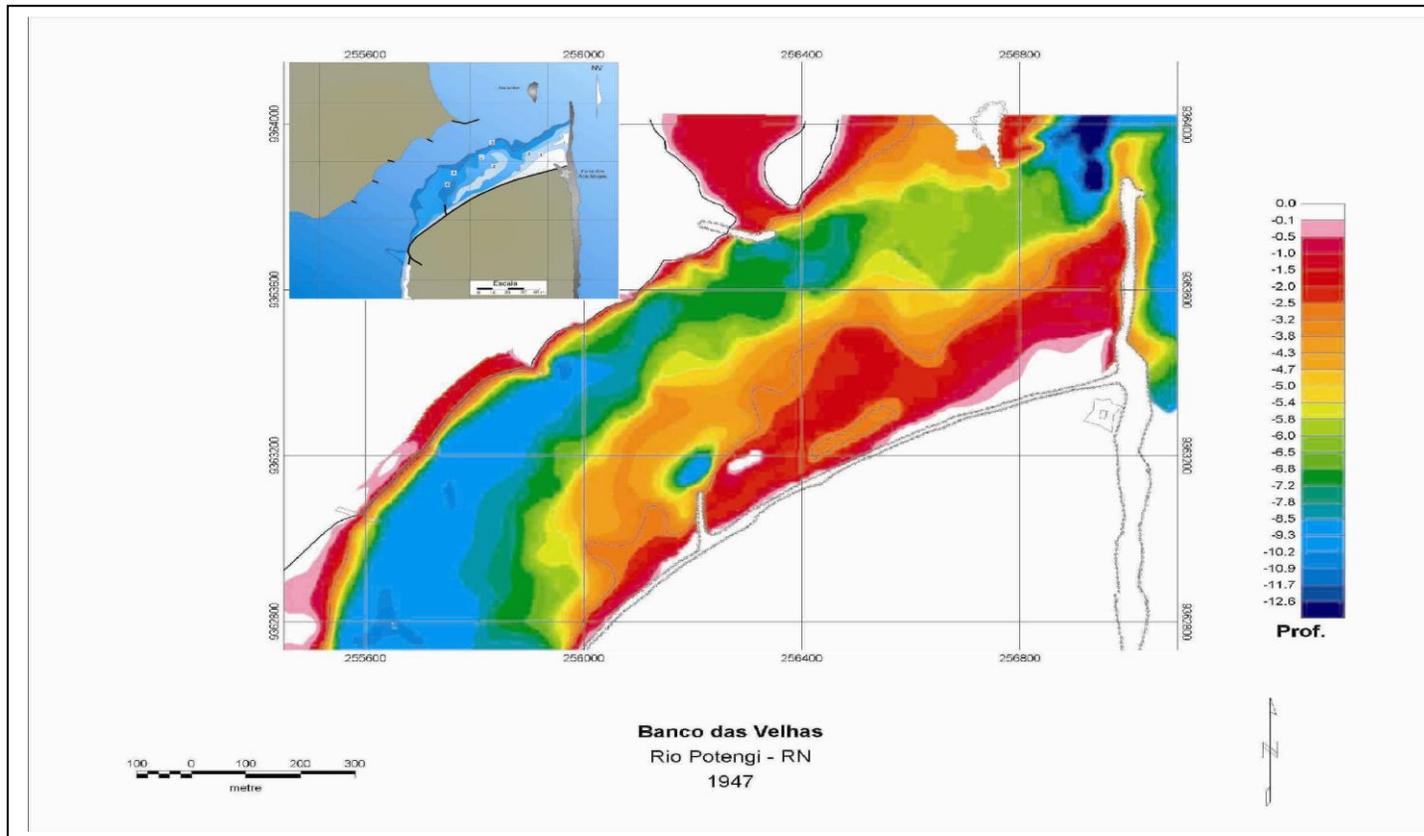


Figura 53 - Banco das Velhas 1947

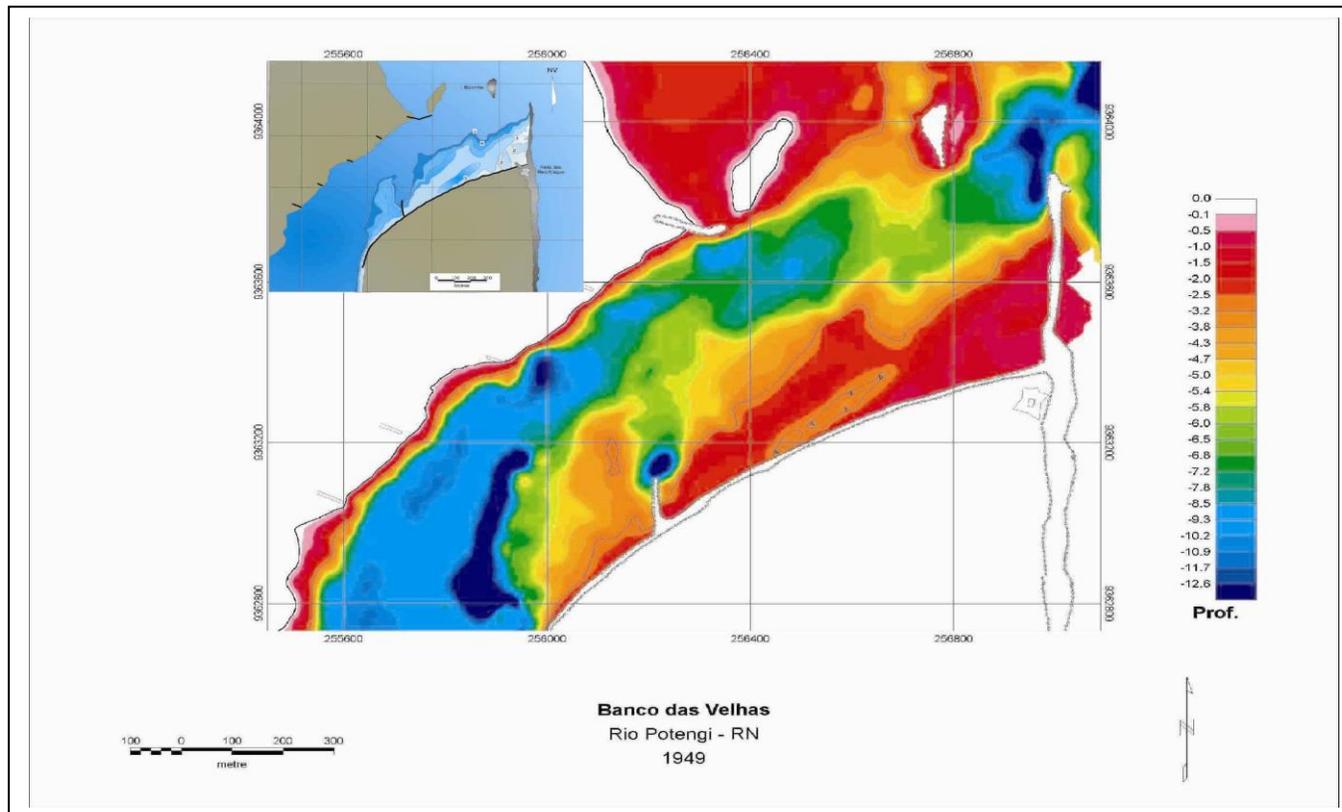


Figura 54 – Banco das Velhas em 1949

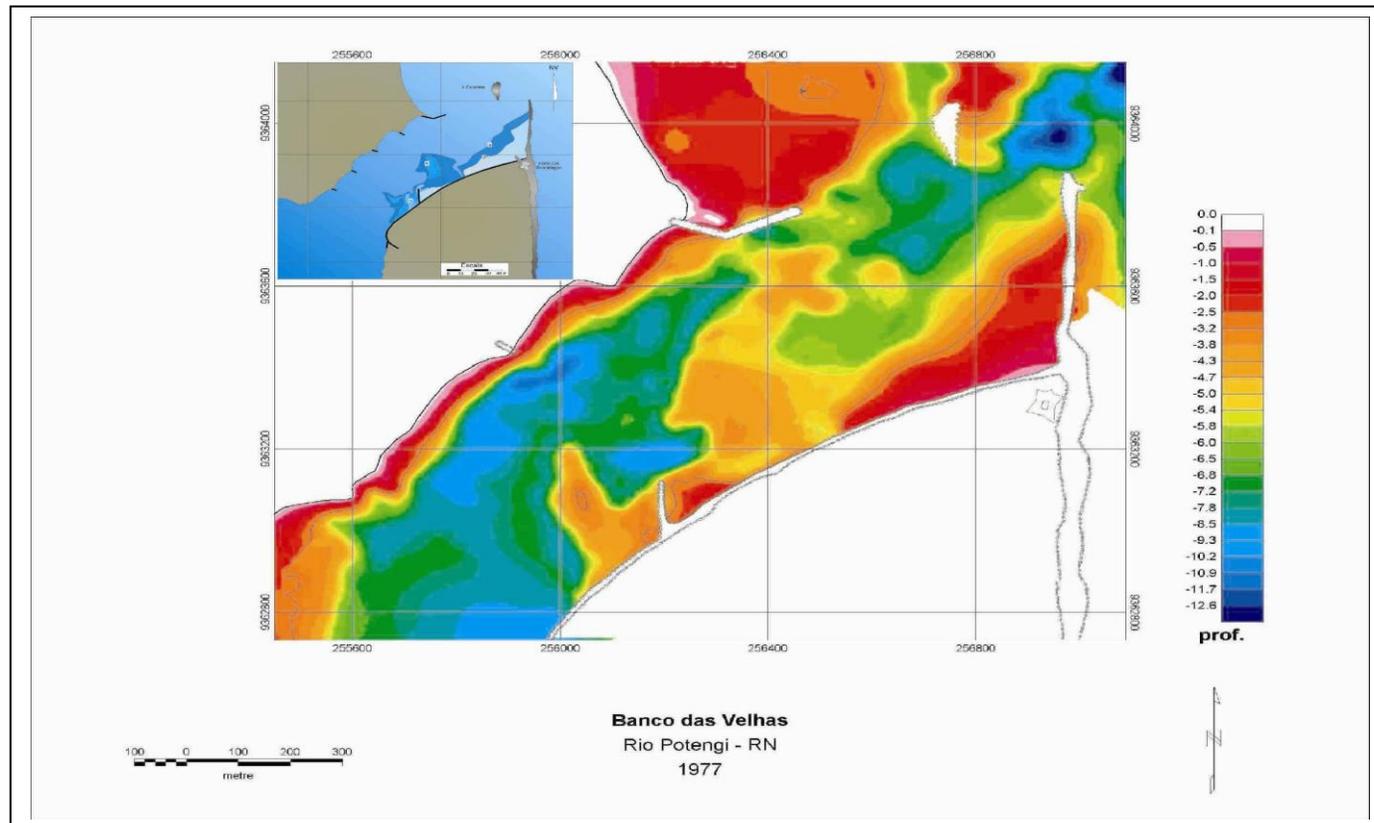


Figura 55 – Banco das Velhas em 1977

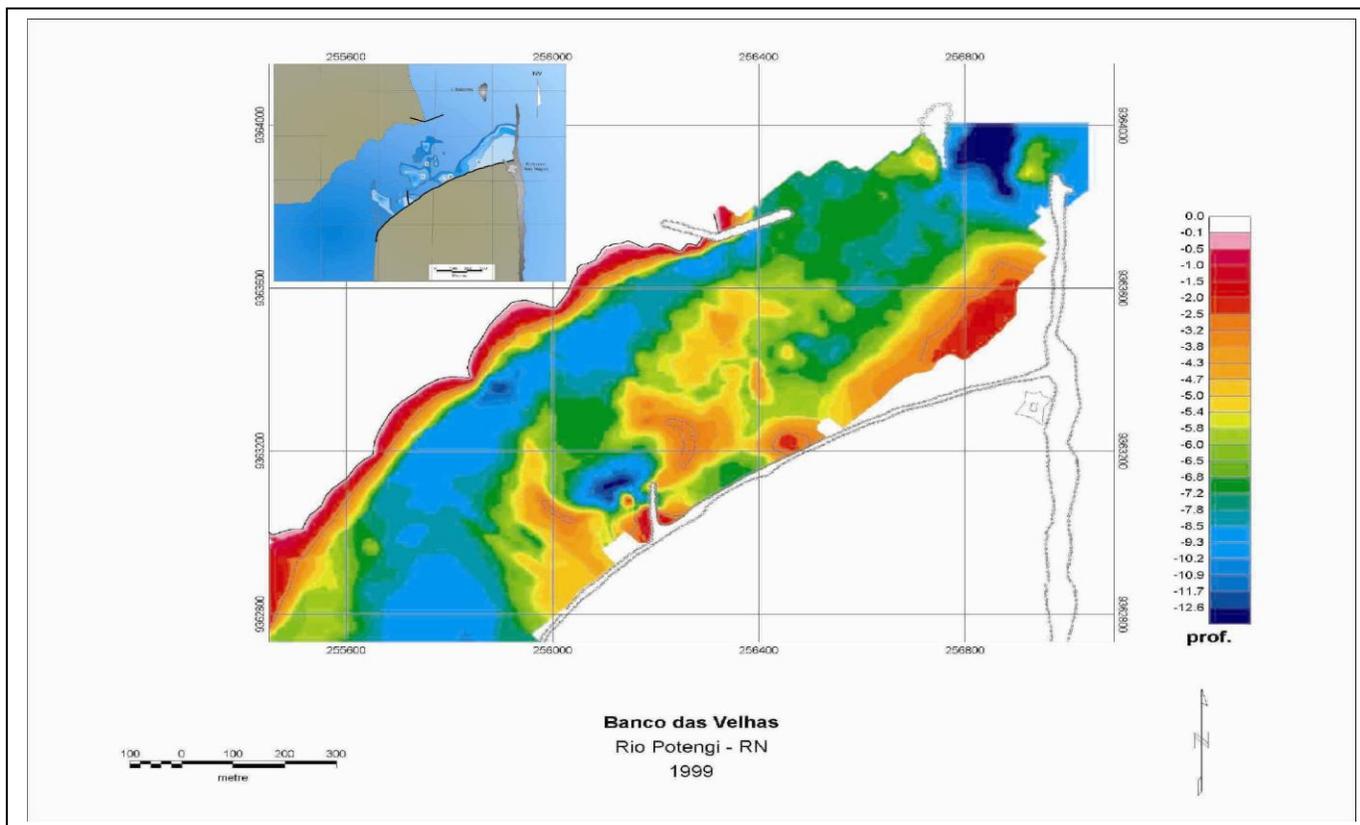


Figura 56 - Banco das Velhas 1999

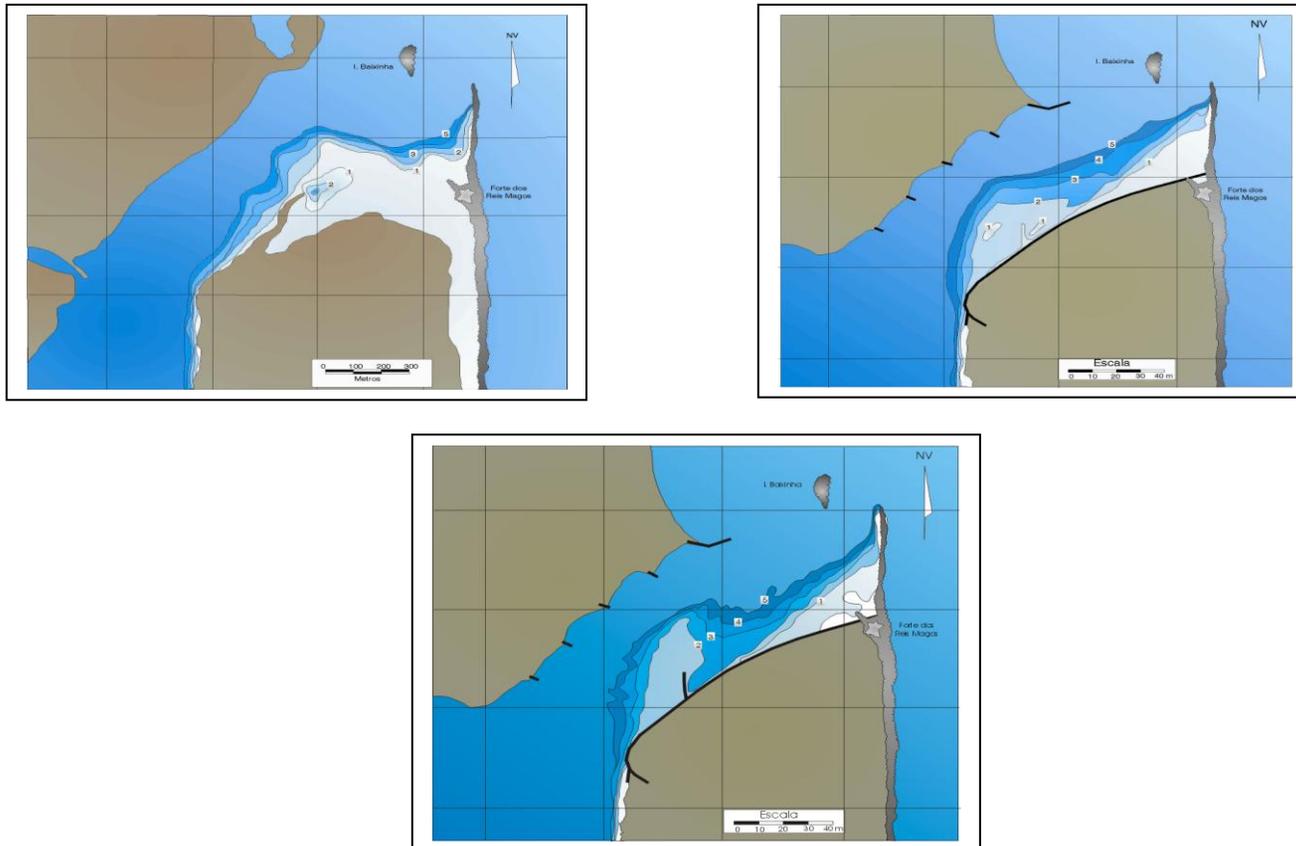


Figura 57 – Banco das Velhas

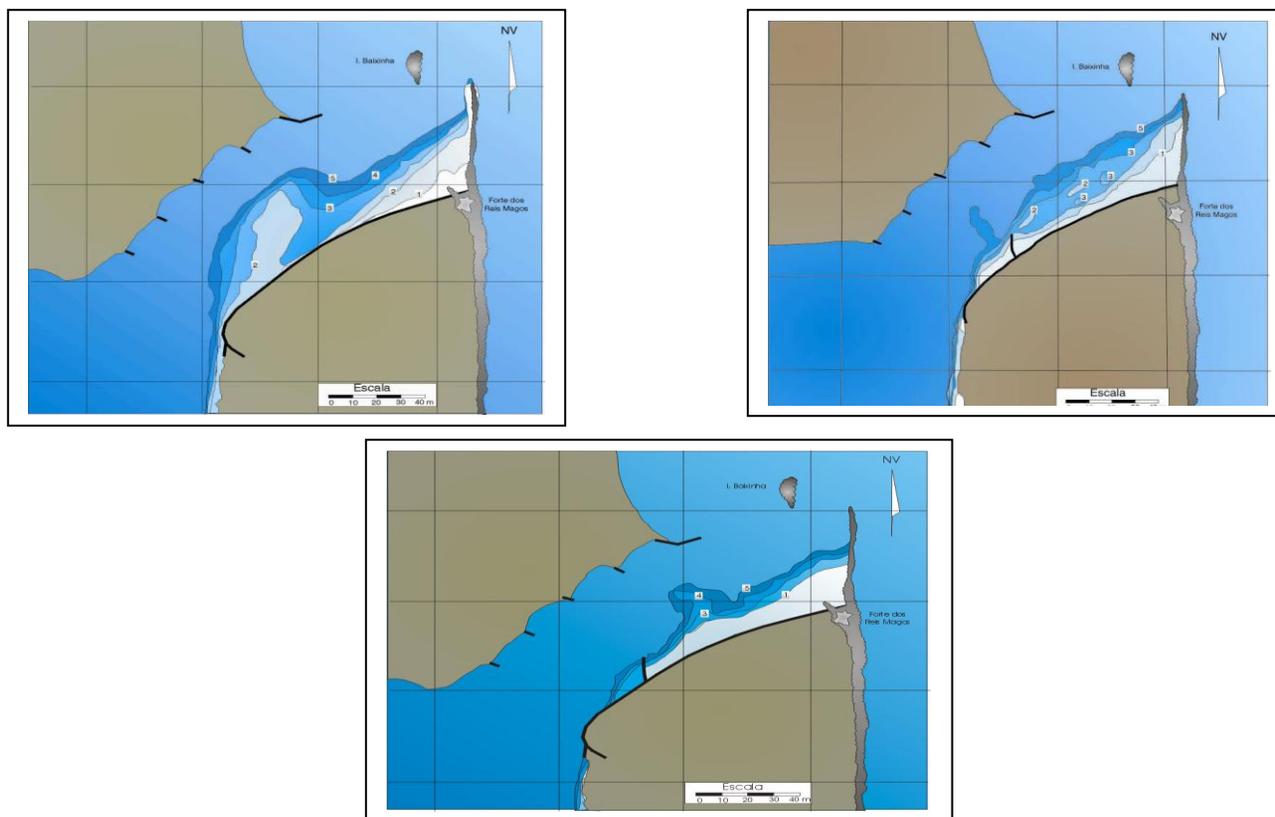


Figura 58 – Banco das Velhas – Anos de 1921, 1931 e 1936

Na 3ª Etapa, observou-se um decréscimo de volume mais acentuado que não pode ser associado a repercussões de dragagens inexistentes durante este período, uma vez que em relação a forma em planta, o Banco das Velhas demonstrou uma tendência de alargamento em direção ao canal de acesso.

Na 4ª Etapa, já no ano de 1947, após a construção do espigão defletor E – 1A, a forma em planta apresenta-se alterada e o volume sofreu uma progressiva diminuição até 1999.

A falta de informações precisas sobre o local dragado dificulta uma avaliação da influência das dragagens no comportamento do Banco das Velhas. Dessa forma, além do volume das dragagens descritas para este trecho estuarino, comparou-se também, ao longo do período estudado, a variação da seção transversal do canal de acesso próximo ao Banco das Velhas.

Dessa maneira, é possível concluir que o decréscimo do Banco das Velhas nos períodos de 1949 a 1977 e de 1977 a 1999, está associado às dragagens ocorridas nos anos 1966, 1967, 1968, 1972 e 1998.

Um outro aspecto a considerar na evolução do Banco das Velhas é o do transporte fluvial, outro fator indicativo de assoreamento no estuário. Embora inexistam dados hidrológicos, pode-se, partindo-se de dados meteorológicos, deduzir a existência de anos de pluviosidade elevada em 1914 e 1917, os quais quando comparados com a relação pluviometria/hidrologia, corresponderiam a possíveis vazões máximas em torno de 500 m³/s e em torno de 1.000 m³/s para o ano de 1924 (**Tabela 13**).

Tabela 13 – Dados Pluviométricos e Meteorológicos

ANO	PRECIPITAÇÕES MÉDIAS TOTAIS	VAZAO MÁXIMA	VAZAO MÉDIA ANUAL
1914	aprox. 3.500 mm	500 m ³ / s	-
1917	aprox. entre 3.000 e 3.500 mm	500 m ³ / s	-
1924	aprox. 4.500 mm	700 m ³ / s	-
1964	aprox. 4.872,73 mm	1500 m ³ / s	-
1974	aprox. 4.885,35 mm	1000 m ³ / s	-
1977	aprox. 3.812,35 mm	995 m ³ / s	7,41 m ³ / s
1981	aprox. 3.000 mm	525 m ³ / s	6,47 m ³ / s
1984	CONSTRUÇÃO DA BARRAGEM DE CAMPO GRANDE		
1985	aprox. 4.590,61 mm	641 m ³ / s	15 m ³ / s
1986	aprox. 3.956,78 mm	186 m ³ / s	5,35 m ³ / s
1994	aprox. 3.876,70 mm	52,30 m ³ / s	3,07 m ³ / s
1995	aprox. 3.003,25 mm	12 ,3 m ³ /s	1,04 m ³ / s
1996	aprox. 2.592,25 mm	44 ,9 m ³ / s	1,31 m ³ / s

Na 3ª Etapa da comparação evolutiva do Banco das Velhas, ou seja, entre 1929 a 1947, não existem registros de precipitação muito elevada, o que pode indiretamente colaborar com o comportamento apresentado de diminuição de volume.

Para o período de 1949 até 1999, ou seja, um período de 50 anos, existem registros de 3 anos de precipitação muito elevada e inclusive com registros hidrológicos de vazões máximas de 1500 m³/s no ano de 1964 e nos anos de 1974 e 1977 com vazões máximas em torno de 1.000m³/s. E ainda em 1981 com vazões em torno de 525 m³/s. No ano de 1985 existem registros de vazão máxima de 641 m³/s, mas neste período já havia sido construída a Barragem do Campo do Grande no médio curso do Rio Potengi, o que exerce uma barreira ao transporte de material arenoso para o estuário.

Contudo, para um período de 50 anos, o número de anos de cheias foi muito pequeno e com isso a quantidade de material arenoso, transportado pelo fundo, não pode ser considerado significativo em modificações morfológicas, principalmente se comparado com o volume dragado no mesmo período, que foi da ordem de 3.838.473,40.

É necessário registrar que durante as grandes cheias do Rio Potengi, as grandes vazões, ou seja, em torno de 500 m³/s, 1.000 m³/s são muito irregulares e restritas há apenas alguns dias dos meses mais chuvosos destes anos de precipitação extraordinária, como também pelos cálculos de transporte fluvial para uma vazão de 1.000m³/s teríamos um transporte de 18.661 m³ de material de fundo / dia.

Como conclusão final, podemos considerar que as modificações morfológicas e volumétricas do Banco das Velhas, posterior ao ano de 1957, ocasião da construção do espigão defletor E – 1A pode ter sido influenciado pelas seguintes causas:

- a) Construção do Dique da Limpa.
- b) Construção do espigão E – 1A;
- c) Dragagens realizadas;
- d) Comportamento erosivo ocorrido tanto no interior do estuário e na costa adjacente;
- e) Interrupção da contribuição de sedimentos costeiros para o interior do estuário.

Dentre os aspectos citados, devemos levar em consideração que o dado mais marcante é a redução sofrida pelo Banco das Velhas, após a construção do espigão defletor E – 1A , contudo foi durante este período, quanto ocorreram as dragagens mais freqüentes, principalmente entre 1955 e 1972 com um volume estimado de 600.000 m³ de material.

Entre 1941 e 1999, o comportamento erosivo generalizado no estuário tudo indica estar associado a pequena contribuição do transporte fluvial.

Desta maneira, uma análise conjunta da evolução do Banco das Velhas em relação com as dragagens, a construção de obras fixas, destacando-se o Dique da Limpa e o espigão defletor E – 1A, e a evolução do estuário em geral, podemos concluir que não se pode afirmar a causa principal das variações volumétricas e morfológicas ocorridas.

Contudo, denota-se o aspecto de alteração de forma após 1947, ou seja, após a construção do espigão defletor E – 1A, indicando que esta obra foi responsável pelo alongamento do banco arenoso, que se estendeu até o canal de acesso, provocando o assoreamento do mesmo.

De uma maneira qual como se trata de um ambiente estuarino, de uma dinâmica naturalmente muito intensa, e levando em consideração as particularidades da região e do setor especificamente estudado, onde atuam além dos condicionantes normais (como correntes de marés e transporte de sedimentos) os ventos, e conseqüentemente transporte eólico e ainda efeitos de entrada do canal as alterações de forma e volume dependem da inter-relação de vários aspectos como sedimentológicos, hidráulicos, eólicos e morfológicos.

E a evolução destas formas torna-se mais complexa, quando se introduz uma série de intervenções humanas, em diversos períodos, como obras fixas (diques, espigões), fixação de dunas e ainda derrocagem de recifes.

Contudo, analisando as informações antigas disponíveis a luz do conhecimento da evolução paleogeográfica da região, o Banco das Velhas parece ter sua origem relacionada ao transporte eólico das areias em direção ao estuário, conseqüente formação de dunas, em nível do mar mais baixo que o atual, que posteriormente afogaria as feições situadas no vale estuarino. Tal premissa é reforçada pela presença de um campo de dunas na planície aluvial adjacente, o qual atualmente se encontra fixado, em resposta a intervenções datadas do início do século passado.

A fixação destes campos de dunas, que inibiu o transporte de material eólico, juntamente com o fato da construção do Dique da Limpa ter seccionado a parte interna do Banco das Velhas e com isso além de ter aprisionado parte das areias desta feição, ter contido um possível transporte eólico ainda existente, constituem fortes indícios de terem sido um fator importante (fundamental) na diminuição no volume do referido banco.

8.3 - Evolução do Canal de Acesso

A evolução do perfil do canal de acesso foi realizada em uma área compreendida entre a Base Naval e a Barra estuarina e preferiu-se utilizar apenas os levantamentos de 1918, 1941 e 1977 que englobavam esta área total.

A **Figura 59** mostra o alinhamento do eixo do canal de acesso e a localização das seções levantadas, enquanto na **Figura 60** é demonstrada a comparação das variações das profundidades ao longo do trecho estudado em função do tempo.

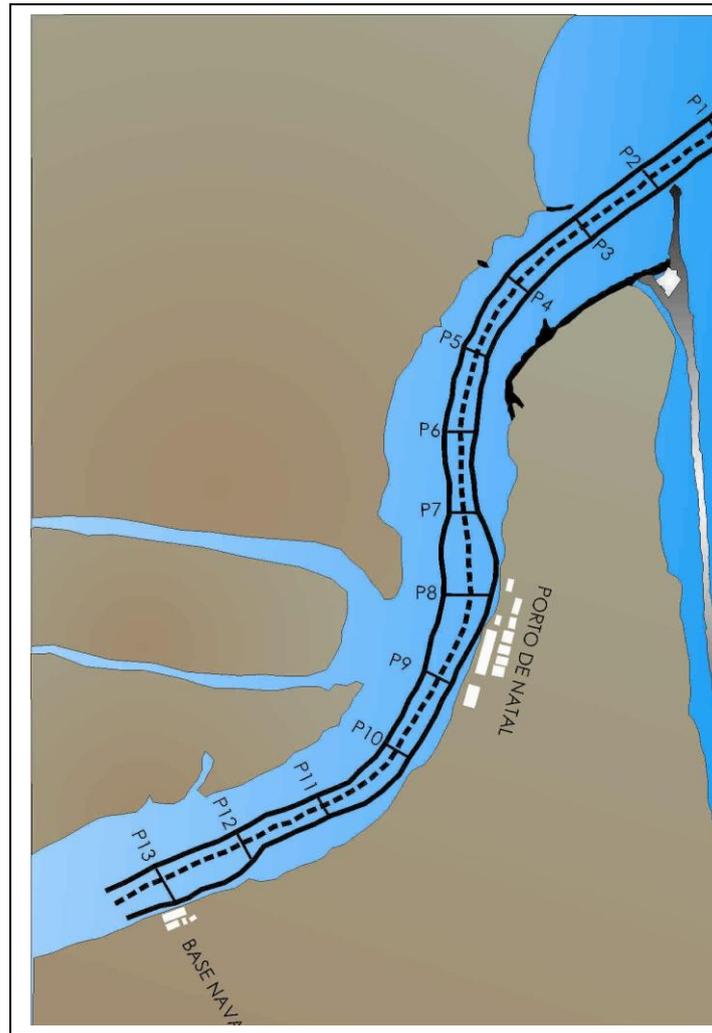


Figura 59 – Alinhamento do canal e levantamento das seções

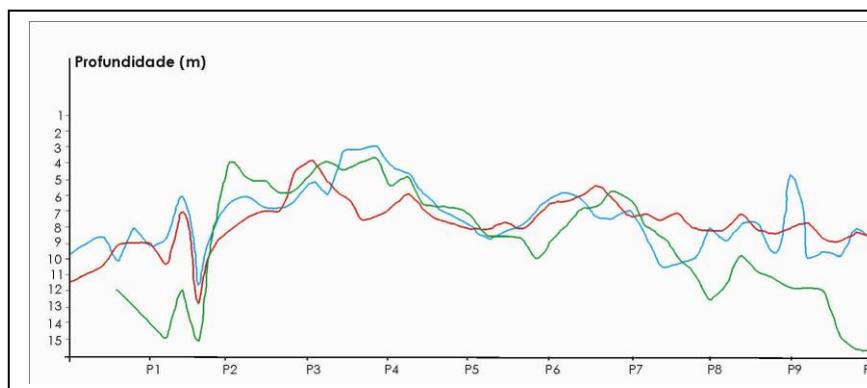


Figura 60 – Comparação do canal de acesso

Com base em tal comparação, provavelmente influenciada pelas intervenções humanas ocorridas, pode-se concluir o seguinte:

- a) A tendência no setor mais externo da Barra, ou seja, já no litoral adjacente foi no assoreamento, já na região da Barra, entre a Ponta do Picão e o Guia Corrente da Redinha foi de erosão;
- b) Nas proximidades do Banco das Velhas, ou seja, na sua projeção no canal de acesso, a tendência também foi de erosão, provavelmente em resposta às dragagens ocorridas neste período, principalmente a partir de 1955;
- c) O trecho que apresenta assoreamento mais intenso é o compreendido entre o Porto de Natal e a Base Naval.

8.4 - Evolução da Barra

8.4.1. Variação em Planta e Perfil

Uma comparação qualitativa realizada entre os anos de 1867 e 1977 revela que, em planta, a barra permaneceu estável, não migrando ao longo do tempo, apesar das diversas alterações ocorridas, oriundas das intervenções portuárias neste período.

As principais intervenções humanas foram: a derrocagem de sessenta (60) metros da extremidade norte do Recife de Natal (Ponta do Picão); de cem (100) metros da extremidade sul da Baixinha; derrocagem da Pedra da Limpa (recife submerso, também denominado da Pedra da Bicuda), além das obras fixas realizadas próximas à desembocadura, como o espigão E-9, depois ampliado e denominado Guia Corrente da Redinha.

Contudo, a ampliação desse Guia Corrente da Redinha, entre os anos 1998 e 2000, fechou a conexão existente entre o estuário e a Praia da Redinha, isolando completamente, na Praia da Redinha, um banco arenoso denominado de “Coroa dos Macacos”, cuja evolução representada na **Figura 61**, foi praticamente a única mudança de fato ocorrida. Vale registrar ainda a derrocagem da Pedra da Bicuda, realizada em 1997.

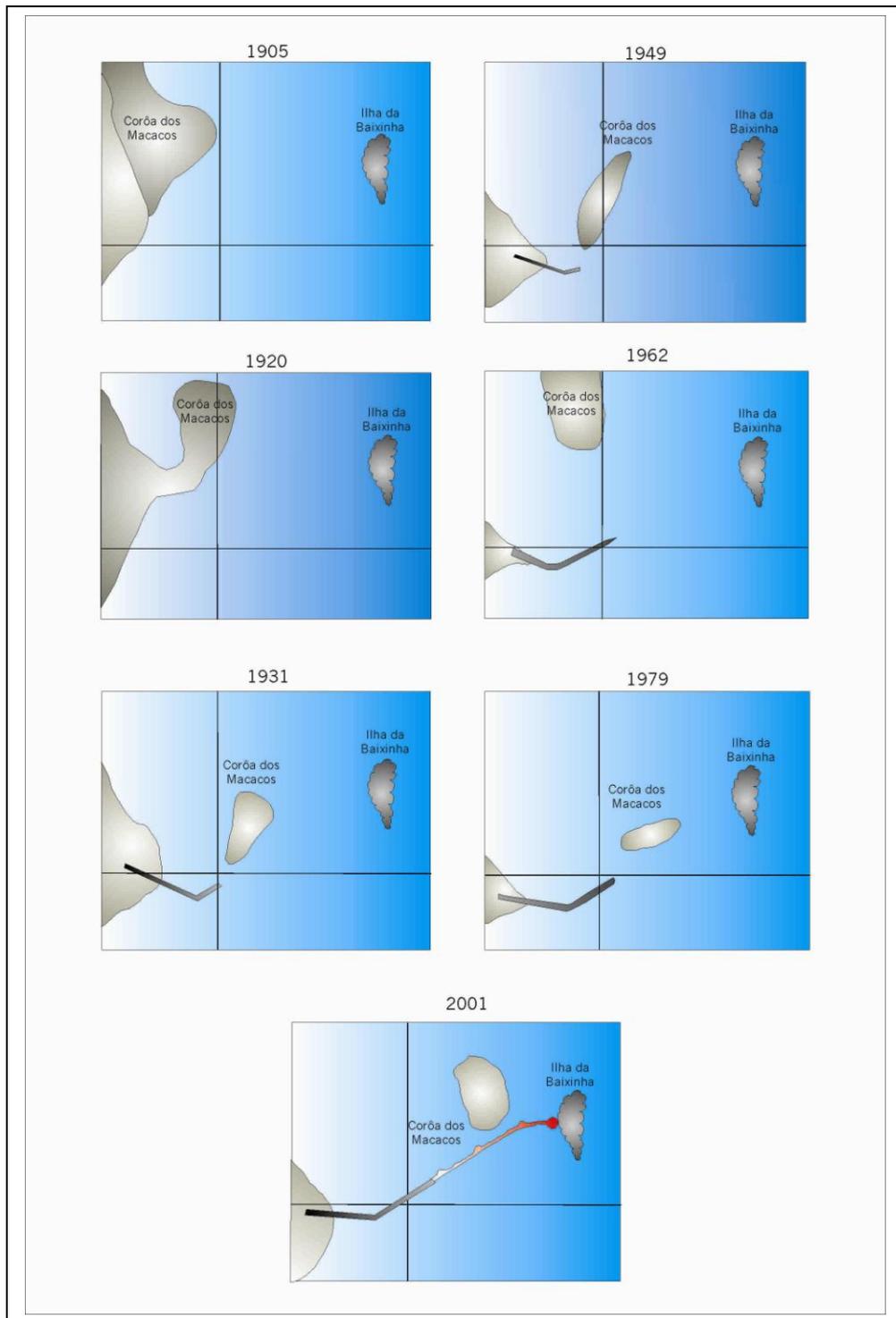


Figura 61 - Evolução da Coroa dos Macacos

Atualmente, com a ampliação do Guia Corrente da Redinha, pode-se considerar que o Potengi é um estuário de paredes fixas, tendo de um lado, um enrocamento artificial e do outro, uma feição natural rochosa, ou seja, o Recife de Natal.

8.4.2. Evolução dos Perfis

Com o intuito de caracterizar as variações ocorridas em perfil na desembocadura do Estuário Potengi, foi realizado uma comparação batimétrica de 3 seções transversais (Figura 62), ou seja:

- Seção B₁ – da extremidade da Ilha da Baixinha até a Ponta do Picão;
- Seção B₂ – da extremidade do Guia Corrente da Redinha até a Ilha da Baixinha;
- Seção B₃ – da extremidade da Ponta do Picão até o Recife Cabeça de Negro.

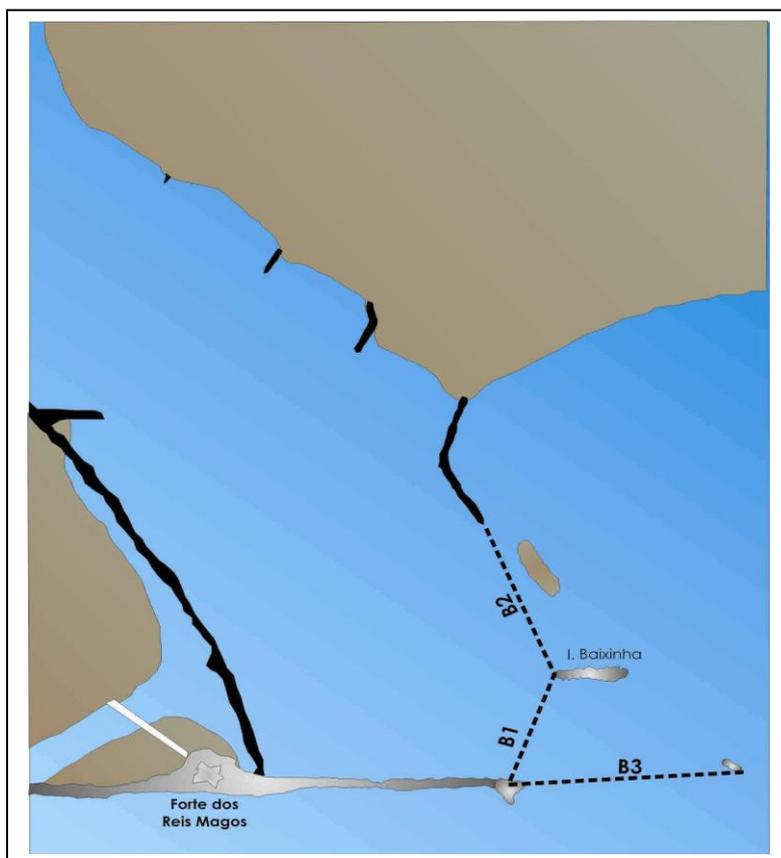


Figura 62 - Localização das seções transversais

Estas seções foram comparadas anteriormente por Barbosa, S. (1982), sendo que em um período limitado entre 1918 e 1977. Neste trabalho, além de se considerar os resultados obtidos anteriormente, foi ampliado o período de comparação entre 1905 e 2000, como também foi avaliada a variação volumétrica de cada perfil, no período estudado. Contudo, na comparação entre os anos de 1999 e 2000, a Seção B₂ foi desconsiderada, devido ao enrocamento realizado nesse trecho, com a ampliação do Guia Corrente da Redinha.

Conforme pode ser visualizado na Tabela 14 e 15 e **Figura 63** abaixo, a Seção B₂, denominada antigamente de Canal do Norte, mostrou uma variação volumétrica positiva entre os anos de 1905 e 1929 de 20,8%, e entre 1977 e 1999 de 29,56%, e como esta variação mede o volume da coluna d'água, estes valores significam erosão. Somente no período de 1999 a 2000 que a variação foi negativa, embora muito pequena, o que representa um assoreamento praticamente insignificante. Vale salientar que este período corresponde ao da ampliação do Guia Corrente da Redinha, ou seja, do fechamento da conexão Estuário Potengi – Praia da Redinha.

Tabela 14 – Variação Volumétrica das Seções da Desembocadura

	1905	1929	1949	1977	1999	2000
B1	1415,1	1710,45	1758,08	1767,74	2290,38	2208,91
B2	1933	1995,16	2073,55	1973,98	1589,52	
B3		1852,33	2390,78	2213,63		2968,68
Diferença Volumétrica						
B1		295,35	47,63	9,66	522,64	-81,47
B2		62,16	78,39	-99,57	-384,46	
B3			538,45	-177,15		755,05

Tabela 15 – Variação Volumétrica em percentual

Período	B1	B2	B3
1905 - 1929	20,8%	3,21%	
1929 - 1949	2,8%	3,92%	29,06%
1949 - 1977	0,54%	-4,88%	7,40%
1977 - 1999	29,56%	-19,47%	
1999 - 2000	-3,68%		
1977 - 2000			34,10%

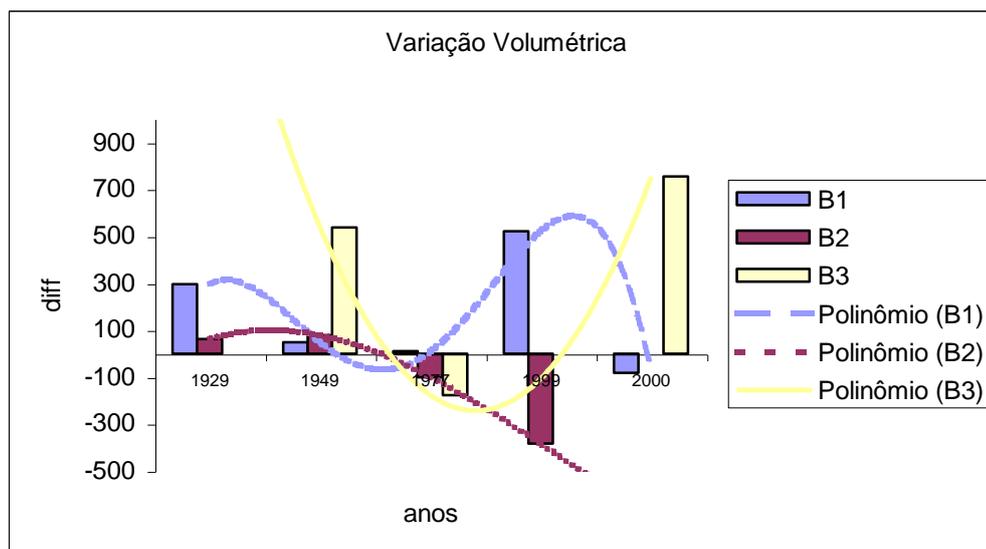


Figura 63 – Gráfico da Variação Volumétrica

Enquanto isso, a Seção B₂ demonstrou ao longo do período estudado, de 1905 a 1999, uma variação negativa, confirmando o transporte de sedimentos entre o Estuário Potengi e a Praia da Redinha, cujo deslocamento varia de acordo com a maré, sendo no sentido estuário-praia durante a maré enchente, e contrário na maré vazante.

A Seção B₃, relativa ao Canal Sul e principal entrada estuarina, mostrou uma variação volumétrica positiva, ou seja, um padrão de erosão, principalmente no período de 1977 a 2000, em termos percentuais, em torno de 34,10%.

Esses resultados, quando analisados à luz da configuração batimétrica da desembocadura, onde se destacou a presença de uma soleira rochosa constituída de arenitos, vêm confirmar a inexistência de um transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal.

9. O MEIO BIOLÓGICO

9.1 - Considerações Iniciais

A área do presente estudo bioecológico compreende as praias de Redinha Nova e Santa Rita no Município de Extremoz, Rio Grande do Norte. Estas praias estão assim sujeitas a ação antrópica constante. 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 exotica* 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 apresentado 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 à 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 das 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 conseqüência, 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 a 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.

9.2 - A Comunidade Bentônica

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.

9.2.1 - Substrato Duro

Nas praias da Redinha e Redinha Nova o substrato duro é representado por linhas de beach-rocks, 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, *Hypnea* 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 freqüência 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 *Cassia tuberosa* muito comum no nordeste brasileiro. Para perfurar a bolacha-da-praia (*Mellita quinquesperforata*) o gastrópodo *Cassia 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.

9.2.2 - 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.

9.2.3 - 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_2S). 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-líquida 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.

9.2.4 - Principais Grupos Encontrados nos Substratos

As esponjas (Porifera) são animais fixos, filtradores de partículas orgânicas em suspensão, atuando também como abrigo para pequenos animais, como crustáceos alfeídos. Existem algumas espécies de poríferos que habitam o substrato mole de areia ou lodo. As esponjas preferem águas rasas, mas existem alguns grupos, incluindo a maioria das esponjas de vidro, que vivem em águas profundas. O padrão de crescimento dos poríferos depende das diferentes situações ambientais. A coloração das esponjas é muito variada, sendo que algumas delas possuem coloração forte, como vermelho, laranja e amarelo, que é utilizada como proteção para a radiação solar ou como cor de advertência.

Os celenterados podem estar representados por animais sésseis (hidrozoários, anêmonas, corais) ou pelágicos (água-viva, caravela-do-mar). O corpo dos hidrozoários pode apresentar-se sob a forma de medusóide ou polipóide, ou ambas durante seu ciclo biológico. No entanto, água-viva (cifozoário) possui a medusóide dominante sendo a polipóide restrita a um estágio larvário.

A caravela-do-mar é um hidrozoário pelágico colonial e os pólipos têm diferentes funções os gastrozóides responsáveis pela a alimentação da colônia, os dactilozóides responsáveis pela defesa da colônia e os gonozóides responsáveis pela reprodução da colônia. Em certas épocas do ano é comum encontrar caravelas-do-mar jogadas na praia, isto geralmente acontece quando há um aumento dos ventos em direção a praia. Esses animais são carnívoros e se alimentam de pequenos peixes.

Na espécie de caravela *Physalia physalia* o polipo flutuador”, que possui coloração roxo-azulada, é usado como uma verdadeira “vela, podendo atingir até 30 cm de comprimento e mudar seu formato por contenções. Seus inúmeros tentáculos, longos e transparentes, podem chegar a 32 m de comprimento e conter até 80 mil nematocistos (célula urticante) em cada metro. Seus tentáculos usualmente aderem à vítima e são capazes de provocar sérias lesões (grande irritação e intensa dor).

As anêmonas e os corais são antozoários e diferem dos demais pela presença de faringe e de mesentérios. A faringe é um tubo que se projeta da boca para dentro da cavidade gastrovascular como uma luva. Como a faringe é derivada de uma dobra da parede do corpo ao redor da boca, possui as mesmas camadas que a parede externa do corpo. Nas extremidades da boca das anêmonas existe um sulco ciliado, o sifonoglifo, que direciona a água para o interior da cavidade gastrovascular. As células gastrodérmicas da

maioria dos corais escleractínios (formados de recifes) vivem em simbiose com algas pardas (zooxantelas). A alga utiliza os resíduos de nitrogênio e de dióxido de carbono do coral, facilitando o depósito de carboneto de cálcio (CaCO_3). O coral obtém glicerol da alga. O fosfato é utilizado por ambos, de maneira cíclica. Quando a luz ou as simbióticas estão ausentes, o depósito de CaCO_3 torna-se muito reduzido. Os corais com algas em simbiose não se desenvolvem em profundidades inferiores à capacidade de penetração da luz.

Os moluscos são bastante abundantes em diversos tipos de substrato (rochas, areia ou lama) muitas espécies sendo utilizadas como alimento (ostras, mexilhões, polvos, lulas). Há espécies filtradoras, herbívoras e predadoras de outros moluscos ou outros animais, vivendo fixas, enterradas ou caminhando pelo substrato.

Os crustáceos também são encontrados nos mais diversos tipos de substrato, vivendo das mais variadas maneiras. Algumas espécies merecem destaque devido a sua importância econômica na alimentação (lagostas, camarões e caranguejos). Outras espécies, menos conhecidas, também têm grande importância, principalmente devido a seus hábitos alimentares diversificados, comendo restos de animais ou matéria orgânica, funcionando como verdadeiros “lixeiros” no ecossistema.

Certos grupos componentes do bentos, como por exemplo os poliquetos (Annelida), apresentam comportamento oportunista, podendo dominar as comunidades em áreas perturbadas, servindo também como bioindicadores de áreas poluídas. Para a área do projeto infelizmente não foi encontrado nenhum trabalho publicado sobre a fauna de poliquetas, mas de acordo com pesquisas ora em andamento e com observações de campo, constatamos a presença de representantes das famílias Nereidae e Sabellidae associados a ostras e cracas nos recifes de arenito (beach rock) da Praia do Forte.

Equinodermos habitam principalmente substrato duro ou arenoso. Seu papel básico no ecossistema, a exemplo de todos os demais grupos animais, é o de transferência de energia, sendo ora predador, ora presa. Algumas espécies, devido à beleza, são comercializadas secas, como enfeites ou adornos (assim como várias espécies de corais, conchas de moluscos e alguns crustáceos).

É importante ressaltar que estudos com relação à ocorrência, distribuição e abundância dos bentos na costa do nordeste têm se concentrado principalmente em alguns grupos tais como macroalgas, crustáceos decápodos (camarões, caranguejos, lagostas, siris) e moluscos. No entanto, alguns trabalhos já publicados, bem como experiências de trabalho de campo, nos permitem relacionar espécies dos demais grupos mencionados,

muito embora não apresentem a totalidade da diversidade florística e faunística da região (Listas 9.1 e 9.2).

9.3 - Comunidade Nectônica

Os organismos que caracterizam a comunidade nectônica apresentam capacidade natatória bem desenvolvida, podendo efetuar movimentos de migração paralelos e perpendiculares à costa. Em função da tridimensionalidade do meio marinho o necton pode ser pelágico (vivendo na coluna d'água – sardinhas, serras, cavalas, lulas e mamíferos marinhos) ou demersal (nadando próximo ao fundo – bagres).

Informações sobre peixes demersais geralmente provêm das seguintes fontes: pesca de linha sobre substratos duros, antigos corais mortos, rochas ou outros tipos de fundo e pesca de arrasto em plataformas continentais largas, onde ocorrem depósitos adequados de areia ou algas calcáreas. Alguns peixes pelágicos podem também ser capturados no arrasto, particularmente peixes com hábito de formar cardumes demersais, como os carangídeos xaréus e chicharros (*Caranx* sp, *Trachurus* sp), e alguns clupeídeos como *Sardinella* sp, que se congregam próximo às depressões do fundo durante o dia e se movem para a superfície durante a noite para se alimentar.

A família Lutjanidae conhecida vulgarmente como pargos são peixes comestíveis que se concentram principalmente ao longo dos trópicos, especialmente em recifes e fundo de algas calcáreas. A família tem cerca de dezessete gêneros, um dos quais *Lutjanus* tem cerca de setenta espécies ocorrendo em todos os oceanos tropicais. Com base em seus hábitos alimentares, as treze espécies de pargos do oceano Atlântico Ocidental são enquadradas em vários grupos (Starck, 1971). *Lutjanus synagris* (ariacó-vermelho) e *Lutjanus analis* (cioba) são predominante comedores de invertebrados em águas abertas.

O ariacó-vermelho adulto mede cerca de 30 cm e é menor que a cioba em que o adulto mede cerca de 60 cm de comprimento. Essas espécies alimentam-se de invertebrados e são ativas tanto durante o dia como a noite. Outros *Lutjanus* que se alimentam principalmente de peixes e são noturnos são: *Lutjanus jacu* (baúna) os adultos medem cerca de 60 cm, *Lutjanus apodus* (pargo-mulato) adultos medindo cerca de 45 cm. Estas espécies vivem em áreas rochosas. Outros *Lutjanus* piscívoros são os pargos

mahogany (*Lutjanus mahogoni*), caranha (*Lutjanus cyanopterus*) e caranha-cinzenta (*Lutjanus griseus*). Outra espécie que habita áreas rochosas e amplamente distribuída em regiões costeiras, é a cioba-mulata de cauda amarela, *Ocyurus chrsurus*, que se alimenta tanto durante o dia como à noite. As espécies predadoras de peixes têm a boca bem maior que as predadoras de invertebrados e os habitantes de áreas rochosas têm nadadeiras peitorais mais longas do que os de águas abertas. O grau de agregação está relacionado com o modo de vida. Por exemplo, as espécies noturnas formam agregados muito grandes quando repousam nos recifes durante o dia. A coloração também está relacionada ao modo de vida; as espécies de águas abertas são prateadas e sem padrão, enquanto que as espécies de recifes misturam-se bem no ambiente, predominando as cores amarelas como em pargo-mulato (*Lutjanus apodus*) e baúna (*Lutjanus jocu*). Durante a noite, as cores mudam e a maioria das espécies apresenta barras ou manchas. Os padrões de coloração podem mudar com a idade e o comportamento do peixe (Lowe-McConnell, 1987).

Os organismos para suportarem as condições instáveis do meio pelágico, apresentam certas adaptações estruturais e funcionais. A vida em suspensão na água pode ser conseguida por meios de movimentos do próprio corpo, pela aquisição de órgãos apropriados à locomoção, ou redução de densidade.

As características da vida pelágica, deslocamento tridimensional rápida velocidade e formação de grupos ou cardumes e distribuídas em áreas muito extensas, fazem este ecossistema ideal para a exploração de seus recursos, especialmente os nectônicos representados pelos peixes camarões e cefalópodos.

Quanto aos peixes pelágicos a produção nos mares tropicais é muito desigual, maior em áreas de ressurgência e zonas de convergência, geralmente com grande variação sazonal e de um ano a outro. Para viver na zona pelágica são necessárias várias adaptações como: formação de cardumes, que ajuda os peixes a se manterem juntos quando se movem em mar aberto, bem como oferecem proteção contra predadores; bexigas natatórias (fisóstomas) que permitem aos peixes migrarem verticalmente com facilidade; a coloração prateada uniforme dos peixes de água aberta apresenta um visual uniforme, protegendo assim contra predação.

Os peixes da zona epipelágica de alto-mar tem poucos nichos e relativamente poucas espécies. Os atuns são peixes migradores distribuídos por áreas muito amplas da zona epipelágica, completamente pelágicos em todos os estágios de sua vida. Os atuns são peixes circuntropicais, e suas distribuições estão mais relacionadas com mudanças nos

padrões de correntes oceânicas que com aspectos geográficos. Os atuns são carnívoros, alimentando-se parcialmente dos organismos zooplancônicos (como crustáceos eufausiáceos), e de animais maiores e mais ativos como o “micronecton” de crustáceos, moluscos e grupos de peixes de 1 a 10 cm de tamanho.

Provavelmente, eles localizam as presas visualmente numa extensão próxima, mas a longa distância usam meios olfativos. Eles não são capazes de alimentar-se eficientemente em águas turvas. Os atuns nadam em cardumes de indivíduos de tamanhos similares, o número de indivíduos nos cardumes diminui de acordo com o tamanho dos peixes, desde vários milhares, quando pequenos, até seis ou vinte animais, quando muito grandes. Atuns de diferentes espécies, mas de tamanhos comparáveis, podem integrar um mesmo cardume (Lowe-McConnell, 1987).

9.4 - A Comunidade Planctônica

O plâncton é constituído por organismo de vida flutuante, sem um poder natatório significativo para a locomoção horizontal, cuja distribuição e dispersão ocorrem principalmente através das águas (ação dos ventos, ondas e marés) nas regiões costeiras.

A comunidade planctônica é composta pelo fitoplâncton (organismos autotróficos que dependem da disponibilidade de luz e nutrientes para o desenvolvimento) e zooplâncton (organismos heterotróficos que se alimentam basicamente de fitoplâncton). Ecologicamente o plâncton representa os primeiros elos da cadeia trófica dos ecossistemas marinhos.

O fitoplâncton é a porta de entrada da energia solar no ecossistema marinho e a base de sua manutenção. Tudo procede do fitoplâncton, uma vez que a quimiossíntese por parte das bactérias marinhas é praticamente insignificante. Tem como fator limitante os elementos nutritivos inorgânicos, fósforo (P) e os nutrientes (amônia, nitrito e nitrato), incorporados na presença de luz. Portanto, sua distribuição vertical está limitada pela presença de luz.

Em todos os mares, o fitoplâncton está composto em sua maior parte pelos fitoflagelados. Klein (1977) estudando o plâncton na Região Nordeste, encontrou 23 gêneros da classe Bacillariophyceae (Diatomaceae) e 4 gêneros da classe Dinophyceae (dinoflagelados) mostrando claramente a dominância das primeiras.

O zooplâncton é constituído de um conjunto de organismos que podem passar a vida inteira no plâncton (Hjolooplâncton) e outros que só fazem parte deste meio durante um período curto da sua existência (meroplâncton, representados principalmente por formas larvais). Praticamente todos os grupos animais estão aqui representados, desde os protozoários até Chordata. Klein (1977) relaciona diversos organismos componentes do zooplâncton: Protozoa, Cnidaria (larva), Ctenophora, Nemertinea (larva), Chaetognata, Echinoderma (larva), mollusca (Heropoda, Pteropoda e larva de bivalves), Polychaeta (larvas) Arthropoda (Crustacea: ovos, larvas e adultos), Chordata Larvacea (larvas e adultos) e peixes (ovos).

Lista 9.1 - Listagem das Principais Espécies de Algas e Animais que Habitam a Região Nordeste do Brasil

SUBSTRATO DURO

MACROALGAS: As espécies aqui presentes foram listadas segundo Machado (1978):

CHLOROPHYLA			(algas verdes)
<i>Bryopsis pennata</i>	<i>Caulerpa sertularoides</i>	<i>Rhizoclonium hookeri</i>	
<i>Caulerpa mexicana</i>	<i>Chaetomorpha antennina</i>	<i>Ulva fasciata</i>	
<i>Caulerpa racemosa</i>	<i>Cladophora fascicularis</i>		
<i>Caulerpa racemosa var. occidentalis</i>	<i>Cladophora prolifera</i>		
	<i>Enteromorpha lingulata</i>		
PHAEOPHYTA			(algas pardas)
<i>Dictyopteris delicatula</i>	<i>Ectocarpus sp</i>	<i>Pocockiella variegata</i>	
<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Padina vickersiae</i>	<i>Spatoglossum schroederi</i>	
RHODOPHYTA			(algas vermelhas)
<i>Amansia multifida</i>	<i>Galaxaura obtusata</i>	<i>Gracilariopsis sjoestedtii</i>	
<i>Amphiroa fragilissima</i>	<i>Gelidiella trinitatensis</i>	<i>Hypnea musciformis</i>	
<i>Bostrychia radicans</i>	<i>Gelidiella acerosa</i>	<i>Hypnea spinella</i>	

<i>Botrycladia occidentalis</i>	<i>Gelidiopsis gracilis</i>	<i>Jania adhaerens</i>
<i>Bryotamniom seaforthii</i>	<i>Gelidium crinale</i>	<i>Laurencia obtusa</i>
<i>Calliblepharis occidentalis</i>	<i>Gelidium corneum</i>	<i>Polisiphonia sp</i>
<i>Caloglossa leprieurii</i>	<i>Gigartina acicularis</i>	<i>Pterocladia pinnata</i>
<i>Centroceras clavulatum</i>	<i>Gracilaria cearencis</i>	<i>Valonia aegagropila</i>
<i>Ceramium dawsoni</i>	<i>Gracilaria cervicornis</i>	<i>Vidalia obtusiloba</i>
<i>Champia parvula</i>	<i>Gracilaria cuneata</i>	
<i>Cryptonemia crenulata</i>	<i>Gracilaria debilis</i>	
<i>Cryptonemia luxurians</i>	<i>Gracilaria domingensis</i>	

ESPONJAS: As espécies foram listadas segundo Johnson (1971):

FILO PORIFERA

<i>Cinachyra rhizophyta</i>	<i>Condrilla sp.</i>	<i>Leucilia sp.</i>
<i>Cinachyra altloclada</i>	<i>Haliclona sp.</i>	<i>Tethya sp.</i>
<i>Clathrina sp.</i>	<i>Ircinia strobilina</i>	

CELENERADOS — Algumas espécies apresentadas foram extraídas de Furtado-Ogawa (1972):

FILO CNIDARIA

<i>Actinia sp.</i>	<i>Palithoa sp.</i>
<i>Favia gravida</i>	<i>Siderastrea stellata</i>

MOLUSCOS: As espécies listadas foram retiradas de Matthews (1969, 1974), Matthes & Rios (1967 a, 1967b):

FILO MOLLUSCA

Classe Polyplacophora

<i>Acanthochitona spiculosa</i>	<i>Costoanachis sparsa</i>	<i>Persicula pulcherrima</i>
<i>Calloplax janeirensis</i>	<i>Cymattium pileare</i>	<i>Persicula sagittata</i>
<i>Ischonoichiton striolatus</i>	<i>Cyphoma signatum</i>	<i>Petalconchus varians</i>
Classe Gastropoda	<i>Cypraea cinerea</i>	<i>Pisania pusio</i>
<i>Anachis lyrata</i>	<i>Cypraea spurca acicularis</i>	<i>Tegula viridula</i>
<i>Bursa corrugata</i>	<i>Cypraeacassis testiculus</i>	<i>Thais haemastoma</i>
<i>Bursa cubaniana</i>	<i>Diodora cayenensis</i>	<i>Thais haemastoma floridana</i>
<i>Bursatella leachii</i>	<i>Engina turbinella</i>	<i>Thais rustica</i>
<i>Calliostoma jujubinum</i>	<i>Fissurela rosea</i>	<i>Tricolia affinis cruenta</i>
<i>Cheilea equestis</i>	<i>Hydatina vesicaria</i>	<i>Tricolia bella</i>
<i>Collisella subrugosa</i>	<i>Latirus infundibulum</i>	<i>Trivia pediculus</i>
<i>Colubraria lanceolata</i>	<i>Leucozonia nassa</i>	<i>Turbo canaliculatus</i>
<i>Colubraria obscura</i>	<i>Littorina flava</i>	<i>Volvarina albolineata</i>
<i>Columbella mercatoria</i>	<i>Littorina ziczac</i>	<i>Volvarina avena</i>
<i>Conus daucus</i>	<i>Mitra brasiliensis</i>	
<i>Coralliophyla caribaea</i>	<i>Mitra nodulosa</i>	

Classe Pelecypoda

<i>Anomia simplex</i>	<i>Chama sinuosa</i>	<i>Modiolus americanus</i>
<i>Arca imbricata</i>	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	<i>Ostrea sp.</i>
<i>Arcopsis adamsi</i>	<i>Gastrochanea hians</i>	<i>Plicatula gibbosa</i>
<i>Barbatia cancellaria</i>	<i>Lithophaga antillarum</i>	<i>Sphenia antillensis</i>
<i>Brachidontes exustus</i>	<i>Lithophaga bisulcata</i>	Classe Cephalopoda
<i>Brachidontes solisianus</i>	<i>Lunarca ovalis</i>	<i>Octopus vulgaris.</i>

CRUSTÁCEOS: As espécies listadas foram retiradas de Loyola (1960, 1965), Fausto – Filho (1966, 1967, 1968, 1970, 1975, 1978, 1979), e Sampaio & Fausto-Filho (1984).

FILO ARTHROPODA

Ordem Isopoda

Subfilo Crustácea

Associados a algas

Cymodocella guarapariensis *Pseudosphaeroma mourei*

Dynamenella antonii *Sphaeroma walkeri*

Dynamenella tropica

Associados a Pedras

Dynamenella tropica

Ordem Cirripedia

Chthamalus Stellatus *Tetraclita squamosa*

Ordem Decapoda

Acanthonyx petiverii *Eurypanopeus abbreviatus* *Palaemon paivai*

Calcinus tibicen *Goniopsis cruentata* *Panopeus herbstii*

Cyclograpsus interger *Lysmata wurdemanni* *Panopeus occidentalis*

Cycloxanthops denticulatus *Menippe nodifrons* *Panulirus argus*

Clibanarius antillensis *Mergula rhizophorae* *Panulirus laevicauda*

Clibanarius vittatus *Pachygrapsus gracilis* *Periclimenes americanus*

Epialthus brasiliensis *Pachygrapsus transversus* *Petrolisthes armatus*

Eriphia gonagra *Palaemon northropi* *Sesarma ricordi*

TUNICADOS FILO CHORDATA

Subfilo Urochordata

Didemnum sp *Perophora viridis* *Phallusia nigra*

SUBSTRATO DE AREIA

MOLUSCOS: As espécies listadas foram retiradas de Mathews (1969, 1974), Mathews & Rios (1967 a, 1967b).

FILO MOLLUSCA

Classe Gastropoda

Acteocina candei *Cypraea cinerea* *Oliva reticulares*

Bulla striata *Cypraea spurca acicularis* *Olivella mutica*

<i>Bursa ccorrugata</i>	<i>Cypraeacassis testiculus</i>	<i>Pleuroploca aurantiaca</i>
<i>Cerithium atratum</i>	<i>Hastulahastala</i>	<i>Strombus goliath</i>
<i>Cerithium litteratum</i>	<i>Latirus infundibulum</i>	<i>Tonna galea</i>
<i>Conus daucus</i>	<i>Nassarius albus</i>	<i>Tonna maculosa</i>
<i>Conus jaspideus</i>	<i>Nassarius nanus</i>	<i>Thriphora melanura</i>
<i>Crucibulum auricula</i>	<i>Natica floridana</i>	<i>Turritella exoleta</i>

Classe Pelecypoda

<i>Abra aequalis</i>	<i>Glycymeris undata</i>	<i>Strigilla pisiformes</i>
<i>Americardia media</i>	<i>Macrocallista maculata</i>	<i>Tellina aequistriata</i>
<i>Arcinella arcinella</i>	<i>Mulinia portoricensis</i>	<i>Tellina punicea</i>
<i>Chione cancellata</i>	<i>Nuculana acuta</i>	<i>Tellina versicolor</i>
<i>Chione intapurpurea</i>	<i>Papydea semisulcata</i>	<i>Tivela fulminata</i>
<i>Chione latilirata</i>	<i>Sanguinolaria cruenta</i>	<i>Transennella stimpsoni</i>
<i>Codakia orbiculata</i>	<i>Semele prificua</i>	<i>Trigonocardia antillarum</i>
<i>Ervilia nitens</i>	<i>Strigilla carnaria</i>	

CRUSTÁCEOS — As espécies listadas foram retiradas de Fausto (1966, 1967, 1968, 1970, 1975, 1978, 1979), Furtado-Ogawa (1972) e Sampaio & Fauto (1984).

FILO ARTHROPODA

Subfilo Crustacea

Ordem Stomatopoda

<i>Alima hyalina</i>	<i>Gonodactylus minutus</i>	<i>Pseudosquilla ciliata</i>
<i>Gonodactylus austrinus</i>	<i>Meiosquilla schmitti</i>	<i>Squilla prasinolineata</i>

Ordem Decapoda

<i>Acanthonyx petiverii</i>	<i>Lepidopa distincta</i>	<i>Notolopas brasiliensis</i>
<i>Albunea paretii</i>	<i>Lepidopa richmondi</i>	<i>Ocypode quadrata</i>

<i>Calappa ocellata</i>	<i>Leptochela serratorbita</i>	<i>Pachycheles greeleyi</i>
<i>Callinectes danae</i>	<i>Macrocoeloma laevigatum</i>	<i>Penaeus brasiliensis</i>
<i>Callinectes marginatus</i>	<i>Macrocoeloma trispinosum</i>	<i>Penaeus duorarum notialis</i>
<i>Callinectes ornatus</i>	<i>Megalobranchium mortenseni</i>	<i>Penaeus schmitti</i>
<i>Clibanarius vittatus</i>	<i>Magalobranchium soriatum</i>	<i>Petrochirus diogenes</i>
<i>Dardanus venosus</i>	<i>Merguia rhizophorae</i>	<i>Petrolisthes armatus</i>
<i>Ebalia cariosa</i>	<i>Metapenaeopsis martinella</i>	<i>Petrolisthes galathinus</i>
<i>Emerita portorricensis</i>	<i>Microphrys interruptus</i>	<i>Petrolisthes serratus</i>
<i>Epialthus bituberculatus</i>	<i>Minyocerus angustus</i>	<i>Pitho lherminieri</i>
<i>Hepatus pudibundus</i>	<i>Mithrax forceps</i>	<i>Podochela brasiliensis</i>
<i>Hypoconcha sabulosa</i>	<i>Pelia rotunda</i>	<i>Podochela gracilipes</i>
<i>Inachoides forceps</i>	<i>Penaeus aztecus subtilis</i>	<i>Porcellana sayana</i>
<i>Latreutes parvulus</i>	<i>Sicyonia parri</i>	<i>Sicyonia laevigata</i>
<i>Leander tenuicornis</i>	<i>Sicyonia typica</i>	<i>Stenphrynchus seticornis</i>
<i>Lepidopa distincta</i>	<i>Sicyonia parri</i>	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>
<i>Lepidopa richmondi</i>	<i>Sicyonia typica</i>	

SUBSTRATO DE LAMA

MOLUSCOS — As espécies listadas foram retiradas de Matthews (1969, 1974), Matthews & Rios (1967 a, 1967b).

FILO MOLLUSCA

Classe Gastropoda

<i>Batillaria minima</i>	<i>Cerithium litteratum</i>
<i>Cerithium atratum</i>	<i>Modulus modulus</i>

Classe Pelecypoda

<i>Cyathodonta semirugosa</i>	<i>Mytella falcata</i>
-------------------------------	------------------------

PELÁGICOS

MOLUSCOS As espécies listadas foram retiradas de Matthews (1969, 1974) Matthews & Rios (1967 a, 1967b).

FILO MOLLUSCA

Classe Gastropoda

Atlanta peroni

Oxygyrus keraudreni

Classe Cephalopoda

Lolliguncula brevis

EQUINODERMOS — Este grupo está separado pelo fato de que na bibliografia disponível (Lima-Verde, 1969) não pudemos determinar o tipo de substrato em que cada espécie vive. As espécies listadas abaixo, podem portanto ocorrer em um ou vários tipos de substrato da região.

FILO ECHINODERMATA

Amphipholis januarii

Astropecten armatus brasiliensis

Astropecten marginatus

Chiridota rotifera

Comactinia echinoptera

Encope emarginata

Hemipholis elongata

Lodwigothuria grisea

Luidia senegalensis

Lytechinus variegatus

Mellita quinquesperforata

Mellita sexiesperforata

Ophiocnida scabriuscula

Ophioderma appressum

Ophioderma cinereum

Ophionereis reticulata

Ophiotrix angulata

Tropiometra carinata carinata

Lista 98.2 - Composição do Plâncton na Plataforma Continental do Nordeste (Baseado em lein, 1977)

Fitoplâncton	Zooplâncton	
Fitoplâncton	Protozoa	Arthropoda
Bacillariophyceae	Sarcodina	Crustacea
<i>Asterionella</i>	Foraminifera	Cladocera
<i>Bacillaria</i>	Radiolaria	Ostracoda
<i>Ballarochea</i>	Ciliata	Copepoda (ovos, larvas, e adultos)
<i>Bidulphia</i>	Tintinnoidea	Cirripedia (nauplius)
<i>Cerataulin</i>	Acantharia	Malacostraca
<i>Chaetoceros</i>		Mysidacea
<i>Corethron</i>	Coelenterata	Amphipoda
<i>Coscinodiscus</i>	Anthozoa (larvas)	Euphausiacea
<i>Fragilaria</i>		Decapoda (larvas)
<i>Guinardia</i>	Ctenophora	<i>Lucifer</i>
<i>Hyalodiscus</i>		
<i>Leptocylindrus</i>	Nemertinea (larvas)	
<i>Lithodesmium</i>		Chordata
<i>Melosira</i>	Chaetognatha	Larvacea
<i>Navicula</i>		Appendicularia (larvas e adultos)
<i>Nitzschia</i>	Echinodermata (larvas)	Pisces (ovos)
<i>Rabdonema</i>		
<i>Rhizosolenia</i>	Mollusca (larvas)	
<i>Sheletonema</i>	Gastropoda	
<i>Synedra</i>	Heteropoda	
<i>Thalassionema</i>	Pteropoda	
<i>Thalassiothrix</i>	Pelecypoda	
<i>Triceratium</i>	Eulamellibranchia	
Dinophyceae		
<i>Ceratium</i>	Annelida	
<i>Noctiluca</i>	Polychaeta (larvas)	
<i>Podolampas</i>		
<i>Pyrocystis</i>		

9.5 - Levantamentos de Campo

A amostragem foi realizada no dia 23 de janeiro de 2001 durante uma maré de sizígia (0,1 m) em estações pré-determinadas. Na faixa intertidal foram feitos seis transectos perpendiculares à praia. Em cada transecto foi utilizado um amostrador cilíndrico de PVC (Corbisier, 1991), com um diâmetro de 10 cm, que foi enterrado até uma profundidade de 10 cm na zona do supralitoral, mesolitoral e infralitoral. Também foram feitos mergulhos livres para amostragens na zona subtidal e na área chamada de “plataforma” com um amostrador cilíndrico PVC. Foi realizado um total de 49 amostragens, sendo que 18 foram na faixa intertidal, 16 na subtidal e 15 na área da “plataforma”. Foram feitas observações nas áreas rochosas, quando os organismos encontrados foram registrados e alguns especialmente coletados.

Os sedimentos amostrados foram acondicionados em sacos plásticos, etiquetados e fixados em solução de formol a 4% adicionado do corante Rosa de Bengala. Todas as amostras foram lavadas através de um jogo de peneiras de malhas 2.0, 1.0 e 0.5 mm para a separação dos animais capturados, que foram preservados em álcool 70%. Em seguida, estes foram triados, com o auxílio de microscópio estereoscópio, e identificados a níveis taxonômicos os mais baixos possíveis, de acordo com a bibliografia especializada disponível. Os organismos coletados em substrato rochoso foram anestesiados com cloreto de magnésio e fixados em álcool à 70%, para depois serem identificados no laboratório. O procedimento de identificação foi o mesmo utilizado para os animais do substrato de areia.

No tabela 16 estão listados os grupos de animais encontrados nas áreas intertidal/areia, subtidal e plataforma. Os animais coloniais não foram quantificados, sendo apenas registrada a sua presença (P) na amostra. As análises de laboratório mostram que os animais mais abundantes em todas as áreas foram os poliquetos e moluscos pelecípodos. Os únicos grupos de animais encontrados em todas as áreas estudadas foram os sipunculídeos, moluscos (gatrópodos e pelecípodos) e poliquetos.

Tabela 16 – Quantidade dos Animais (valores percentuais) Coletados nas Áreas Intertidal/Areia, Subtidal e Plataforma na Praia da Redinha - Natal e Redinha Nova – Extremoz - RN

Grupo de Animais	Intertidal/areia	Subtidal	Plataforma
Filo Porifera	-	P	P
Filo Cnidaria			
Classe Hydrozoa	-	P	P
Classe Anthozoa	-	-	1
Filo Nematomorpha		6,9	-
Filo Nemertinea	-	8,1	-
Filo Sipuncula	3,8	2,3	1
Filo Echiura	3,8	-	-
Filo Mollusca			
Classe Gastropoda	3,8	1,2	2
Classe Pelecypoda	34,6	15,1	70
Classe Scaphopoda	-	-	1
Filo Annelida			
Classe Polycharta	53,8	68,6	19
Filo Arthropoda			
Subfilo Crustacea			
Classe Malacostraca			
Ordem Amphipoda	-	4,6	2
Classe Cirripedia	-	-	3
Filo Bryozoa			
Ordem Cheilostomata	-	-	P
Filo Echinodermata			
Classe Echinoidea	-	-	1

Os sipunculídeos são animais marinhos que tem um formato de amendoim quando contraídos, por isso, às vezes, são chamados de vermes amendoim ou vermes estrelas devido aos tentáculos na região da cabeça. Os sipunculídeos são animais bentônicos e a maioria vive em águas rasas. Podem viver enterrados na areia, na lama, em espaços dentro

de recifes de coral, alguns perfuram rochas coralinas ou madeira. Alimentam-se de material em suspensão ou depositado no sedimento (comedores de depósitos).

Os moluscos representam um dos maiores filos do reino com animais de 130.000 espécies, só ultrapassados pelos artrópodes. Duas características distintas dos moluscos são a adaptação da superfície ventral do corpo em um pé muscular para a locomoção e a modificação do tegumento da superfície dorsal, o manto, para secreção de uma concha calcária que tem função protetora. Alguns moluscos perdem a concha, mas o manto permanece na maioria. Os moluscos são celomados distinguindo-se, porém, de outros filos como anelídeos e artrópodos pela falta de uma segmentação, até durante a embriogênese. No entanto, o aparecimento de uma larva que lembra muito a trocófora dos anelídeos e a concordância quanto ao modo de segmentação dos ovos (segmentação espiral) sugeriram a origem dos moluscos de antepassados segmentados.

Gastrópode, que significa pé no estômago, é a classe mais diversificada dos moluscos. A maioria dos gastrópodes é marinha, mas alguns são dulcícolas e outros se adaptaram à vida terrestre. Os gastrópodes possuem uma cabeça distinta, a parte posterior do corpo é girada 180° ou reta. Eles podem ter ou não uma única concha externa ou interna. O pé é musculoso, ventral. A simetria bilateral é modificada pela torção da parte posterior. Possuem uma estrutura na boca chamada de rádula. O corpo é dividido em cabeça, pé e massa visceral. Na cabeça geralmente tem um par de tentáculos nas espécies marinhas e dois pares de tentáculos retráteis nas espécies terrestres. Um par de olhos, uma boca, um pé ventral musculoso, uma concha calcárea geralmente espiralada. Toda superfície epitelial com glândulas mucosas.

A classe Pelecypoda (pé em forma de facão) ou Bivalvia (duas valvas) é a classe do filo Mollusca de maior valor econômico. Eles são aquáticos (marinhos, água doce e água salobra) e possuem duas valvas, onde cada valva tem um lado externo e outro interno. As características distintivas da classe representam adaptações para se enterrar em substratos inconsolidados. O corpo é muito comprido lateralmente. A cabeça é muito reduzida e a rádula desapareceu, a compressão lateral resultou numa projeção do manto e da concha e a cavidade do manto se estendeu para os lados do corpo do animal.

A classe Polychaeta pertencente ao filo Annelida é a maior e mais diversa dentre o filo. A maioria dos poliquetas é marinha. Os poliquetas possuem apêndices, que são pares segmentados chamados de parapódios. A forma e o tamanho desses parapódios podem variar, mas quando bem desenvolvidos, é composto por um notório superior e um

neuropódio inferior. Cada divisão é composta de um grande número de cerdas, que proporcionam tração contra o substrato. Nos poliquetas com parapódios grandes e móveis, os músculos parapodiais são sustentados por uma haste interna, denominada acícula, presente em cada divisão.

A cabeça dos poliquetas costuma ser bem desenvolvida e pode sustentar várias estruturas sensoriais ou alimentares. A boca está situada na região ventral entre o prostômio e o peristômio que tem o primeiro e o segundo segmento fundidos. Este tipo básico de poliquetas é modificado de acordo com o diferente tipo de vida do animal.

Os poliquetas podem ser chamados de Errantes (movem-se livremente) ou sedentários, mas a distinção entre eles às vezes é difícil de se observar. Os poliquetas errantes incluem algumas espécies pelágicas, algumas que se arrastam no substrato ou que vivem em buracos ou tubos temporários. Os poliquetas sedentários geralmente são espécies que constroem seus próprios tubos ou galerias e vivem neles. Geralmente esses poliquetas não deixam seus tubos apenas projetam-se deles.

Os grupos de animais encontrados são característicos de substratos inconsolidados principalmente os poliquetos da Família Spionidae que são poliquetos tubícolas com dois longos palpos prostomiais. Esses poliquetas podem variar muito de tamanho, algumas espécies são muito pequenas pertencem a meiofauna e algumas espécies podem chegar a medir até 10 cm de comprimento. A maioria das espécies pertencentes a esta família é comedores de detritos, mas algumas espécies de *Dispio* são predadoras vorazes. As espécies do gênero *Spio* formam freqüentemente densas colônias dentro do substrato arenoso, onde os tubos podem ser vistos na areia como pequenas “chaminés”. A família Spionidae está bem representada em praias arenosas com um certo hidrodinamismo.

Dentro do total de indivíduos coletados na área intertidal/areia os poliquetos corresponderam a 53,8%, os pelecípodos a 34,6%, sinpucúldeos a 3,8%, os echiúros a 3,8% e os gastrópodos a 3,8%. Há pequena porcentagem de sinpucúldeos e equiúros encontradas nesta região, já que estes grupos de animais são melhores adaptados às praias protegidas.

Os equiúros são animais marinhos com o formato de salsicha. Eles vivem enterrados em fundos de areia, lama, crevices de rochas e corais. Podem ser encontrados dentro de conchas vazias, em bolacha e praia mortas (*Mellita sp*). A maioria dos equiúrios ocorre em águas rasas, mas existem algumas espécies de águas profundas. Eles medem de 1 à 50 cm

de comprimento. Os equiúros servem de alimento para diversos peixes, principalmente para o tubarão leopardo que se alimenta exclusivamente de *Urechis sp.*

Na área subtidal os indivíduos coletados foram representados por poríferos, celenterados (Hydrozoa), nematomórfos 6,9%, nemertíneos 8,1%, sipunculídeos 2,3%, moluscos gastrópodos 1,2%, moluscos pelecípodos 15,1%, poliquetos 68,6% e crustáceos 4,6%. A grande quantidade de poliquetos encontrada está coerente com a literatura que se refere a estes organismos como dominantes da macrofauna em áreas de areia subtidais (Brow & McLachlan, 1990).

Os nematomorfos são vermes alongados de vida livre quando adultos mas parasitas de artrópodos quando jovens. *Nectonema sp* é parasita do caranguejo – ermitão e de caranguejo – verdadeiro (*Ucides cordatus*). Após penetrar no hospedeiro, os indivíduos jovens chegam ao hemocelo onde completam o seu desenvolvimento. Sua nutrição como parasita é feita por absorção direta de alimento através da parede do corpo seguida pela produção de enzimas que decompõem os tecidos do hospedeiro na vizinhança do verme. Depois de várias mudas que duram semanas ou meses, então sai do hospedeiro e a reprodução vai ocorrer para continuar o ciclo.

Os nemertinos são animais de formato vermiforme, e possuem uma probóscide que usam na captura de alimento. Possuem um corpo alongado e muscular. A maioria dos nemertinos é marinha bentônica, mas existem algumas espécies de águas profundas que são pelágicas. Eles vivem embaixo de pedras, nas algas, enterrados na areia ou lama, alguns são simbiotes em caranguejo, na cavidade palial dos moluscos bivalves e no atrio dos tunicados. Algumas espécies formam buracos semi-permanentes com mucos ou tubos que parecem papel celofane. Geralmente são animais pequenos menores que 20 cm mas existem algumas espécies como *Lineus longissimus* que chega a medir 30 cm de comprimento.

Na Lista 9.3 estão identificados os grupos de animais encontrados na área intertidal na parte rochosa. As pedras nesta região eram cobertas por muitas algas como por exemplo: *Ulva sp*, *Padina sp*, *Gracilaria sp*, *Caulerpa sp.*, *Hipnea sp.*, além das algas foram 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*, *Fisurela rosea*, *Tegula viridula*, *Thais haemastoma*, *Aplysia dactylomena* (lebre-do-mar) e *Octopus vulgaris* (polvo). Os crustáceos encontrados foram os seguintes: lagosta (*Panulirus*

argus); caranguejo (*Pachygrapsus*), cracas e sobre as algas, muitos anfípodos. Nas poças alguns peixes como o soldadinho (*Abdefduf* sp). Na região do infralitoral na areia observou-se a bolacha da praia (*Mellita quinquesperforata*).

Lista 9.3 – Relação dos Animais Coletados na Área Rochosa na Praia de Santa Rita, Extremoz – RN.

Filo Porifera:	Mollusca (Gastropoda):
<i>Haliclona</i> sp.	<i>Acmaea subrugosa</i>
<i>Ircinia</i> sp.	<i>Fissurela rosea</i>
	<i>Fissurela clenchi</i>
Filo Cnidaria (Hydrozoa):	<i>Diodora sayi</i>
<i>Thyroscyphus ramosus</i>	<i>Tegula viridura</i>
<i>Cytia</i> sp.	<i>Thais haenastoma</i>
	<i>Aplysia dactylomela</i>
Filo Cnidaria (Anthozoa):	<i>Anachis lyrata</i>
<i>Palithoa</i> sp.	Mollusca (Pelecypoda):
<i>Zoanthus</i> sp.	<i>Brachidontes exustus</i>
	<i>Crassostrea rhizophoraea</i>
Filo Arthropoda	Mollusca (Cephalopoda):
<u>Subfilo Crustacea</u> (Cirripedia):	<i>Octopus vulgaris</i>
<i>Chatamalus</i> sp.	
<i>Balanus</i> sp.	Filo Echinodermata (Echinoidea):
<u>Subfilo Crustacea</u> (Malacostraca):	<i>Mellita quinquesperforata</i>
<i>Ligia exotica</i>	
<i>Panulirus argus</i>	Filo Chordata (Osteichthyes):
<i>Pachygrapsus transversus</i>	<i>Abdefduf saxatilis</i>

Na área de estudo na zona do subtidal, os organismos encontrados foram, briozoários, celenterados Hydrozoa e Anthozoa (1%), sipunculídeos (1%), moluscos gastrópodos (2%), moluscos pelecípodos (70%), moluscos escafópodos (1%), poliquetos (19%), crustáceos (5%) e equinodermos (1%).

Com base nas amostragens realizadas, foi possível calcular a quantidade desses animais por metro cúbico (lista anterior), mas para se ter uma visão real de tal quantificação seria preciso uma amostragem durante pelo menos um ano, para ver se ocorrem mudanças bruscas devido a motivos como reprodução, época do ano, predação e outros. Na Lista 9.4 estão apresentados os animais identificados à níveis taxonômicos os mais baixos possíveis, de acordo com a bibliografia especializada disponível.

Os sedimentos amostrados foram acondicionados em sacos plásticos, etiquetados e fixados em solução de formol a 4% adicionado do corante Rosa Bengala. Todas as amostras foram submetidas à uma mesma seqüência de operações. Foram lavadas através de um jogo de peneiras de malhas 2.0, 1.0 e 0.5 mm para separação dos animais capturados, que foram preservados em álcool 70%. Em seguida, estes foram triados, com o auxílio de microscópio estereoscópio, e identificados à níveis taxonômicos os mais baixos possíveis, de acordo com a bibliografia especializada disponível. Os organismos em substrato rochoso foram anestesiados com cloreto de magnésio e fixados em álcool à 70%, para depois serem identificados no laboratório. O procedimento de identificação foi o mesmo utilizado para os animais do substrato de areia.

Lista 9.4 – Densidade dos Animais Coletados nas Áreas Intertidal/Areia, Subtidal e Plataforma nas Praias da Redinha, Natal – RN e Redinha Nova, Extremoz-RN.

INTERTIDAL:

Filo Sipucunda – 63,7 m³

Filo Echiura – 63,7 m³

Filo Mollusca (Gastropoda) - 63,7 m³

Filo Mollusca (Pelecypoda) - 636,9 m³

Filo Annelida (Polychaeta) - 891,7 m³

SUBTIDAL:

Filo Nematomorpha – 477,7 m³

Filo Nemertinea – 557,3 m³

Filo Sipunculida – 159,2 m³

Filo Mollusca (Gastropoda) – 79,6 m³

Filo Mollusca (Pelecypoda) – 1035,0 m³

Filo Annelida (Polychaeta) – 4697,4 m³

Filo Arthropoda (Subfilo Crustacea) – 318,5 m³

PLATAFORMA:

Filo cnidaria (Anthozoa) – 84,9 m³

Filo sipunculida – 84,9 m³

Filo Mollusca (Gastropoda) – 169,8 m³

Filo Mollusca (Pelecypoda) – 5.944,8 m³

Filo Mollusca (Scaphopoda) – 84,9 m³

Filo Annelida (Polychaeta) – 1.613,5 m³

Filo Arthropoda (Subfilo Crustacea) – 424,6 m³

Filo Echinodermata (Echinoidea) – 84,9 m³

Nas Listas 9.5 e 9.6 estão relacionados os grupos de animais encontrados nas áreas intertidal. Animais coloniais não foram quantificados, sendo apenas registrada a sua presença (P) na amostra. As análises de laboratório mostraram que os animais mais abundantes em todas as áreas foram os cnidários, poliquetos e moluscos pelecípodos. Dentro do total de indivíduos coletados.

Lista 9.5. - Relação dos Animais Coletados nas Áreas Intertidal, Subtidal e Plataforma nas Praias da Redinha, Natal – RN e Redinha Nova, Extremoz-RN.

Filo Porifera:

Família - Haliclونidae

Gênero - *Haliclona* sp.

Família - Spongiidae

Gênero - *Ircinia* sp.

Filo Cnidaria:

Classe Hydrozoa

Família - Campanulariidae

Gênero - *Cylia* sp.

Família - Tryrosocyphide

Espécie - *Tryrosocyphus ramosus* (Migolto, 1993)

Classe Anthozoa

Família - Zoanthidae

Gêneros - *Palythoa* sp.

Zoanthus sp.

Filo Mollusca:

Classe Gastropoda

Família - Terebridae

Espécie - *Terebra protexta* (Conrad, 1846)

Família - Olividae

Espécies - *Olivella minuta* (Link, 1807)

-*Olivella* sp.

Família - Fissurelidae

Espécies - *Diodora sayi* (Dall, 1899)

-*Diodora* sp

-*Fissurella rosea* (Gmelin, 1791)

-*Fissurella clenchi* (Farfante, 1943)

Família - Columbellidae

Espécie - *Anachis lyrata* (Sowerby, 1832)

Classe Scaphopoda

Família - Dentallidae

Espécie - *Graptacme eborem* (Conrad, 1846)

Classe Pelecypoda

Família - Plicatulidae

Espécie - *Plicatula gibosa* (Linnaeus, 1801)

Família - Chamidae

Espécie - *Pseudochama* sp.

Família Pectinidae

Espécies - *Chlamys sentis* (Reeve, 1853)

-*Leptopecten bawayi* (Dautzemberg, 1900)

Família Tellinidae

Espécies - *Strigilla pssiformis* (Linnaeus, 1758)

-*Tellina* sp

Família - Unguliniidae

Espécie - *Diplodonta punctata* (Say, 1822)

Família - Veneridae

Espécies - *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791)

-*Tivela mactroide* (Born, 1778)

-*Transenella cubaniana* (Orbigny, 1842)

-*Pitar circinatus* (Born, 1778)

Família - Arcidae

Espécie - *Arca imbricata* (Bruguiere, 1759)

Família - Mytilidae

Espécie - *Brachidontis exustus* (Linnaeus, 1758)

Família - Crassatellidae

Espécie - *Crassinella lunulata* (Conrad, 1834)

Família - Cardiidae

Espécie - *Trachycardium muricatum* (Linnaeus, 1758)

Família - Mactridae

Espécies - *Mactra alata* (Spengles, 1802)

-*Anadara notabilis* (Roding, 1798)

-*Mactra petiti* (Orbigny, 1846)

Família - Semelidae

Espécies - *Semele belastriata* (Conrad, 1837)

-*Semele prolicera* (Pulteney, 1799)

Família - Pteriidae

Espécie - *Pinctata radiata* (Lench, 1814)

Família - Ostreidae

Espécie - *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)

Filo Anellida (Polychaeta):

Família - Styllidae

Gênero - *Antolytus* sp

Família - Paraonidae

Gênero - *Paraonis* sp

Família - Spionidae

Gêneros - *Prionospio* sp

-*Dispia* sp

Família - Oweniidae

Gênero - *Owenia* sp

Família - Glyceridae

Gênero - *Hemipodus* sp

Família - Goniadidae

Família - Nereidae

Gênero - *Namolycastis* sp

Família - Pisionidae

Gênero - *Pisionideus* sp

Família - Apistobranchidae

Família - Spirorbidae

Família - Capitellidae

Família - Orbiniidae

Gênero - *Leitoscoloplos* sp

Família - Cirratulidae

Família - Pilargidae

Gênero - *Sigambia* sp

Filo Arthropoda (Subfilo Crustacea):

Classe Cirripedia

Família - Chthamalidae

Gênero - *Chthamalus* sp

Família - Balanidae

Gênero - *Balanus* sp

Classe Malacostraca

Família - Palinuridae

Espécie - *Panulirus argus* (Latreille)

Família - Grapsidae

Espécie - *Pachygrapsus transversus*

Subordem Oniscoidea

Espécie - *Ligia exotica*



Gênero - *Sigambia* sp Na área intertidal os poliquetos corresponderam a 86%, os pelecípodos a 12% e os cnidários 2,2%. As áreas intertidais entre as duas praias são muito parecidas com uma fauna e flora semelhante.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas gerados pela interação dos agentes dinâmicos com a zona costeira podem ser agrupados em quatro categorias gerais: erosão de praias, erosão da zona de berma pela ação das ondas e ressacas, migração de desembocaduras e assoreamento de portos.

A intensificação do uso de áreas costeiras nos últimos anos, aliada a sua extrema fragilidade, tem-se constituído numa preocupação crescente quanto ao futuro dessas áreas.

O comportamento das praias marinhas da Redinha, e principalmente da Redinha Nova, foram bastante influenciados pela alta expansão urbana ocorrida a partir do final da década de 70 e a conseqüente especulação imobiliária, aproveitando-se das lacunas existentes na legislação vigente, ocupou indevidamente os terrenos do pós-praia constituídos por dunas frontais. Em resposta a esta ocupação indevida, na década de 90 iniciou-se um processo erosivo que se acentuou com o decorrer dos anos, atingindo uma média de recuo da linha de costa da ordem de 25 metros nos últimos 10 anos. Especificamente à altura do Hotel Atlântico Norte foi realizada uma proteção de caráter emergencial do tipo gabião, para evitar que a erosão destruísse o trecho costeiro, que à época protegia a propriedade supracitada para as condições de maré alta. A situação atual apresenta-se calamitosa, com graves falhas das estruturas do tipo gabião por rompimento, devido ao impacto direto das ondas, que pode, caso não seja feita uma intervenção, passar a níveis irreversíveis.

Ressaltam-se os registros históricos de erosão de duas ruas de casas de veraneio no trecho da Redinha Velha, no final da década de 50, cujas causas, como no caso da erosão na Praia da Redinha Nova, não tinham sido investigadas até o momento. A título de especulação, levantava-se a possibilidade das mesmas estarem associadas às modificações contínuas a que foi submetido o estuário do Rio Potengi, principalmente da zona da desembocadura onde foram realizadas derrocagens dos *beachrocks*, dragagens do canal principal e mais recentemente, a ampliação do guia-corrente da margem esquerda estuarina.

Contudo, estudos batimétricos de detalhe, realizados em setembro de 2001, no trecho aproximadamente frontal ao Hotel Atlântico Norte, permitiu observar-se por um lado a presença de uma abertura entre os recifes, e por outro, coincidindo com a abertura, o paleocanal do Rio Doce, que em 1965 teve a sua desembocadura desviada para o Estuário Potengi. A conjugação destas duas estruturas faz que as ondas alcancem a linha de costa com alto conteúdo energético e, por conseqüência, com alto poder erosivo.

Essa hipótese foi confirmada através de levantamentos geofísicos com aplicação de técnicas do método eletromagnético, que confirmou a existência de um paleocanal, através de registros na área de pós praia da Redinha Nova.

Em relação às praias estuarinas, as observações de campo denotavam a existência de um processo erosivo acentuado nas praias da margem esquerda do estuário Potengi, em particular no trecho entre o Mercado Público e o guia corrente da Redinha.

Esse processo erosivo de acordo com a intervenção dos registros fotográficos de campo e das fotografias aéreas de 1997, teve início com a construção do novo guia corrente da Redinha, no ano de 1999, ampliando o antigo molhe existente. Este guia corrente, concluído no ano de 2000, induziu um aumento no campo das velocidades das correntes, tanto na maré enchente, como na vazante, provocando a erosão da praia estuarina adjacente à estrutura construída e o transporte do material em direção ao canal estuarino/portuário.

Essa conclusão foi obtida através de uma análise do comportamento hidro-sedimentar, baseado em dados hidrodinâmicos, sedimentológicos e batimétricos, coletados em 2001 e 2002, e é confirmada com base em modelização numérica.

Contudo, vale salientar que uma interpretação histórica da evolução recente da área demonstra que a linha de costa nesta área estuarina, na verdade com esse processo erosivo, recuperou o seu desenho anterior ao ano de 1972. Nesta época, o seja, no final de 1971, foi realizada uma dragagem de aprofundamento do canal da acessão portuário, para permitir a entrada do navio-hospital U.S. Hope, porque as profundidades existentes não permitiam uma navegabilidade segura, devido ao seu calado.

Por motivos de exigüidade de prazo, o material extraído nesta dragagem foi lançado na margem esquerda estuarina e sobre o corpo do antigo guia corrente, tendo início já no ano de 1972, um deslocamento deste material arenoso em direção ao interior do estuário. Este

transporte de material provocou o assoreamento das praias estuarinas da redinha e a progradação da linha de costa no trecho entre o guia corrente e a foz da Gamboa Manimbú, e inclusive, com soterramento dos pequenos espigões existentes e do trapiche da Redinha, que funcionava na época, como caís de atracação de barcos de transporte de passageiros, entre a Redinha e Natal.

Dessa maneira, com a ampliação do guia corrente, uma maior intensidade das correntes induziu o processo erosivo observado e com isto a retomada do desenho costeiro anteriormente existente.

Tal conclusão é reforçada pelo resultado da comparação dos perfis praiais no período entre os meses de outubro de 2001 e julho de 2002, que demonstram uma parada nos processos de erosão e conseqüente estabilização da linha de costa em um traçado muito semelhante ao existente no ano de 1972.

Não obstante, ressaltamos a necessidade da continuação do monitoramento ambiental, através do levantamento mensal de perfis praiais e do acompanhamento e interpretação fotográfica (fotos de campo e aéreas), principalmente para registrar a situação após a realização de serviços de dragagem e manutenção do canal de acesso portuário.

Os últimos levantamentos do mês de março de 2003 vieram a corroborar o já previsto na modelização ambiental, ou seja, que a dragagem realizada, por aprofundar o canal na zona de acesso ao porto, ampliando a área da seção transversal atualmente existente, incidiu na diminuição da vazão, por aumento da seção hidráulica do rio, e por conseqüência na diminuição geral do campo de velocidades.

Com a diminuição da velocidade, existem dois tipos de impactos possíveis, um positivo e outro negativo. O positivo está associado a uma diminuição da taxa de erosão atualmente observada na praia da Redinha, e o negativo consiste no aumento da tendência de deposição de sedimentos no canal de navegação.

Dessa forma, a dragagem não causou nenhuma alteração significativa nos problemas atualmente observados na área estuarina do rio Potengi. O impacto à nível da comunidade ribeirinha é de ordem positiva e consiste na diminuição da taxa de erosão atualmente existente. Contudo, somente o acompanhamento por um prazo mínimo de 6 meses, poderá garantir as tendências até agora registradas.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, G. P. 1971. Relation between grain size parameter distribution and current patterns in the Gironde Estuary (France). *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla - USA. 41 (1): 74-88
- ANDRADE, R. S. 1968. Geologia e aspectos sedimentológicos da região costeira ao sul de Natal-RN - Relatório de Graduação da Escola de Geologia da UFPe, Recife, 26 p.
- ARCHAMBAULT, P., BOURGET, E. Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, v. 136, p. 111-121. 1996.
- BERTHOIS, L. 1965. *Techniques d'Etudes estuariennes*, Centre Documentatio Universitaire, Paris.
- BISSET, R., 1983: Métodos para avaliação de impacto ambiental: uma amostra seletiva com estudo de caso (versão em português do original) "Methods for EIA: A selective survey with case studies", preparado para Curso Avaliação de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro-RJ, maio, 108p.
- BRANNER, J.C. 1902. Geology of northeast Brazil. *Bulletin of the Geological Society of America*, 13: 41-98.
- BREWER, R. *The Science of Ecology*. 2ª ed. Saunders College Publishing, 1994. 773 p., 1-17.
- BROWN, A.C. and MCLACHLAN, A.(1990). *Ecology of sandy shores*. New York: Elsevier Science Publishers B.V. 327 pp.
- BRUUN, P., 1954: Coast erosion and the development of beach profiles. *Tech. Mem. N°44*. Beach erosion Board, U.S. Army Corps of Engs., 108p.
- BRUUN, P., 1962: Sea level rise as a cause of shore erosion. *Proc. ASCE. Waterw.harbors Div.*, 88: 117-130.
- CALLIARI, L.J. 1980. Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado. Instituto de Geociências da UFRGS - Porto Alegre.
- _____. 1969. Contribuição ao estudo do Grupo Barreiras no Rio Grande do Norte. *Arquivos do Instituto de Antropologia da UFRN*, Natal, s/n 14p.
- CAMPOS E SILVA, A. 1966. Considerações sobre o Quaternário do Rio Grande do Norte. *Arquivos do Instituto de Antropologia da UFRN - Natal* -12: 275-301.

- CARVALHO, A. M. , 2001 – Processos, agentes e condicionantes da dinâmica costeira – importância da atividade eólica na elaboração e manutenção do modelado costeiro entre Cumbuco e Matões Ceará. Tese de Doutorado. Salvador. 268p.
- CERC-Coastal Engineering Reserch Center Cerc, 1984: Shore protection manual. Department of Army of USA, Vicksburg, Mississippi, 1984, Vol. 1, second printing.
- CLARK, J.R. 1977. Coastal Ecosystem Manggement. Wiley Interscience Publication.
- CORBISIER, T. N. Benthic macrofauna of sandy intertidal zone at Santos estuarine system, São Paulo, Brazil. Bolm. Inst. Oceanográfico. São Paulo, v. 39, n. 1, p. 1-13. 1991.
- CORBISIER, T. N. & SALIM, J. 1972. Aspectos estruturais da faixa sedimentar costeira da Região de Natal, Rio Grande do Norte. Estudos Sedimentológicos, Natal, 2 (1/2): 133-143.
- COSTA, W.D. 1971. Estudos Hidrogeológicos de Natal, RN - Cia. de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte.
- COUTINHO, P. N. 1969. Sédimentation dans l'estuaire de Potengi - Natal (Nordeste du Brésil). Trabalhos Oceanográficos da UFPE, 9/11: 27-39.
- COUTO, E. C. G. Estrutura espaço-temporal da comunidade macrobêntica da planície intertidal do Saco do Limoeiro - Ilha do Mel (Paraná, Brasil). Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 186 p. 1996.
- _____ & COUTINHO, P.N. 1978. Condições de sedimentação nas Baías de Tubarão e Sarnambi - Ma. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30 Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 2: 867-879.
- CUNHA, E.M.S. 1979. Avaliação preliminar das condições geológico-ambientais da faixa litorânea Natal-Ponta Negra - Rio Grande do Norte. Diário de Natal, (08.11.79), 2: 13-14.
- CUNHA, E. M. S. et all, 1985: A Experiência Atual do Gerenciamento Costeiro no Estado do Rio Grande do Norte. Anais do 3º Congresso Brasileiro de Gerenciameto Costeiro. pp. 55-70.
- Cunha, E. M. S.; Silveira, J. M.; Nogueira, A.M.B.; Vilaça, J.G., 1990: Análise Ambiental do Setor Costeiro Barra de Manxaranguape-Touros - RN. Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, vol.2, p 770-783.
- DAVIS JR, R.A. 1976. Coastal Sedimentary Envirownents. Springer Verlag, New York, 421 p.
- DEAN, R.G.; Berek, E.P.; Gable, C.G. y Seymor, R.J., 1982: Longshore transport determined by an efficient tramp. Proc. 18th Conf. on Coastal Eng., ASCE, 954-967.

- DEAN, R.G., Berek, E.P., Bodge, K.R. and Gable, C.G., 1987: NSTS measurements of total longshore transport. Proc.Coastal Sediments 87, New Orleans, L.A., 652-667.
- DOLAN, R.; Fenester, M.S. y Holme, S.J., 1991: Temporal analysis of shoreline recession
- DITTMANN, S. Effects of macrobenthic burrows on infaunal communities in tropical tidal flats. Mar. Ecol. Prog. Ser., v. 134, p. 119-130. 1996.
- DOMINGUEZ, J. M. L., Bittencourt, A. C. S. P. y Martin, L., 1992: Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. Sedimentary Geology, 80:217-232.
- DOTÉ Sá et al., 2000: Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental do Projeto de Regeneração da Praia de Iracema, em Fortaleza-CE. Prefeitura Municipal de Fortaleza / Secretaria Executiva Regional II, Fortaleza, v.I, v. II e v.III.
- DOTÉ Sá et al., 2000: Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental do Projeto de Regeneração da Praia de Areia Preta - Prefeitura Municipal de Natal. v.I, v.II.
- DOUAREC, P. 1978. L'intrusion salme dans l'estuaire de la Loire. Étude du front de salinité et de ses variations saisonnières. Thèse de 3^e Cycle, Université de Nantes.
- DUANE, D.B. 1964. Significance of Skewness in recent sediments Western Pamlico Sound North Carolina. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, Okla. USA, 34: 864-874.
- FAUCHALD, K., JUMARS, P. A. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., v. 17, p. 193-284. 1979.
- FAUSTO FILHO, J., 1966: Primeira contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do Nordeste brasileiro. Arq. Est. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceará, 6 (1):31-37.
- FAUSTO FILHO, J., 1967: Segunda contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do nordeste brasileiro. Arq. Est. Bio. Mar. Univ. Fed. Ceará, 8 (1): 43-45.
- FAUSTO FILHO, J., 1975: Quinta contribuição ao inventário dos crustáceos decápodos marinhos do nordeste brasileiro. Arq. Ciên. Mar, 15 (2): 79-84.
- FAUSTO FILHO, J., 1978: Crustáceos estomatópodos e decápodos dos substratos de lama do nordeste brasileiro. Arq. Ciên. Mar, 18 (1/2): 63-71.
- FAUSTO FILHO, J., 1979: Crustáceos estomatópodos e decápodos dos substratos de areia do nordeste brasileiro. Arq. Ciên. Mar, 19 (1/2): 45-56.

- FIELD, J. G., CLARKE, K. R., WARWICK, R. M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Mar. Ecol. Prog. Ser., v. 8, p. 37-52. 1982.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos River bar a study in the significance of grain size parameters Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, Okla, USA. 23: 3-26.
- FRANKLIN-JR., W. Macrofauna bentônica da região entre-marés de bancos areno-lamosos em um estuário tropical: rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 84 p. 2000.
- _____, 1974. Study of fine material in suspension in the Estuaire of the Loire and its dynamic grading. Estuarine and Coastal Marine Science. Dorset, 2: 261-272.
- FUNDAÇÃO IBGE. 1980: Sinopse. Censo demográfico.
- FUNDAÇÃO IBGE. 1991: Sinopse. Censo demográfico.
- FUNDAÇÃO IDEC. 1985: Diagnóstico preliminar das condições ambientais da região da Grande Natal. Natal-RN, cap. 5, p.95-105.
- FUNDAÇÃO IDEC/SEPLAM. 1989: Perfil ambiental das dunas no Município de Natal-RN e de outras áreas de relevante interesse especial. Natal-RN.
- FUNDAÇÃO IDEC/SEPLAN. 1992: Grupo demográfico, projeção da população total, urbana e rural. Natal-RN.
- GALLENE, 8. 1974 a. "Les Accumulations Turbides de l'estuaire de la Loire. Etude de la Crene de Vase". These de 3^e Cycle, Université de Nantes.
- HANSEN, D.V. & RATTRAY, JR.M. 1966. New dimension in estuary classification. Limnology and Oceanography, Milwaukee, 11: 319 p.
- HAYASHI, I. Vertical distribution of macrobenthic organisms in various sediments of the shelf area in the Sea of Japan with special reference to polychaetous annelids. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., v. 54, n. 12, p. 2071-2078. 1988.
- HIDROCONSULT - CONSULTORIA, ESTUDOS E PROJETOS S.A. 1978/79. Estudo do Comportamento hidráulico do estuário e litoral adjacente à foz do Rio Potengi, Natal - Estado do Rio Grande do Norte. Relatórios Finais, Vols. I e II.
- HUTCHINGS, P. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. Biodiversity and Conservation, v. 7, p. 1133-1145. 1998.

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO S.A. 1977. Sedimentação atual na foz do Rio Potengi, RN, em área de interesse ao porto. Relatório Final, Vols. I e II.
- JENKINS, O.P. 1913. Geology of the region about Natal, Rio Grande do Norte. Proc. Amer. Philos. Soc., 52: 431-466.
- JUNOY, J., VIÉITEZ, J. M. Macrozoobenthic community structure in the Ría de Foz, an intertidal estuary (Galicia, Northwest Spain). Marine Biology, v. 107, p. 329-339. 1990.
- KEMPF, M. e Outros. 1972. Characterization of surface sediments on northern and Brazilian shelf. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26. Anais, Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 2: 261-265.
- KNOX, G. A. The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities. In: Essays on the Polychaetous Annelids in the Memory of O. Olga Hartman. University South California, 1977. p. 547-604.
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L.L. 1969. Estratigrafia y Sedimentación. México, Uteha, 778 p.
- LEDRU, M. P., 1993. Late Quaternary environment and climatic changes in Central Brazil. ORSTROM. Quaternary Research. Bondy. 39, p. 90-98.
- LIMA, M. S. 1980. Aspectos geomorfológicos do médio Rio Potengi - RN. Tese de Mestrado. Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- LIMA-VERDE, J. S., 1969: Primeira contribuição ao inventário dos equinodermos do nordeste brasileiro. Arq. Ciên. Mar, 9 (1): 9-13.
- LIRA, L. e Outros. 1978. Material em suspensão, temperatura e salinidade no estuário do Rio Maniucaba - Pe. Caderno Omega da UFPE, Recife, 2 (1): 97-116.
- _____, 1979. Aspectos da dinâmica do estuário do Rio Formoso, Pe. Caderno Omega da UFPE, Recife, 3 (1/2): 133-56.
- MABESONE, J.M.e Outros. 1972. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 2 (3): 173-188.
- _____ 1971. Costa do Brasil e Portos Estrangeiros. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Rio de Janeiro, 180 p.

- MAIA, L.P.; Morais, J.O. y Coutinho, P.N., 1994: Coastal and marine geology in the east littoral of Ceara state, northeast Brasil. 14th Int. Cong. Sedimen., Recife.
- MAIA, L P. ; Jimenez, J.A.; Serra, J y Morais, J.O., 1998: The Fortaleza (NE Brazil) waterfront. Port versus coastal management. Journal of Coastal Research.
- MARINHA DO BRASIL. 1966. Cartas de correntes de maré. Porto de Natal. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Rio de Janeiro, 10 p.
- MARTINS, L.R.S. 1966. Contribuição a sedimentologia da Lagoa dos Patos, II. Saco do Unibu, Arraial e Mangueira. Notas e Estudos de Escola de Geologia da UFRGs, Porto Alegre, 1 (1): 27-44.
- MATTEWS, H. R., 1969: Terceira contribuição ao inventário dos moluscos do Nordeste brasileiro. Arq. Ciên. Mar, 14 (1): 27-35.
- MATTEWS, H. R., 1974: Quarta contribuição ao inventário dos moluscos do Nordeste brasileiro. Arq. Ciên. Mar, 14 (1): 47-56.
- MATTEWS, H. R. and Rios, E. C., 1967a: Primeira contribuição ao inventário dos moluscos do Nordeste brasileiro. Arq. Est. Bio. Mar, 18 (1/2): 43-61.
- MATTEWS, H. R. and Rios, E. C., 1967a: Segunda contribuição ao inventário dos moluscos do Nordeste brasileiro. Arq. Est. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceará, 7 (2): 113-121.
- MAURER, D., VARGAS, J. A. Diversity of soft-bottom benthos in a tropical estuary: Gulf of Nicoya, Costa Rica. Marine Biology, v. 81, p. 97-106. 1984.
- MELO, U. e Outros. 1974. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (PETROBRAS S.A.) Rio de Janeiro, 40 p.
- MORAIS, 3.O. 1977. Processos de Sedimentação na Baía de São Marcos, Estado do Maranhão, Brasil. Arquivos de Ciências do Mar da UFCe, Fortaleza 17(2): 153-164.
- MORRISEY, D. J., HOWITT, L., UNDERWOOD, A. J., STARK, J. S. Spatial variation in soft-sediment benthos. Mar. Ecol. Prog. Ser., v. 81, p. 197-204. 1992.
- MOURA, A.C. 1973. A Dinâmica estuarina e sua influência nos processos sedimentológicos. Memórias do Instituto de Investigação Científica de Moçambique, 9 (8): 53-86.
- NOGUEIRA, A.M.B. 1981. O Cenozóico continental da Região de Natal. Tese de Mestrado. Centro de Tecnologia da UFPe, Recife.
- ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. 434 p.

- OLIVEIRA, M.I.M. 1978. Os Recifes de Natal. In: Congresso Brasileiro de Geologia. 30 Anais. Recife, 2: 838-847.
- _____ 1978. Amenagements des estuaires et preservation du milieu naturel. Colloque C.N.R.S. Franco Japonais, Villes et Ports. Développement Fortuaire - Environnement Littoral. 20 p.
- _____ 1979. Consequences des amagements sur le milieu estuarien. Reunion Annuelle - U.O.F. Nantes. 14 p.
- OTTMANN, F. 1968. L' etude des problemes estuariens. Révue le Geographie Phisique et Géologie Dynamique (2), Vol X, fase 4, p 329-353.
- PETTIJOHN, F.J. 1957. Sedimentary Rocks, 2 ed. New York, Harper and Brothers, 1957. 718 p.
- PRITCHARD, D. 1955. Estuarine circulation patterns. Proc. Am. Soc. Civil Eng. 81: 1-11.
- PROJETO CAMARÃO. 1976. Dados fisico-químicos do Rio Potengi. (Fichas Analíticas). Relatório Interno.
- SALIM, J. & COUTINHO. 1974. Aspectos sedimentológicos do estuário do Rio Potengi, Natal, Rio Grande do Norte. Estudos Sedimentológicos, Natal. 3/4: 141-153.
- SCHAFFNER, L. C. Small-scale organism distributions and patterns of species diversity: evidence for positive interactions in an estuarine benthic community. Mar. Ecol. Prog. Ser., v. 61, p. 107-117. 1990.
- SCHUBEL J. R. 1971. Estuarine circulation and sedimentation. Sizer Course Lecture Notes 3 Am. Geol. Inst., Washington.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, 1989: Macrozoneamento Costeiro do Setor II da Costa do Rio Grande do Norte. pp. 227.
- SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt - clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, Okla. 24 (3): 151-158.
- SONDOTECNICA ENGENHARIA DE SOLOS S.A. 1964. Estudo global das bacias dos rios Ceará-Mirim e Potengi. Relatório Preliminar (Inédito), Rio de Janeiro.
- SUGUIO, K. 1973. Introdução a Sedimentologia. São Paulo, Editora. Edgard Blucher. 317 p.
- TABOSA, W.F., 2000. Dinâmica costeira da região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte-RN. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Relatório de Graduação, 76p.

- TINOCO, I. M. 1966. Contribuição a sedirnentologia e microfauna da Baía de Sepetiba (Estado do Rio de Janeiro). 2. Foraminíferos. Trabalhos do Instituto Oceanográfico da UFPe. Recife, 7/8: 123-136.
- TOMMASI, L. R. Observações sobre a fauna bêntica do complexo estuarino-lagunar de Cananéia (SP). Bolm. Inst. Oceanogr., São Paulo, v. 19, p. 43-56. 1970.
- TRINDADE, A., 1982: Plantas fixadoras de dunas - via costeira - Natal (RN). Natal: UFRN, v.2 (UFRN, Coleção Textos Acadêmicos, 277).
- TRINDADE, A. 1991: Estudo florístico e fitossociológico do estrato arbustivo arbóreo de um trecho de floresta arenícola costeira do Parque Estadual das Dunas - Natal (RN). Recife: UFRPE. 177p. Tese de Mestrado.
- UFRN, 1973/74: Estudos sedimentológicos.
- VAN DUSEN, B. W., 1993: Beachcombers. Guide to the north Atlantic seashore. Licoln, MA.: Massachusetts Aububon Society. 1 pp.
- VARELA FREIRE, A. A., 1990: Levantamento preliminar da fauna das dunas costeiras do Natal (RN). Grupo Aquarius de Pesquisa. 36p.
- VARGAS, J. A. The benthic community of an intertidal mud flat in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. Description of the community. Rev. Biol. Trop., v. 35, n. 2, p. 299-316. 1987.
- VELLUM, P.F., y Hoaglin, D.C., 1981: Applications, Basics, and Computing of Exploratory Data Analysis, Duxbury Press, 354:
- VIANELLO, R. L., Alves, A. R. 1991: Meteorologia básica e aplicada. Viçosa, UFV. 1991, 449p.
- VILAÇA, J. G., 1985: Geologia ambiental costeira da região de Extremoz. Relatório de Graduação. UFRN. Dep. Geologia. Natal.
- VITAL, H.; Oliveira, A. M.; Tabosa, W.F. 2001. Caracterização de padrões de formas de fundo da Foz do Rio São Francisco. (in press)
- WOODIN, S. A. Disturbance and community structure in a shallow water sand flat. Ecology, v. 62, n. 4, p. 1052-1066. 1981.
- WOODIN, S. A. Refuges, disturbance, and community structure: a marine soft-bottom example. Ecology, v. 59, n. 2, p. 274-284. 1978.
- ZENKOVITCH, V. P. 1967. Proceeses of Coastal Developement. New York. Oliver and Boyd. 438. p.

12. EQUIPE TÉCNICA

Eugenio Marcos Soares Cunha (Coordenador)

Geólogo - CREA 2189/D – RN

MSc. Geologia Marinha

Doutorando em Ciências do Mar (Univ. de Barcelona, Espanha)

Luís Parente Maia

Geólogo - CREA-CE nº 11.897-D

MSc. em Geologia (UFPE)

Dr. em Ciências do Mar (Univ. de Barcelona, Espanha)

Helena Matthews-Cascon

Bióloga - CFB nº 178/84

MSc. em Zoologia (UFPB), PhD em Zoologia (Univer. of New Hampshire, USA)

Soraya Guimarães Rabay Nogueira

Bióloga - CRB-CE nº 02189/85

MSc. em Engenharia de Pesca – Aquicultura (UFC)

Alexandre Medeiros De Carvalho

Geólogo - CREA-CE 11. 984/D

Doutorando Em Geologia Costeira.

Rute Maria Rodrigues Pinheiro

Bióloga – CRB 11.111-5/RN

Doutoranda em Ciências do Mar (Univ. de Barcelona, Espanha)



Flávio Gutemberg de Oliveira

Engenheiro Civil – CREA 2758 – D/RN

William de Oliveira Barreto

Licenciado em Construção Civil

Leonardo Hislei Uchoa Monteiro

Estagiário

Glauber Nóbrega da Silva

Estagiário

Domingos Fernandes Pimenta Neto

Estagiário

Paulo Eduardo Vieira Cunha

Estagiário

José Aruanã

Técnico de Campo