



**Consultoria e Projetos  
de Engenharia Ltda**

## **ESTUDO AMBIENTAL**

### **DRAGAGEM DO ACESSO AO CANAL DO TOMBA CARAVELAS/BA**



**Relatório Técnico HM RT-007-08**

Cliente: ARACRUZ CELULOSE S.A.



**Caravelas, abril de 2008**



**Consultoria e Projetos  
de Engenharia Ltda**

## **ESTUDO AMBIENTAL**

### **DRAGAGEM DO ACESSO AO CANAL DO TOMBA CARAVELAS/BA**



**Relatório Técnico HM RT-007-08**

**VOLUME 1/10**

**Caravelas, abril de 2008**

## APRESENTAÇÃO

O presente documento contempla o Estudo Ambiental de Dragagem do acesso ao Canal do Tomba. O Canal do Tomba possibilita o acesso marítimo ao Terminal de Navios-Barcaça de propriedade da Aracruz Celulose S.A., situado no estuário do rio Caravelas, em Caravelas/BA.

Fundamentado em termo de referência elaborado pelo IBAMA, este trabalho contou com uma equipe multidisciplinar e observou as diretrizes básicas da Resolução CONAMA 01/86, que estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

Este estudo é composto por 10 capítulos e 25 anexos, agrupados em 10 volumes, conforme especificado a seguir:

### *VOLUME 1*

- Capítulo 1 – Identificação do Empreendedor e Empresa Consultora
- Capítulo 2 – Regulamentação Aplicável sobre o Empreendimento
- Capítulo 3 – Dados do Empreendimento
- Capítulo 4 – Área de Influência do Empreendimento
- Capítulo 5 – Diagnóstico Ambiental (itens 5.1.1 a 5.1.4)

### *VOLUME 2*

- Capítulo 5 – Diagnóstico Ambiental (item 5.1.5)

### *VOLUME 3*

- Capítulo 5 – Diagnóstico Ambiental (item 5.1.6)

*VOLUME 4*

- Capítulo 5 – Diagnóstico Ambiental (item 5.2)

*VOLUME 5*

- Capítulo 5 – Diagnóstico Ambiental (item 5.3)

*VOLUME 6*

- Capítulo 6 – Análise Integrada
- Capítulo 7 – Identificação e Avaliação de Impacto Ambiental
- Capítulo 8 – Medidas Mitigadoras, Compensatórias e Programas de Controle e Monitoramento
- Capítulo 9 – Conclusões
- Capítulo 10 – Bibliografia

*VOLUME 7*

- ANEXOS A a N

*VOLUME 8*

- ANEXOS O a R

*VOLUME 9*

- ANEXO S – 1ª Parte

*VOLUME 10*

- ANEXO S – 2ª Parte e ANEXOS T a Y

Com este documento dá-se subsídio ao próximo licenciamento de operação de dragagem, esperando-se que o mesmo possibilite a emissão de licença válida por um período mais longo, o que está em consonância com a Medida Provisória n° 393, de 19 de setembro de 2007, que instituiu o Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária.

Rodrigo Nogueira de Araújo  
Coordenador do Estudo Ambiental  
HM Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.

Luciano Lisboa Junior  
Gerente de Meio Ambiente e Segurança Florestal  
Aracruz Celulose S.A.

Caravelas, Abril de 2008

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E EMPRESA CONSULTORA</b>	<b>1</b>
1.1	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	1
1.2	IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA	2
1.3	DADOS DA EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR	3
<b>2</b>	<b>REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL SOBRE O EMPREENDIMENTO</b>	<b>7</b>
2.1	DISPOSITIVOS LEGAIS	7
2.2	PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS	17
2.2.1	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	17
2.2.2	Projeto Orla	18
2.2.3	Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias do Extremo Sul da Bahia	18
2.2.4	Plano Diretor do Município de Caravelas	19
2.2.5	Projeto Manguezal	20
2.2.6	Criação da Reserva Extrativista Marinha de Cassurubá (RESEX)	20
2.3	NORMAS TÉCNICAS	22
2.3.1	NORMAN – 11/DPC	22
2.3.2	Norma ABNT 13246	22
2.4	CERTIDÕES E ANUÊNCIAS	23
<b>3</b>	<b>DADOS DO EMPREENDIMENTO</b>	<b>25</b>
3.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	25
3.1.1	Considerações Gerais	25
3.1.2	Histórico da concepção do Terminal Marítimo	28

3.1.3	Histórico da Dragagem	32
3.1.4	Área de Descarte	65
3.1.5	Licenças e autorizações para a dragagem	69
3.1.6	Histórico e Síntese dos Programas de Monitoramento Ambiental	69
3.1.7	Outros empreendimentos próximos à área do Terminal de Caravelas	83
3.2	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO	85
3.2.1	Considerações Gerais	85
3.2.2	Aspectos Técnicos	85
3.2.3	Aspectos Econômicos e Sociais	86
3.2.4	Aspectos Ambientais	86
3.2.5	Aspectos Político-Governamentais	87
3.3	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	88
3.3.1	Localização Geográfica do Empreendimento	88
3.4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO	92
3.4.1	Situação Atual	92
3.5	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS OPERACIONAIS DO EMPREENDIMENTO	94
3.5.1	Descrição dos Navios-Barcaça	94
3.5.2	Descrição da Operação do Terminal de Navios-Barcaça	98
3.5.3	Descrição do Tráfego Marítimo	103
3.5.4	Quantidade de Carga Transportada – Histórico e Atual	104
3.5.5	Detalhamento Qualitativo da Carga Transportada	108
3.6	DRAGAGEM	110
3.6.1	Introdução	110
3.6.2	Estimativa do volume a ser dragado	110
3.6.3	Projeto de Dragagem	117

3.6.4	Tecnologia Proposta para a Obra de Dragagem	130
3.6.5	Alternativas de locais para descarte e disposição do material dragado	144
3.6.6	Previsão de periodicidade da dragagem de manutenção	165
3.6.7	Overflow	166
3.7	INSERÇÃO REGIONAL	174
3.7.1	Inter-relação do empreendimento com programas em andamento e propostos na área de influência	174
3.7.2	Compatibilização do Empreendimento com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	179
3.8	ÓRGÃO FINANCIADOR E VALOR DA ATIVIDADE	180
<b>4</b>	<b>ÁREA DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO</b>	<b>181</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	181
4.2	ÁREA DE INFLUENCIA DIRETA (AID)	182
4.2.1	AID – Meio Sócio-econômico	182
4.2.2	AID – Meio Físico e Biótico	183
4.3	ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)	183
4.3.1	AII – Meio Sócio-econômico	184
4.3.2	AII – Meio Físico e Biótico	184
<b>5</b>	<b>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL</b>	<b>185</b>
5.1	MEIO FÍSICO	185
5.1.1	Metodologia Aplicada	185
5.1.2	Condições Climáticas	187
5.1.3	Geologia e Geomorfologia	223
5.1.4	Recursos Hídricos	250
5.1.5	Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira	314



5.1.6	Assoreamento e Previsão de Dragagem de Manutenção	606
5.2	MEIO BIÓTICO	703
5.2.1	Metodologia aplicada	703
5.2.2	Biota Aquática	710
5.2.3	Espécies bio-indicadoras	1041
5.2.4	Unidades de Conservação	1044
5.3	MEIO SÓCIO-ECONÔMICO	1047
5.3.1	Metodologia Aplicada	1047
5.3.2	Histórico do Município	1049
5.3.2	Histórico do Município	1049
5.3.4	Atividades Produtivas	1102
5.3.5	Lazer e Turismo	1171
5.3.6	Patrimônio Histórico, Cultural e Arqueológico	1184
<b>6</b>	<b>ANÁLISE INTEGRADA</b>	<b>1202</b>
6.1	METODOLOGIA	1202
6.2	DINÂMICAS AMBIENTAIS DO MEIO FÍSICO	1203
6.2.1	Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira	1203
6.2.2	Turbidez e Sedimentação	1210
6.2.3	Suspensão e transporte de contaminantes	1220
6.2.4	Ruídos e poluição do ar	1222
6.3	DINÂMICAS AMBIENTAIS DO MEIO BIÓTICO	1223
6.3.1	Diversidade biológica	1223
6.3.2	Espécies Migratórias	1231
6.3.3	Espécies Exóticas	1231
6.3.4	Exploração Pesqueira	1231

6.3.5	Atividades de Turismo	1233
6.4	DINÂMICAS AMBIENTAIS DO MEIO SÓCIO-ECONÔMICO	1234
6.4.1	Geração de riqueza e renda	1234
6.4.2	Utilização ao aparato social e infra-estrutura turística	1235
6.4.3	Acidentes e preparação para emergências	1236
<b>7</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>1237</b>
7.1	METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	1237
7.2	IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	1239
7.3	FICHAS DE IMPACTO	1240
7.4	SÍNTESE CONCLUSIVA	1308
7.5	MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS	1311
<b>8</b>	<b>MEDIDAS MITIGADORAS, COMPENSATÓRIAS E PROGRAMAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO</b>	<b>1312</b>
8.1	MEDIDAS COMPENSATÓRIAS E MITIGADORAS	1312
8.2	PROGRAMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO	1317
8.2.1	Programas de Controle	1317
8.2.2	Programas de Monitoramento	1326
8.2.3	Quadro comparativo das modificações dos programas de controle e monitoramento em vigor recomendadas por este estudo	1385
<b>9</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>1389</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>1392</b>

# 1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E EMPRESA CONSULTORA

## 1.1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

O empreendimento em questão consiste nas atividades de dragagem do acesso ao Canal do Tomba, canal este que possibilita o acesso marítimo ao Terminal de Navios-Barcaça de propriedade da Aracruz Celulose S.A., situado no estuário do rio Caravelas em Caravelas/BA.

O empreendedor da atividade de dragagem é a Aracruz Celulose S.A., que no presente Estudo Ambiental também será designada pela abreviação ARCEL. A seguir a descrição detalhada dos dados do empreendedor:

- **Nome ou Razão Social:** Aracruz Celulose S.A.
- **Número do CNPJ:** 42.157.511/0001-61
- **Inscrição Estadual:** 080.441.262
- **Endereço Completo:** Rodovia Aracruz x Barra do Riacho, km 25. Caixa Postal: 33.1011, CEP 29197-900, Aracruz/ES
- **Telefone e Fax:** (27) 3270-2888

- **Representantes Legais:**

Nome: Luciano Lisboa Júnior

CPF: 716.256.588-34

Endereço: Rodovia Aracruz x Barra do Riacho, km 25. Caixa Postal: 33.1011, CEP 29197-900, Aracruz/ES

Telefone: (27) 3270-2888/2338

Fax: (27) 3270-2689

E-mail: llj@aracruz.com.br

- **Pessoa de Contato:**

Nome: Gustavo Spegorin

CPF: 699.169.930-68

Endereço: Rodovia Aracruz x Barra do Riacho, km 25. Caixa Postal: 33.1011, CEP 29197-900, Aracruz/ES

Telefone: (27) 3270-2459

Fax: (27) 3270-2419

E-mail: gorin@aracruz.com.br

- **Registro da Empresa no Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 15.175**

## **1.2 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA**

- **Nome ou Razão Social:** HM Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda.

- **Número do CNPJ:** 05.842.587/0001-08

- **Endereço Completo:** Alameda das Grevíleas, 420 – Vinhedo/SP, CEP 13.280-000

- **Telefone e Fax:** (19) 3826-1204 e (19) 3826-3504

- **Representante Legal:**

Nome: Rodrigo Nogueira de Araújo

CPF: 246.479.518-63

Endereço: Avenida Rio Amazonas, 1269 – Vinhedo/SP, CEP 13.280-000

Telefone: (19) 3826-1204 / (19) 9743-7134

Fax: (19) 3826-3504

E-mail: rodrigo@hmengenharia.com

- **Pessoa de Contato:**

Nome: Rodrigo Nogueira de Araújo

CPF: 246.479.518-63

Endereço: Avenida Rio Amazonas, 1269 – Vinhedo/SP, CEP 13.280-000

Telefone: (19) 3826-1204 / (19) 9743-7134

Fax: (19) 3826-3504

E-mail: rodrigo@hmengenharia.com

- **Registro da Empresa no Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 1.929.599**

### **1.3 DADOS DA EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR**

Identificação dos profissionais responsáveis pela elaboração do Estudo Ambiental:

- **Alan Marques Ribeiro**

Área profissional: Oceanografia

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 589.209

- **Albertone Sant'Ana Pereira**

Área profissional: Biologia e Engenharia Ambiental

Número do Cadastro no Conselho Regional de Biologia: 29.446/02

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 573.340

- **Alexandra Elaine Rizzo**

Área profissional: Ecologia e Zoologia Marinha

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 2.363.671

- **Carlos Eduardo Neves Consulim**

Área profissional: Oceanografia

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 1.932.790

- **Celso Garagnani**

Área profissional: Meio Ambiente

Número do Cadastro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo: 060.044.519-2

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 524.964

- **Denis Oliva Pioto**

Área profissional: Engenharia Florestal e Gestão Ambiental

Número do Cadastro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Espírito Santo: ES8459-D

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 899.574

- **Gleyci Aparecida Oliveira Moser**

Área profissional: Oceanografia Biológica

Número do Cadastro no Conselho Regional de Biologia: 003169

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 626762

- **José Antonio Soares**

Área profissional: Engenharia Química e Oceanografia Química

Número do Cadastro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia: 79622

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 989.311

- **José Juan Barrera Alba**

Área profissional: Oceanografia Biológica

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 626.763

- **Mario Manoel Rollo Junior**

Área profissional: Ecologia Marinha - Cetáceos

Número do Cadastro no Conselho Regional de Biologia: 01655-1

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 994.310

- **Paula Maria Gênova de Castro**

Área profissional: Pesca, Ictiofauna, Dinâmica de populações de peixes (marinho e continental), Recursos pesqueiros e Dinâmica da atividade pesqueira artesanal e industrial

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 2.366.375

- **Paulo Ricardo Nucci**

Área profissional: Ecologia e Zoologia Marinha (Invertebrados)

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 2.366.656

- **Paulo Roberto Simões de Simões**

Área profissional: Economia, Gestão Empresarial e Logística

Número do Cadastro no Conselho Regional de Economia do Espírito Santo: 1.198

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 2.367.250

- **Ricardo de Freitas Netto**

Área profissional: Biologia Marinha

Número do Cadastro no Conselho Regional de Biologia: 29.414/02

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 1.654.307

- **Rodrigo Nogueira de Araújo**

Área profissional: Engenharia e Meio Ambiente Costeiro

Número do Cadastro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo: 5.060.845.125/D

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 990.697

- **Saulo Spanó**

Área profissional: Oceanografia

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 634.122

- **Silene Cristina Baptistelli**

Área profissional: Engenharia Civil

Número do Cadastro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo: 682.504.507/D

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 2.362.566

- **Sílvia Maria Sartor**

Área profissional: Oceanografia e Coordenação de Projetos

Número do Cadastro no Conselho Regional de Biologia: 10.406/01-D

Número do Cadastro Técnico Federal (IBAMA): 626.758



## 2 REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL SOBRE O EMPREENDIMENTO

### 2.1 DISPOSITIVOS LEGAIS

As preocupações e iniciativas nacionais voltadas à conservação e à preservação ambiental têm crescido significativamente no país nas últimas décadas, principalmente devido à implantação de inúmeros empreendimentos voltados ao desenvolvimento econômico do país. Promulgaram-se, portanto, diversos instrumentos legais voltados à proteção do meio ambiente, onde estão incluídas as águas jurisdicionais brasileiras. Destacam-se nesse processo Leis, Decretos, Resoluções e Portarias vigentes em âmbito Federal, Estadual e Municipal, que embasam e normatizam os procedimentos de licenciamento ambiental no país.

Neste contexto, o **Artigo 225 da Constituição Federal**, especificamente voltado ao meio ambiente, merece destaque, pois estabelece novos preceitos e competências, responsabilizando não só a União pela fiscalização dos problemas ambientais, mas também os estados, municípios e o próprio cidadão; garante o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e dispõe no parágrafo 1º, itens IV e V, *“a exigência de estudo prévio de impacto ambiental e controle da poluição das atividades que venham a causar riscos à vida, à qualidade da vida e ao meio ambiente”*.

Buscando atender às legislações ambientais aplicáveis ao empreendimento da dragagem do acesso ao Canal do Tomba, podem-se citar os seguintes instrumentos legais.

De acordo com a **Lei nº 4.771/65**, ficou instituído o Novo Código Florestal, que assegura que as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações específicas estabelecidas por esta Lei; como dispositivos legais da referida lei, pode-se citar os Artigos 2º e 3º, que definem as áreas de preservação permanente.

A **Medida Provisória 2.166/67**, de 24 de agosto de 2001, estabelece que somente seja permitida a supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, ou de dunas e mangues em caso de utilidade pública.

A **Resolução CONAMA 303/02** dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente – APP. Ainda, em relação às APP, a **Lei nº 4.771/65** em seu Art. 2º - *“Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: ... f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues...”*. Também, no âmbito Estadual a **Constituição do Estado**

da Bahia em seu **Art. 215** – “São áreas de preservação permanente, como definidas em lei: I - os manguezais;...”.

O **CONAMA 369/06**, que “dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP”, em seu Art. 2º, item III, prescreve que o órgão ambiental competente poderá autorizar a intervenção em APP no caso de baixo impacto ambiental. Segundo a resolução, se forem detectadas quaisquer ínfimos impactos no mangue, serão previstas medidas de caráter mitigador e compensatório a serem adotados.

Cabe ressaltar que a atividade de dragagem não prevê supressão de qualquer forma de vegetação natural existente na região do empreendimento.

A **Lei Federal nº 6.938/81** é caracterizada como marco ambiental, já que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente e institui o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Licenciamento Ambiental no País; define o CONAMA como órgão ambiental responsável pelo estabelecimento de normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

A primeira resolução do CONAMA que incide diretamente sobre o empreendimento de Dragagem é a **Resolução CONAMA 01/86**, que estabelece definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, podendo ser suplementada pelos Estados e municípios. Com base nas definições e responsabilidades exigidas por esta resolução, foram elaborados em 2001 o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) do Terminal de Barcaças para Embarque e Desembarque de Toras de Eucalipto da Aracruz Celulose S.A. em Caravelas/BA. Esse empreendimento foi licenciado de acordo com as diretrizes estabelecidas na **Resolução CONAMA 06/86**, assim como foi realizada Audiência Pública, com a finalidade de expor aos interessados o conteúdo do empreendimento e do seu referido RIMA, atendendo à **Resolução CONAMA 09/87**, que dispõe sobre a realização de Audiências Públicas no processo de licenciamento ambiental.

A **Resolução CONAMA 237/97** revisa os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de acordo com as diretrizes estabelecidas na **Resolução CONAMA 11/94**, que teve o objetivo de efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental. A referida resolução coloca a atividade de dragagem sujeita ao licenciamento ambiental, conforme estabelecido na Política Nacional de Meio Ambiente, sendo classificada no anexo 1 da referida resolução como “serviços de utilidade”.

A **Resolução CONAMA 357/05** vem garantir a defesa dos níveis de qualidade das águas doces, salobras e salinas, avaliadas por parâmetros e indicadores específicos. Dispõe também sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

Foi realizado, durante os períodos de inverno de 2000 e verão de 2001, amostragens de água em quatro pontos diferentes na área do empreendimento, coletadas em períodos de baixa-mar e preamar durante uma maré de sizígia. Verificou-se que os parâmetros analisados classificaram as águas no entorno do empreendimento como águas salinas (águas com salinidade igual ou superior a 30‰) e de Classe 1 (... destinadas à recreação de contato primário, à proteção das comunidades aquáticas, à aquicultura e à atividade de pesca).

De acordo com a **Resolução CONAMA 274/2000**, que define critérios para a classificação das águas destinadas à recreação de contato primário, a água foi classificada como “própria”. No que se refere à balneabilidade, foi considerada como “muito boa” (“quando 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros”). Segundo os critérios estabelecidos por esta Resolução, as praias são classificadas em quatro categorias diferenciadas, quais sejam: Excelente, Muito boa, Satisfatória e Imprópria, de acordo com as densidades de Coliformes Termotolerantes ou *E. Coli* resultantes de análise feitas em cinco amostragens consecutivas. As categorias *Excelente*, *Muito Boa* e *Satisfatória* podem ser agrupadas numa única classificação denominada *Própria*.

O empreendimento de dragagem está localizado a cerca de 70 km do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos (PARNAM). Apesar da considerável distância, a administração do PARNAM mostrou-se preocupada com as atividades de dragagem do acesso ao Canal do Tomba e solicitou, em outubro de 2001, que fosse firmado um compromisso com a administração do Parque para que este pudesse acompanhar as atividades de dragagem e descarte de sedimentos; desta forma, estabeleceu-se uma auditoria ambiental, procedimento caracterizado na Licença Prévia (LP) nº 106/2001.

Na posterior Licença de Operação nº 171/2001 (Retificação) a solicitação anterior torna-se uma condicionante para a continuidade das dragagens e operações de descarte; desde então, tal exigência tem sido cumprida, conforme a **Resolução CONAMA 306/02**. Esta Resolução estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditoria ambiental, permitindo avaliar o grau de implementação e eficiência dos planos e programas no controle da poluição ambiental, além de motivar a melhoria contínua do sistema de gestão.

As auditorias ambientais permitem determinar se o empreendimento auditado atende aos critérios estabelecidos na resolução, na legislação vigente e no licenciamento ambiental. É importante salientar que o empreendedor, buscando uma constante melhoria nos resultados obtidos nos diversos monitoramentos, contratou nas últimas duas campanhas de dragagem auditoria ambiental independente, realizada pela FUSP – Fundação Universidade de São Paulo.

Anteriormente à **Resolução CONAMA 344/04**, foi publicada pela Autoridade Marítima do Brasil, a **NORMAN - 11/DPC**, que entrou em vigor em dezembro de 2003 estabelecendo, entre outros objetivos, “normas e procedimentos para padronizar a autorização para as atividades de dragagem e de emissão de parecer atinente a aterros, em águas jurisdicionais brasileiras” (Marinha do Brasil - Diretoria de Portos e Costas, 2003, p.1-2). Cabe ressaltar, que, de acordo com a **Portaria nº 156/MB**, o Comandante da Marinha delegou competência ao Diretor de Portos e Costas para que este, observando a legislação pertinente, aprovasse as Normas da Autoridade Marítima relativas à execução de dragagens nas águas sobre jurisdição nacional, no que concerne ao ordenamento do espaço aquaviário e à segurança da navegação (Sobrinho, 2007).

No segundo semestre de 2004 entrou em vigor a **Resolução CONAMA 344/04**; a partir deste período, o Brasil passou a ter normas da Autoridade Marítima e do Conselho Nacional de Meio Ambiente, amparado pela **Lei 6.938/81**, para a realização de dragagens. No Artigo 7º da referida Resolução “*o material a ser dragado poderá ser disposto em águas jurisdicionais brasileiras, de acordo com os seguintes critérios a serem observados no processo de licenciamento ambiental*”.

*I - não necessitará de estudos complementares para sua caracterização:*

*a) material composto por areia grossa, cascalho ou seixo em fração igual ou superior a 50%, ou;*

*b) material cuja concentração de poluentes for menor ou igual ao nível 1, ou;*

*c) material cuja concentração de metais, exceto mercúrio, cádmio, chumbo ou arsênio, estiver entre os níveis 1 e 2, ou;*

*d) material cuja concentração de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos-PAHs do Grupo B estiver entre os níveis 1 e 2 e a somatória das concentrações de todos os PAHs estiver abaixo do valor correspondente à soma de PAHs.*

*II - o material cuja concentração de qualquer dos poluentes exceda o nível 2 somente poderá ser disposto mediante prévia comprovação técnico-científica e monitoramento do processo e da área de disposição, de modo que a biota desta área não sofra efeitos*

*adversos superiores àqueles esperados para o nível 1, não sendo aceitas técnicas que considerem, como princípio de disposição, a diluição ou a difusão dos sedimentos do material dragado.*

*III - o material cuja concentração de mercúrio, cádmio, chumbo ou arsênio, ou de PAHs do Grupo A estiver entre os níveis 1 e 2, ou se a somatória das concentrações de todos os PAHs estiver acima do valor correspondente à soma de PAHs, deverá ser submetido a ensaios ecotoxicológicos, entre outros testes que venham a ser exigidos pelo órgão ambiental competente ou propostos pelo empreendedor, de modo a enquadrá-lo nos critérios previstos nos incisos I e II deste artigo.”*

Em novembro de 2003 foram realizadas 17 amostragens de sedimento no litoral de Caravelas/BA, incluindo o canal dragado, para a execução de análise de metais pesados. Na referida data, a resolução **CONAMA 344/04** ainda estava sendo elaborada. Os resultados foram comparados com os SQGs (*Sediment Quality Guidelines*) dos EUA e Canadá e com as diretrizes gerais para a classificação do material dragado estabelecidas na **Resolução CONAMA 344/04** (versão preliminar de 26 de agosto de 2003), concluindo-se que todos os valores encontrados estavam abaixo do nível 2.

A comparação dos valores desta análise com os valores apresentados na **Resolução CONAMA 344/04** mantém a classificação obtida anteriormente, isto é, sempre inferior aos níveis 1 ou 2. Tendo em vista os resultados favoráveis das análises de metais pesados e da existência de um monitoramento contínuo, que não verificou a existência de danos à biota advindos de poluentes presentes no material disposto e de acordo com o art. 13º, a caracterização ecotoxicológica prevista no inciso III do art. 7º da resolução supramencionada não é necessária.

Conforme campanhas de amostragem do material dragado, o sedimento presente na área de dragagem do Canal do Tomba pode ser classificado entre as frações de silte e areia média, segundo a classificação granulométrica dos sedimentos constantes na tabela II do Anexo da **Resolução CONAMA 344/04**.

São definidos pela **Resolução CONAMA 344/04** os critérios de qualidade, fundamentados na comparação dos resultados da caracterização do material a ser dragado, a fim de orientar o gerenciamento da disposição do material dragado no procedimento de licenciamento ambiental. No caso do material dragado ser disposto em terra, este deve ser comparado aos valores orientados estabelecidos para solos pela norma da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, “Estabelecimentos de Valores Orientados para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo”, até que sejam estabelecidos os valores orientadores nacionais pelo CONAMA.

A área onde ocorre a dragagem é classificada pelo **CONAMA 344/04** em seu Artigo 2º, como *“águas marítimas, abrangidas por uma faixa de doze milhas marítimas de largura, medidas a partir da linha de base reta e da linha de baixa-mar, tal como indicada nas cartas náuticas de grande escala, que constituem o mar territorial”*.

Considerando que a atividade de dragagem se sujeita ao licenciamento ambiental, conforme os termos das **Resoluções CONAMA 237/97** e **01/86**, a **Resolução CONAMA 344/04** veio estabelecer os parâmetros a serem considerados no estudo ambiental e no monitoramento da atividade. Assim, o seu art. 1º estabelece: *“as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para avaliação do material a ser dragado, visando ao gerenciamento de sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras”*. Os anexos da resolução apresentam tabelas que definem o número de estações de coleta a serem estabelecidas, a classificação granulométrica dos sedimentos e os níveis de classificação do material a ser dragado (Sobrinho, 2007).

No entanto, *“o número de amostras poderá variar em função das características ambientais da área a ser dragada; esse número será determinado pelo órgão ambiental competente licenciador”*. Também, de acordo com o Anexo desta Resolução, *“a caracterização química deve determinar as concentrações de poluentes no sedimento, na fração total, sendo que seu detalhamento dar-se-á de acordo com as fontes de poluição preexistentes na área do empreendimento e será determinado pelo órgão ambiental competente, na Tabela III, da Resolução. A substância não listada na referida tabela, quando necessária a sua investigação, terá seus valores orientadores previamente estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Existindo dados sobre valores basais (valores naturais reconhecidos pelo órgão ambiental competente) de uma determinada região, estes deverão prevalecer sobre os valores da Tabela III sempre que se apresentarem mais elevados”*.

Essa resolução foi elaborada como resultado dos trabalhos conduzidos, no período de setembro/2003 a julho/2004, no âmbito de um grupo de trabalho (GT) instituído na Câmara Técnica de Atividades Minerárias, Energéticas e de Infra-Estrutura do CONAMA, em função da necessidade do Estado brasileiro regulamentar a atividade de dragagem com vistas à ratificação do Protocolo 96 da *“Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e Outras Matérias” – London Convention, 1972* (A Convenção LC-72 foi internalizada no Brasil por meio do **Decreto nº 87.566**, de 16 de setembro de 1982) (Sobrinho, 2007).

Atualmente existem questionamentos em relação ao rigor dos níveis de classificação do material a ser dragado, visto que estes são baseados em valores canadenses, não correspondendo diretamente às características regionais do Brasil; logo, parâmetros locais deveriam ser estabelecidos pelos órgãos ambientais a nível federal ou estadual. Há necessidade, portanto, de que o CONAMA institua um Grupo de Trabalho na Câmara Técnica específica, para que se proceda a uma revisão da mencionada Resolução.

Conforme Art. 9 da Resolução em questão, esta “... será revisada em até cinco anos, contados a partir da data de publicação desta Resolução, objetivando o estabelecimento de valores orientadores nacionais para a classificação do material a ser dragado”.

O empreendimento utiliza dragas autotransportadoras do tipo “Hopper”; como a **Lei nº 9.966/2000** (Lei de Poluição das Águas) aplica-se, de acordo com o Art 1º, Parágrafo Único: “às embarcações, portos organizados, instalações portuárias, dutos, plataformas, instalações portuárias especializadas em outras cargas que não óleo e substâncias nocivas ou perigosas e aos estaleiros, marinas, clubes náuticos e outros locais e instalações similares”, logo têm influência direta sobre o empreendimento de dragagem, estando este sujeito aos princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo em portos, plataformas e navios.

A **Lei 9.966/2000** dispõe sobre a prevenção, controle e fiscalização da poluição por óleo e substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. Por ser mais recente e específica, ela prevalece em detrimento da **Lei nº 9.605** de 12 de fevereiro de 1998, no que se refere às sanções administrativas para os incidentes de poluição hídrica provenientes de instalações como as citadas anteriormente; a referida Lei foi regulamentada, quanto às sanções administrativas, pelo **decreto nº 4.136** de 2002.

O Comandante da Marinha, conforme disposto no Art. 2º da **Lei 9.966/2000**, inciso XXII, é definido como responsável pela salvaguarda da vida humana e segurança da navegação no mar aberto e hidrovias interiores, bem como pela prevenção da poluição ambiental causada por navios, plataformas e suas instalações de apoio.

Com relação às atividades de abastecimento das dragas com insumos (óleo combustível, água, alimentos, dentre outros), estas são realizadas exclusivamente no porto do município de Caravelas/BA, sendo que em nenhum momento da obra de dragagem é utilizado o Terminal de Navios-Barcaça da Aracruz Celulose S.A. – ARCEL. Desta forma, a **Resolução CONAMA 05/93**, que define normas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, e a **Resolução CONAMA 09/93**, que dispõe sobre o uso, gerenciamento e reciclagem de óleo lubrificante, incidem na atividade de dragagem relativamente ao porto municipal da cidade de Caravelas. Assim, a ARCEL exige da empresa contratada para os serviços de dragagem um Plano de Controle de Emergências (PCE), para prevenir e combater os possíveis incidentes causados por incêndio ou explosão envolvendo produtos combustíveis e inflamáveis, socorro a acidentados, queda de pessoas ao mar, derrames de vazamento de óleo diesel, óleo combustível, águas oleosas (lastros sujos) e condições adversas de tempo que afetam a segurança das operações portuárias. O PCE estabelece também um procedimento eficaz no caso de ocorrência de uma situação de emergência, reduzindo ao mínimo o perigo potencial de lesões, mortes, danos à propriedade, ao meio ambiente e a toda coletividade; desta forma o empreendimento atende

às especificações constantes na **Resolução CONAMA 293/01**, que estabelece as diretrizes para Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo originado em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos e plataformas.

No que se refere à operação de dragagem, cabe salientar que esta não envolve transporte de passageiros, movimentação ou armazenagem de mercadorias destinados ou provenientes de transporte aquaviário. Logo, não incidem diretamente sobre a atividade os principais aspectos da **Lei nº 8.630** de 25 de fevereiro de 1993 (Lei dos Portos), que dispõe sobre o regime jurídico de exploração dos portos organizados e das instalações portuárias.

A **Resolução nº 099 da ANTAQ** (Agência Nacional de Transportes Aquaviários), de 14 de julho de 2003, autoriza a Aracruz Celulose S.A. a explorar seu *Terminal Portuário de Uso Privativo Misto* para movimentação e armazenagem de cargas próprias e de terceiros, especificamente madeira, em especial eucalipto em toras, madeira em cavaco, madeira serrada, sulfato de sódio, contêineres, sal e celulose, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, na forma e condições fixadas no Termo de Autorização.

A Zona Costeira abriga um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental, cuja diversidade é marcada pela transição de ambientes terrestres e marinhos, com interações que lhe conferem um caráter de fragilidade e que requerem, por isso, atenção especial do poder público, conforme demonstra sua inserção na constituição brasileira como área de patrimônio nacional. A **Lei nº 7.661**, de 16 de maio de 1988, institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, cujos detalhamentos e operacionalização foram objeto da **Resolução 01/90** da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21/11/90, aprovada após audiência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Passados sete anos, em 3 de dezembro de 1997, a CIRM aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II) através da Resolução CIRM nº 5.

Posteriormente, o **Decreto nº 5.300**, de 07 de dezembro de 2004, que regulamenta a Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988, a qual instituiu o PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelecem critérios de gestão ambiental da orla marítima, estabelecendo bases para a formulação de políticas, planos e programas federais, estaduais e municipais.

O PNGC tem como finalidade primordial, o estabelecimento de normas gerais visando à gestão ambiental da Zona Costeira do País; dá prioridade à conservação e proteção de bens tais como: recursos naturais renováveis e não renováveis; recifes, parciais e bancos de algas; ilhas costeiras e oceânicas; sistemas fluviais, estuarinos e lagunares, baías e enseadas; praias; promontórios, costões e grutas marinhas; restingas e dunas; florestas litorâneas, manguezais e pradarias submersas.



Dentro deste PNGC existem alguns instrumentos legais que se aplicam à gestão da zona costeira e podem ser desenvolvidos de maneira integrada e participativa, como: Plano de Ação Federal da Zona Costeira – PAF, Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC, Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro – PMGC, Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro – SIGERCO, Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA, Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira - RQA-ZC, Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC e Plano de Gestão da Zona Costeira – PGZC.

O Estado da Bahia ainda não dispõe de um Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC, conforme informado pela Sra. Fátima Vinha do GERCO/BA em 29/08/2007. Assim, o empreendimento fica neste caso vinculado ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, conforme o Art. 15º, Parágrafo único, do **Decreto 5.300/2004**, que estabelece que “os Estados que não dispuserem do ZEEC se orientarão por meio de outros instrumentos de ordenamento territorial, como zoneamentos regionais ou agrícolas, zoneamentos de unidades de conservação e diagnósticos sócio-ambientais, que permitam avaliar as condições naturais e socioeconômicas relacionadas à implantação de novos empreendimentos”.

O empreendimento de dragagem do Canal do Tomba encontra-se distante cerca de 70 km do PARNAM, localizado no município de Caravelas, em águas costeiras da plataforma continental, estando fora da zona de atuação direta do PARNAM, até a data de 16 de maio de 2006, quando foi instituído pelo mesmo, através da **Portaria nº 39**, uma Zona de Amortecimento que ampliou seus limites bem como estabeleceu normas específicas de uso e ocupação.

A Portaria acima citada, entretanto, foi recentemente revogada, suspendendo-se seus efeitos e mantendo-se o limite determinado para a zona de amortecimento conforme a **Resolução 13/90** do CONAMA, que estabelece um raio de 10 km no entorno de espaços especialmente protegidos (*Art.2º: Nas áreas circundantes das Unidades de Conservação, em um raio de dez quilômetros, qualquer atividade que possa afetar a biota, deverá ser obrigatoriamente licenciada pelo órgão ambiental competente*). A referida Resolução dispõe sobre normas referentes às atividades desenvolvidas no entorno das Unidades de Conservação e foi criada devido à necessidade emergencial de proteger os ecossistemas de todas as Unidades de Conservação e Parques Nacionais.

O Parque Nacional Marinho dos Abrolhos – PARNAM, de acordo com os Art. 2º e 3º, referente ao seu decreto de criação (nº 88.218/1983) “... compreende todas as águas, ilhas, recifes e a plataforma continental dentro de seus limites”, “... divididos em duas áreas distintas, ambas localizadas entre as coordenadas geográficas de 17º23’ e 18º10’ de

*Latitude Sul e 38°33' e 39°06' de Longitude Oeste, com área aproximada de 266 milhas náuticas quadradas."*

A **Lei nº 9.985/2000** instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, que estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação e é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais, municipais e regulamentada pelo **Decreto Federal nº 4.340**, de 22 de agosto de 2002, o qual dispõe sobre o SNUC.

Dentre as leis municipais de Caravelas podemos citar a **Lei nº 100/98** e a **Lei Orgânica de 1990**. A **Lei nº 100/98** institui o Código Municipal do Meio Ambiente e segundo o Art. 1º *“estabelece as bases normativas para a política do Meio Ambiente, para a administração da qualidade ambiental, proteção, e desenvolvimento do Meio Ambiente e uso adequado dos recursos naturais do Município de Caravelas”*.

Na **Lei Orgânica do Município de Caravelas (1990)**, destaca-se na Seção VI – Da Política do Meio Ambiente, o Art. 209 que cabe ao *município “... atuar mediante planejamento, controle e fiscalização das atividades, públicas ou privadas, causadoras efetivas ou potenciais de alterações significativas no meio ambiente”*.

Recentemente, a **Medida Provisória nº 393**, de 19 de setembro de 2007 instituiu o Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária, a ser implantado pela Secretaria Especial de Portos da Presidência da República e pelo Ministério dos Transportes, por intermédio do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes - DNIT, nas respectivas áreas de atuação. O Programa deverá abranger as obras e serviços de engenharia de dragagem, com vistas à manutenção da profundidade dos portos em operação ou a sua ampliação, bem como as ações de licenciamento ambiental e as relativas ao cumprimento das exigências ambientais decorrentes.

A medida provisória estabelece a dragagem por resultado, que consiste na contratação de obras de engenharia destinadas ao aprofundamento, alargamento ou expansão de áreas portuárias e de hidrovias, inclusive canais de navegação, bacias de evolução e de fundeio, e berços de atracação, com o objetivo de manter, as condições de profundidade estabelecidas no projeto implantado.

Ainda, para a dragagem de que trata esta Medida Provisória poderão ser contratadas empresas nacionais ou estrangeiras, por meio de licitação internacional. Hoje, apenas três empresas nacionais prestam esse serviço. As restrições da Lei de Cabotagem a embarcações de bandeira estrangeira no litoral do país impediam a contratação de empresas no exterior para a dragagem dos portos públicos, mas a medida provisória, agora abre essa possibilidade.

A duração dos contratos de dragagem por resultado será de até cinco anos, prorrogável por mais cinco. Outra novidade é que cada porto terá uma unidade própria de gestão ambiental. Ela ficará encarregada de realizar estudos para o licenciamento de obras e serviços, agindo de forma preventiva, além de monitorar o cumprimento de condicionantes impostas pelo licenciamento.

Através desta medida, espera-se uma melhoria substancial da produtividade e segurança dos portos administrados pelo poder público. A instituição da dragagem por resultado, com obrigatória prestação de garantia pelo contratado, deverá evitar a ocorrência de obras inacabadas e fora de prazo, e a liberação da execução de dragagem por empresas internacionais deverá aumentar a competitividade do setor.

Enfim, relativamente à legislação aplicável, o empreendimento de dragagem do acesso ao Canal do Tomba vem cumprindo com todas as exigências solicitadas pelos órgãos ambientais competentes em âmbito federal, estadual e municipal, além de estar contribuindo com alguns dos objetivos do PNGC, pois mantém sofisticados instrumentos oceanográficos na região, gerando dados de relevante interesse para o controle e gestão da zona costeira, os quais podem ser utilizados para contribuir com planos e programas que visem à melhoria da qualidade de vida da população. Os monitoramentos realizados pelo empreendimento permitem a investigação da hidrodinâmica e dos processos litorâneos atuantes considerando a atividade de dragagem.

## **2.2 PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS**

### **2.2.1 Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, que define normas gerais visando a gestão ambiental da zona costeira do País, norteia políticas públicas no Estado da Bahia, cujo foco de atuação é a definição de uma estratégia de gestão, articulando instrumentos de suporte normativos para a implantação de um plano de ação, associado aos mecanismos de monitoramento, tendo como objetivos principais os setores de desenvolvimento urbano, turismo e unidades de conservação (Gerco-BA, 2007).

Assim, o Estado da Bahia apresenta um programa do governo federal de Gerenciamento Costeiro (GERCO) que tem como objetivo preservar os ecossistemas costeiros, evitando assim a degradação dos recursos naturais; além disso, compatibiliza as atividades socioeconômicas e turísticas, a expansão urbana, o acesso e uso das praias a toda a população permanente e visitante e disponibiliza um sistema de informações georreferenciadas, que se encontra subdividido em três setores: Litoral Norte, Salvador (Baía de Todos os Santos) e Litoral Sul.

Atualmente os esforços do GERCO na Bahia têm se concentrado no Litoral Norte, cujos estudos do Zoneamento Ecológico Econômico já foram aprovados, enquanto que para as regiões de Salvador (Baía de Todos os Santos) e Litoral Sul, tais estudos ainda estão em fase de aprovação. Conseqüentemente no local de atuação do empreendimento (Litoral Sul) ainda não foram definidas as diretrizes para o Plano de Gerenciamento Costeiro.

### **2.2.2 Projeto Orla**

O Projeto Orla objetiva a compatibilização das políticas ambiental e patrimonial do governo federal no trato dos espaços litorâneos sob propriedade ou guarda da União, buscando, inicialmente, dar uma nova abordagem ao uso e gestão dos terrenos e acrescidos de marinha, como forma de consolidar uma orientação cooperativa e harmônica entre as ações e políticas praticadas na orla marítima.

O referido projeto é uma iniciativa do governo federal, supervisionado pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO) e da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), tendo como coordenadores a Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do Ministério do Meio Ambiente (SQA/MMA) e a Secretaria do Patrimônio da União do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SPU/MP).

O município de Caravelas foi classificado como prioritário para a capacitação do Projeto Orla. Os principais critérios para essa avaliação foram: as informações apresentadas pelo IBGE no Perfil dos Municípios Brasileiros (Meio Ambiente, 2002), informações apresentadas na ficha de adesão, compatibilidade da equipe técnica com o escopo das ações do projeto, base de informações ambientais e socioeconômicas e estrutura institucional do município para abrigar as atividades do projeto.

Este projeto introduz uma ação sistemática de planejamento da ação local, visando repassar atribuições da gestão deste espaço, atualmente alocadas no governo federal, para a esfera do município, incorporando "*normas ambientais na política de regulamentação dos usos dos terrenos e acrescidos de marinha, buscando aumentar a dinâmica de mobilização social neste processo*". Trata-se, portanto, de uma estratégia de descentralização de políticas públicas, enfocando um espaço de alta peculiaridade natural e jurídica: a Orla Marítima. Ainda não há previsão de implantação do referido projeto na região de Caravelas (Projeto Orla, 2002).

### **2.2.3 Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias do Extremo Sul da Bahia**

Esse Plano tem como objetivo o conhecimento do amplo sistema regional das bacias hidrográficas do extremo sul da Bahia, através da implementação de ações que permitam,

de forma sistêmica e uniforme, subsidiar a tomada de decisões voltadas para o desenvolvimento da região, baseadas no uso racional dos recursos hídricos. O referido Plano abrange a área desde o município de Belmonte até a divisa com o Estado do Espírito Santo.

No âmbito do Plano Diretor de Recursos Hídricos destaca-se o Plano Setorial de Turismo e Lazer, que objetiva incentivar ações direcionadas ao turismo ecológico, principalmente nas áreas que apresentam características naturais, e o Plano Setorial de Conservação Ambiental, que têm os seguintes objetivos:

- Compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico da área com a preservação do meio ambiente;
- O aproveitamento racional dos recursos ambientais;
- O controle da poluição ambiental;
- A recuperação das áreas degradadas;
- A conservação da biodiversidade ecológica e o equilíbrio natural.

#### **2.2.4 Plano Diretor do Município de Caravelas**

O Plano Diretor compreende uma ferramenta básica do município para controle e desenvolvimento urbano visando uma melhoria da qualidade de vida da população e um crescimento ordenado; este reúne instrumentos de bases urbanísticas tributárias e jurídicas que tendem a estabelecer uma política urbana a nível municipal promovendo o desenvolvimento social e urbano.

O Estado da Bahia, buscando atender às demandas de desenvolvimento econômico, social e ambiental, criou o Programa de Desenvolvimento Urbano, com apoio do Banco Mundial. Esse Programa tem como objetivo propiciar condições para que os municípios e o próprio Estado melhorem a qualidade de vida da população através do fortalecimento da capacidade administrativa das prefeituras, propiciando assim o engajamento da sociedade na defesa de sua cidade e otimização dos recursos investidos em obras de infra-estrutura urbana.

O Plano Diretor de Caravelas, desenvolvido no ano de 2004, contempla informações sobre a participação da comunidade do município, incluindo os cenários geo-ambiental, histórico cultural, turístico e econômico, bem como estudos urbanísticos. Esses dados têm como propósito auxiliar na capacitação da prefeitura do município, melhorando o desenvolvimento e conseqüentemente a qualidade de vida da população.

O Plano Diretor de Caravelas não apresenta diretrizes específicas relativamente à expansão ou ao desenvolvimento de atividades portuárias.

### **2.2.5 Projeto Manguezal**

O Projeto Integrado de Manejo e Monitoramento para Uso Sustentável pela População Ribeirinha no Manguezal de Caravelas – Projeto Manguezal – teve início em outubro de 2002, contando com a parceria do IBAMA (através do CEPENE - Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste), da Prefeitura Municipal de Caravelas, da ARCEL e do Instituto de Apoio e Preservação Ambiental (IAPA). O Projeto conta também com o apoio do PARNAM e do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA. Maiores detalhes sobre este projeto são apresentados no item 3.7.

### **2.2.6 Criação da Reserva Extrativista Marinha de Cassurubá (RESEX)**

Reservas Extrativistas são Unidades de Conservação de Uso Sustentável, que se caracterizam por *“compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais”* (Sistema Nacional de Unidades de Conservação – Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, Capítulo III, Art. 7º, 2º parágrafo); têm, portanto como principal objetivo a conciliação entre a exploração dos recursos naturais renováveis e o bem-estar socioeconômico das comunidades locais, assegurando o patrimônio sócio ambiental da região.

A criação de uma RESEX ocorre em áreas onde existem ecossistemas de grande valor ambiental e considerável fragilidade, geralmente exploradas por populações locais que utilizam tecnologias tradicionais. As práticas utilizadas pelas populações locais são definidas em planos de manejo de uso múltiplo, desenvolvidos de maneira integrada e participativa pelas comunidades costeiras e validadas pelo Ministério do Meio Ambiente.

O processo de criação da RESEX Cassurubá, iniciado em 2005, teve três consultas públicas realizadas, sendo que na última, em maio de 2007, as autoridades ambientais presentes garantiram para breve a sua criação. A terceira consulta pública finalizou esta etapa do processo e disponibilizou os estudos técnicos realizados à população e às organizações sociais presentes, conforme preceitos legais.

A área proposta para a criação desta RESEX contempla uma área de 47.000 hectares, em um território caracterizado por mangues, restingas, estuários e ambientes marinhos, localizados em um conjunto de ilhas, conhecidas como Cassurubá, Caribê, Gambôa, Barra Velha e áreas costeiras utilizadas pelas populações extrativistas locais (veja Figura 2.2-1).



**Figura 2.2-1 – Delimitação proposta para a Reserva Extrativista do Cassurubá, NEMA (2006)**

Os estudos técnicos realizados para viabilizar a criação da referida RESEX são:

- “Levantamento socioeconômico e cultural da área proposta para criação da Unidade de Conservação de Uso Sustentável do Cassurubá e de seu entorno”;
- “Estudo Técnico Fundiário dos Imóveis que compõe a área proposta para criação da Reserva Marinha Extrativista de Cassurubá”;
- “Laudo Biológico do Sistema Caravelas – Nova Viçosa com vistas à criação da Reserva Extrativista do Cassurubá”.

## **2.3 NORMAS TÉCNICAS**

### **2.3.1 NORMAN – 11/DPC**

A Norma da Autoridade Marítima nº11 regulamenta, no capítulo II, através de normas e procedimentos, a autorização das atividades de dragagem em águas jurisdicionais brasileiras, com base nas competências legais da autoridade marítima. A Norma prevê que a autorização para a atividade de dragagem de implantação e manutenção, dentre outras, é concedida pelo Capitão dos Portos da área da jurisdição, após a obtenção do respectivo licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental competente. São apresentados na norma os procedimentos relativos à autorização da atividade de dragagem, assim como as providências durante e após a dragagem.

Os aspectos de especial interesse, para efeito de autorização da dragagem, correspondem às informações sobre a localização das áreas previstas para disposição sobre o material dragado e sobre as profundidades estimadas para essas áreas de disposição, no que concerne ao ordenamento do espaço aquaviário e à segurança da navegação.

### **2.3.2 Norma ABNT 13246**

A Norma ABNT 13246 de fevereiro de 1995 estabelece que o projeto de canais de acesso deve observar critérios de dimensionamento mínimos recomendados. Nesta recomendação estão incluídos:

- Intensidade do tráfego;
- Características e condições de uso conforme variação da maré e da utilização da zona limítrofe;
- Medidas de segurança recomendadas para as embarcações e manobras, assim como a largura, comprimento e profundidade mínimos para um canal;
- Localização e natureza das margens ou limites e das obras de acostagem;
- Dimensionamento da Bacia de Evolução, considerando, dentre outros fatores, a sua localização em relação às obras de acostagem do porto e a demarcação do sistema de auxílio e orientação à navegação.

O dimensionamento do acesso ao Canal do Tomba atende os critérios da Norma ABNT 13246. Somente em 2008, o gabarito geométrico de projeto pôde ser atingido, devido à concessão de maior prazo para a última dragagem realizada no 1º trimestre de 2008.



## 2.4 CERTIDÕES E ANUÊNCIAS

- Apoio aos investimentos realizados no Município de Caravelas/BA (19 de janeiro de 2000) – Prefeitura de Caravelas/BA;

Apoio da Prefeitura de Caravelas, através de ofício assinado pelo prefeito do município, aos investimentos da ARCEL no extremo sul da Bahia, que beneficiam diretamente o Município de Caravelas através da construção do terminal de barcaças e aquisição de novas áreas para plantio, gerando empregos, renda e impostos. Indica também não haver impedimentos na Legislação do município para a realização do empreendimento. Ver Anexo A.

- Parecer favorável à construção do Terminal de Caravelas (19 de janeiro de 2001) – Marinha do Brasil;

Parecer favorável à construção de um terminal para embarque e desembarque de eucalipto, na vila de Ponta da Areia, margem esquerda do rio Caravelas, município de Caravelas/BA, assinado pelo Capitão dos Portos da Marinha do Brasil. Ver Anexo B.

- Autorização para dragagem – Marinha do Brasil;

Em cumprimento ao item 0205, Capítulo 2 da NORMAN-11/DPC, a ARCEL obteve em 22 de novembro de 2001 parecer favorável da Marinha do Brasil, no que se refere à segurança da navegação e ao “*ordenamento do espaço aquaviário*”. A referida autorização permite a realização da atividade de dragagem para aprofundamento do canal que dá acesso à Barra do Tomba, localizado no Município de Caravelas/BA. Recentemente, em 02 de agosto de 2007, a ARCEL obteve junto à Marinha do Brasil a renovação da autorização de dragagem. As autorizações supracitadas são apresentadas no Anexo C.

- Licenças para dragagem – IBAMA;

Conforme disposto na Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e a Portaria nº 1.471, de 14 de setembro de 2001, o IBAMA resolve expedir as seguintes licenças, apresentadas na Tabela 2.4-1. As licenças de operação na íntegra são apresentadas no Anexo D.

**Tabela 2.4-1 – Histórico das licenças concedidas para a realização da  
Dragagem de Acesso ao Canal do Tomba**

<b>Descrição</b>	<b>Nº da Licença</b>	<b>Volume Licenciado (m³)</b>	<b>Data de Emissão</b>	<b>Período de Validade</b>	<b>Data de Vencimento</b>
Licença Prévia	106/2001	700.000	16/10/2001	120 dias	13/02/2002
Licença de Operação	171/2001	700.000	05/12/2001	8 meses	05/07/2002
Retificação da Licença de Operação	171/2001	700.000	14/02/2002	6 meses	14/08/2002
Renovação da Licença de Operação	171/2001	380.000	28/08/2002	8 meses	28/04/2003
Renovação da Licença de Operação	171/2001	284.320	02/06/2003	12 meses	02/06/2004
Retificação da Renovação da Licença de Operação	171/2001	704.320	09/02/2004	4 meses	09/06/2004
Renovação da Licença de Operação	171/2001	41.000	09/07/2004	3 meses	09/10/2004
Licença de Operação	425/2005	260.000	26/01/2005	64 dias	31/03/2005
Retificação da Licença de Operação	425/2005	260.000	23/02/2005	36 dias	31/03/2005
Renovação de Licença de Operação	425/2005	260.000	08/02/2006	51 dias	31/03/2006
Renovação de Licença de Operação	425/2005	285.000	09/02/2007	50 dias	31/03/2007
Renovação de Licença de Operação	425/2005	250.000	20/12/2007	103 dias	31/03/2008

### **3 DADOS DO EMPREENDIMENTO**

#### **3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO**

##### **3.1.1 Considerações Gerais**

A Aracruz Celulose – ARCEL é uma empresa brasileira, líder mundial na produção de celulose branqueada de eucalipto. Responde por 27% da oferta global do produto, destinado à fabricação de papéis de imprimir e escrever, papéis sanitários e papéis especiais de alto valor agregado.

Suas operações florestais alcançam os Estados do Espírito Santo, Bahia, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, com aproximadamente 279 mil hectares de plantios renováveis de eucalipto, intercalados com cerca de 154 mil hectares de reservas nativas.

As florestas constituem-se de um recurso natural de grande importância para a preservação do meio ambiente e das condições climáticas do planeta. Com o plantio de florestas introduz-se uma alternativa para o suprimento de madeira, ajudando a preservar a floresta nativa, cuja recomposição levaria dezenas ou até mesmo centenas de anos. Além disso, os plantios de eucalipto da ARCEL são manejados de forma a estimular a biodiversidade nas áreas florestais da empresa, permitindo assim boas condições para a sobrevivência e reprodução da fauna. Os plantios de eucalipto evitam que o solo desmatado por outras atividades econômicas sofra com os efeitos da erosão, contribuindo para a recuperação de seus níveis de fertilidade e produtividade. Ajudam ainda a regular o fluxo e a qualidade da água, estabilizando o solo e absorvendo grande quantidade de CO<sub>2</sub>, diminuindo a poluição, o calor e combatendo o efeito estufa.

A empresa tem, nacionalmente, capacidade nominal de produção de cerca de 3 milhões de toneladas anuais de celulose branqueada de fibra curta de eucalipto, distribuída pelas unidades Barra do Riacho – Espírito Santo (2.100.000 t), Guaíba – Rio Grande do Sul (430.000 t) e Veracel - Bahia (450.000 t), veja a Tabela 3.1.1-1.

**Tabela 3.1.1-1 – Produção anual de celulose branqueada da ARCEL**

<b>Unidades</b>	<b>Barra do Riacho - ES</b>	<b>Guaíba - RS</b>	<b>Veracel (*) - BA</b>	<b>TOTAL</b>
Produção (t/ano)	2.100.000	430.000	450.000	2.980.000

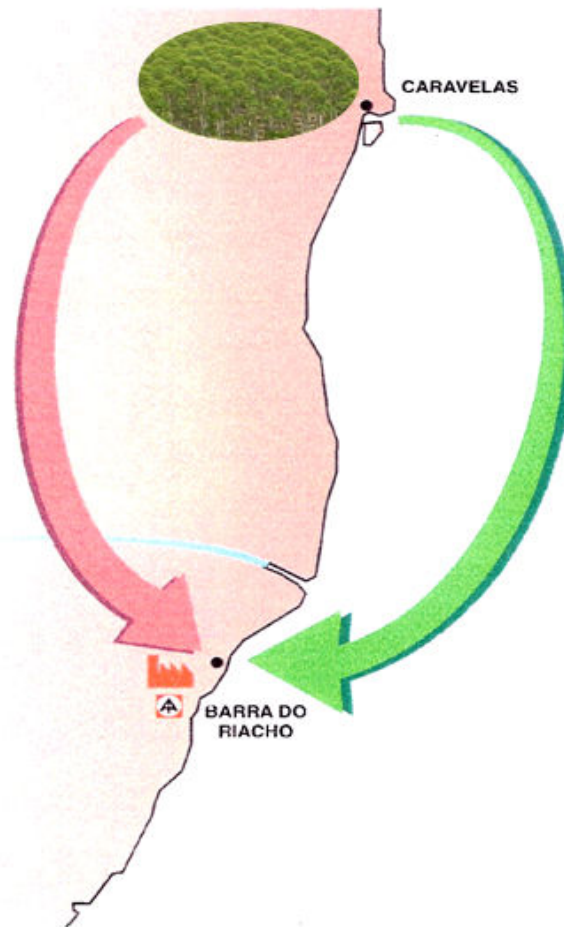
(\*) A ARCEL detém o controle acionário de 50% da Veracel.

No Espírito Santo, opera um complexo industrial constituído de três fábricas de celulose no município de Aracruz, totalmente integrado aos plantios e a um porto privativo especializado, o Portocel, através do qual se exporta a quase totalidade da produção anual de 2,1 milhões de toneladas da Unidade de Barra do Riacho.

O Portocel é o único porto do Brasil especializado em embarque de celulose, e está preparado para receber navios continuamente, com capacidade de embarque anual de 4.500.000 toneladas de celulose, atendendo a produção da ARCEL em Barra do Riacho/ES, da Veracel em Belmonte/BA e da Cenibra em Belo Oriente/MG, que também é proprietária do porto em conjunto com a ARCEL.

O suprimento das fábricas de celulose em Aracruz provém de madeira de plantações no Espírito Santo e no sul da Bahia, que são transportadas do local de plantio para a fábrica em toras.

Em 2003, a ARCEL iniciou a navegação de cabotagem industrial de madeira, a partir de Caravelas - BA para o Portocel em Aracruz - ES. Para tanto, foi construído em Caravelas um Terminal Marítimo, a fim de possibilitar o embarque da madeira em navios-barcaça e seu transporte por via marítima até o Portocel (Figura 3.1.1-1).



**Figura 3.1.1-1 – Abastecimento de madeira para a fábrica em Aracruz/ES**

Economicamente o transporte marítimo ainda não trouxe vantagem econômica direta à empresa, que gasta mais por tonelada transportada neste modal comparativamente ao modal rodoviário. Isto decorre do fato do transporte de madeira do modal marítimo ainda não ter atingido uma taxa adequada devido às limitações de profundidade e largura do acesso ao Canal do Tomba e do alto custo dos monitoramentos ambientais que ainda são necessários neste primeiro momento do empreendimento.

Entretanto, o transporte marítimo traz muitas vantagens, principalmente ambientais e sociais. Ambientalmente, este tipo de modal de transporte é melhor, pois utiliza muito menos combustível fóssil. Como melhoria social pode-se destacar o alívio do tráfego na BR-101 trecho norte do Espírito Santo e sul da Bahia dos caminhões transportando madeira.

Os itens a seguir sumarizam o histórico da concepção do terminal marítimo e de outros aspectos relevantes ao empreendimento de dragagem do acesso ao Canal do Tomba.

### 3.1.2 Histórico da concepção do Terminal Marítimo

A fábrica da ARCEL localizada no município de Aracruz/ES vem buscando, desde o início de suas atividades, um constante aprimoramento na logística e na segurança do transporte de matéria-prima, assim como uma melhoria do meio ambiente e no relacionamento com a comunidade.

Os sucessivos aumentos na produção de celulose acarretaram um proporcional incremento na demanda de matéria-prima das áreas de plantio de eucalipto destinadas a suprir a necessidade de madeira para a fábrica; conseqüentemente contribuíram para um aumento na intensidade de carretas transportando toras de eucalipto, principalmente na extensão do tráfego rodoviário da BR-101 no norte do Espírito Santo e sul da Bahia.

Com o objetivo de melhorar o desempenho logístico de transporte da empresa e minimizar o impacto do transporte rodoviário nas comunidades dos municípios no entorno da BR-101, a ARCEL estudou concepções alternativas de sistemas para substituição parcial da modalidade rodoviária pelos modais marítimo ou ferroviário no trecho entre as fontes de madeira e a fábrica de celulose.

O transporte por via marítima necessita da construção de pontos fixos de embarque/desembarque e agrega um custo adicional resultante da reserva de mercado para os agentes portuários. Já o sistema ferroviário implica num alto investimento na implantação da rede, só justificável caso o projeto seja transformado em um programa de desenvolvimento regional com aporte de recursos oficiais.

Ambos os modais considerados reduziram significativamente a exposição da empresa aos conflitos sociais; entretanto, correspondiam a sistemas não implantados na região, sendo necessária a participação técnica e econômica da ARCEL para a sua viabilização.

Após avaliação das interações logísticas entre os plantios florestais próprios e a otimização dos custos de transporte, identificou-se que um volume de 3.400.000 m<sup>3</sup>/ano de madeira seria tecnicamente sustentado pela base florestal existente e permitiria a montagem de um ciclo de transporte marítimo compatível com as condições econômicas do atual transporte rodoviário do sul da Bahia. Para tanto, havia a necessidade de implantação de um Terminal Marítimo na região sul do Estado da Bahia para o embarque da madeira, até então inexistente.

Dentre os aspectos que favoreceram a opção pelo transporte marítimo, é possível citar:

- Localização das novas terras adquiridas para plantio de celulose próxima à linha de costa do extremo sul da Bahia;

- Existência do porto abrigado (Portocel, em Barra do Riacho) com capacidade para implantação de um terminal de desembarque de toras de madeira;
- Tráfego praticamente interno das plantações para o Terminal Marítimo que teria de ser implantado na região, com facilidade no controle de toda a operação de transporte das áreas plantadas;
- Distância média entre as florestas e o Terminal Marítimo compatível com o modal de transporte rodoviário, proporcionando melhor controle da frota e da regularidade da operação;
- Melhor rendimento energético (tonelada de óleo/ m<sup>3</sup> transportado);
- Redução de emissão de CO<sub>2</sub>.

Dentre as alternativas locacionais estudadas para implantação do Terminal de Barcaças, cita-se:

- Mucuri: área distante 15 km ao sul do município de Mucuri;
- Nova Viçosa: área localizada no estuário do rio Peruípe, no município de Nova Viçosa;
- Caravelas-Porto: Porto municipal de Caravelas;
- Caravelas-Ponta de Areia: margem esquerda do rio Caravelas, no distrito de Ponta de Areia.

Considerando os aspectos sociais, ambientais e políticos e vislumbrando-se a possibilidade de aliar o investimento empresarial com o benefício econômico-social para a comunidade, concluiu-se como opção mais viável a localização do terminal em Caravelas - Ponta de Areia.

A opção foi aceita e criteriosamente licenciada pelo Centro de Recursos Ambientais da Bahia – CRA e pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

Assim, o Terminal Marítimo Luciano Villas Boas foi projetado e construído na margem esquerda do Rio Caravelas em local próximo ao Canal do Tomba, no distrito de Ponta de Areia. O local de implantação apresenta boas profundidades naturais e bom abrigo das correntes e ondas. A construção teve início em 2001 e foi concluída em 2002. A Figura

3.1.2-1 apresenta a localização do terminal. A Figura 3.1.2-2 apresenta a vista geral do canal do Tomba em 2000 e a Figura 3.1.2-3 uma vista geral do terminal de barcaças.



**Figura 3.1.2-1 – Localização do Terminal de Caravelas**





**Figura 3.1.2-2 – Vista geral da Boca do Tomba para o interior do estuário em 2000**



**Figura 3.1.2-3 – Vista geral do terminal de Barcaças em 2005**

### 3.1.3 Histórico da Dragagem

#### 3.1.3.1 Considerações Gerais

O Rio Caravelas apresenta atualmente duas desembocaduras. Uma embocadura antiga e outra de formação recente, a embocadura do Canal do Tomba, que pelos registros foi aberta no final da década de 50. Escolheu-se a desembocadura do Canal do Tomba para o canal de acesso ao Terminal Marítimo, pois a mesma apresenta maiores profundidades. A Figura 3.1.3-1 apresenta a localização do terminal e o trajeto necessário do mesmo para o mar através da Boca do Tomba.



**Figura 3.1.3-1 – Localização do terminal e o trajeto para o mar através da Boca do Tomba**

As profundidades naturais do Canal do Tomba são dependente do transporte de sedimentos litorâneo causado pelas ondas, que são transportados e tendem a entulhar a desembocadura e das correntes de vazante e outras correntes, que tentam varrer estes depósitos para o largo e manter a seção transversal da desembocadura livre.

Basicamente, se está defronte a um balanço entre forças ligadas ao prisma de maré (volume acumulado no interior do estuário durante a enchente que é expulso durante a vazante) e forças produzidas pelas ondas que são responsáveis pelo transporte litorâneo de sedimentos.

A condição de profundidade crítica da desembocadura do canal do Tomba ocorre na barra de vazante, cuja profundidade é resultado do balanço entre o material depositado na mesma pelas correntes induzidas pela arrebentação das ondas e o carreado embora pelas correntes de maré.

Mesmo apresentando profundidades de até -20,0 m DHN (Nível de Redução da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil) e fortes correntes na seção estrangulada da desembocadura, as correntes perdem rapidamente a sua capacidade de transportar os sedimentos provenientes do transporte litorâneo e do rio Caravelas favorecendo sua deposição na região da barra de vazante. Isto ocorre devido ao grande aumento da área hidráulica e conseqüente redução de velocidade das correntes nas seções do canal não mais sujeitas ao limite físico das margens da linha de costa.

Naturalmente, a desembocadura do Canal do Tomba possuía uma barra rasa e pronunciada com profundidades mínimas que se aproximavam de - 1,0 m DHN, antes do início das dragagens do canal. A Figura 3.1.3-2 apresenta a batimetria da desembocadura do canal do tomba e seu entorno em 2007, logo após o término da 6ª campanha de dragagem, onde se pode observar com clareza a barra de vazante cortada pela dragagem do acesso ao Canal do Tomba.

De fato, a escolha por um canal aberto em uma barra, normalmente, implica em dragagens de manutenção por toda a vida útil do canal. A condição morfológica natural fica em desequilíbrio após a dragagem, sendo que uma vez interrompida, a profundidade natural de equilíbrio tende a retornar. A taxa de assoreamento do canal dragado está ligada fundamentalmente ao dinamismo de transporte de sedimentos natural e a proporcionalidade do aprofundamento com relação à profundidade natural encontrada antes da dragagem. Quanto maior o dinamismo e quanto maior o aprofundamento proporcional à profundidade natural existente, mais rápido o assoreamento do canal dragado.

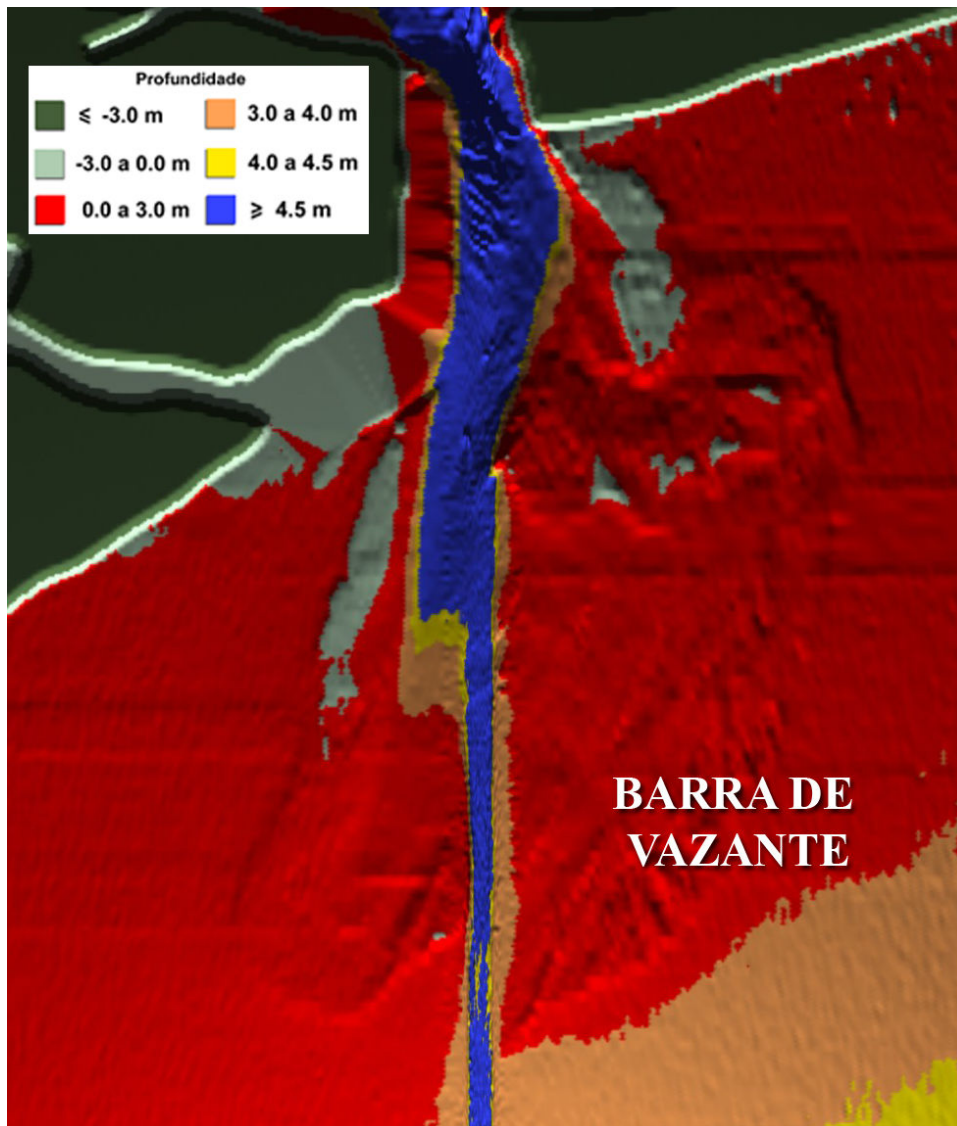


Figura 3.1.3-2 – Batimetria da desembocadura do Canal do Tomba – Abril de 2007

### 3.1.3.2 Definição do Gabarito Geométrico de Navegação

Os navios-barcaça foram projetados e construídos especificamente para o transporte de madeira. Compõem-se de um empurrador intercambiável que se acopla na popa da barcaça resultando em um conjunto com:

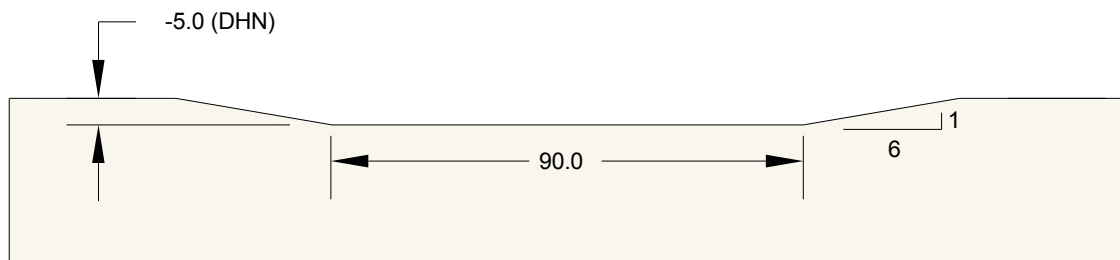
- Comprimento total de 132,0 m;
- Boca de 22,0 m;
- Calado de operação de 4,0 m.

As barcaças são dotadas de Bow-Thrusters (propulsores transversais de proa) para facilitar manobras, entretanto necessitam ser propelidas pelos empurradores que se acoplam na popa. A Figura 3.1.3-3 ilustra o conjunto barcaça-empurrador em navegação pelo canal do tomba.



**Figura 3.1.3-3 – Conjunto Barcaça-Empurrador, em navegação pelo Canal do Tomba**

Considerando-se o efeito das ondas, do squat (aumento do calado devido ao deslocamento da barcaça), das características locais do canal e das embarcações, e outras incertezas, o gabarito geométrico de navegação foi definido calculando-se necessários uma largura de fundo de 90,0 m e cota de profundidade de - 5,0 metros (cota referida ao nível de redução da DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil), para que a barcaça pudesse navegar seguramente entre o terminal e o mar aberto (Figura 3.1.3-4). A cota de fundo de -5,0 m DHN permite a navegação independentemente da condição de maré, isto é, pode-se navegar pelo canal com segurança em condições de baixa-mar de sizígia.



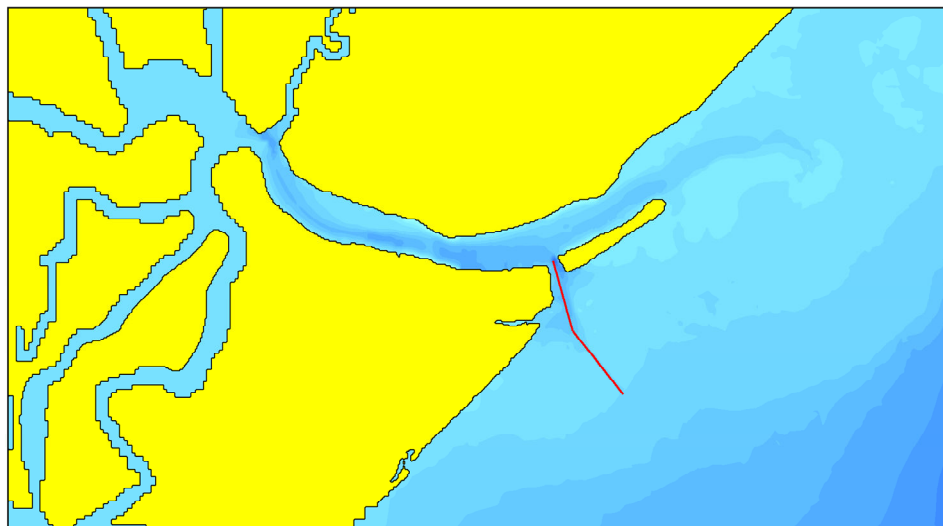
**Figura 3.1.3-4 – Gabarito geométrico teórico de navegação**

### 3.1.3.3 Definição do Leiaute de Traçado do Canal

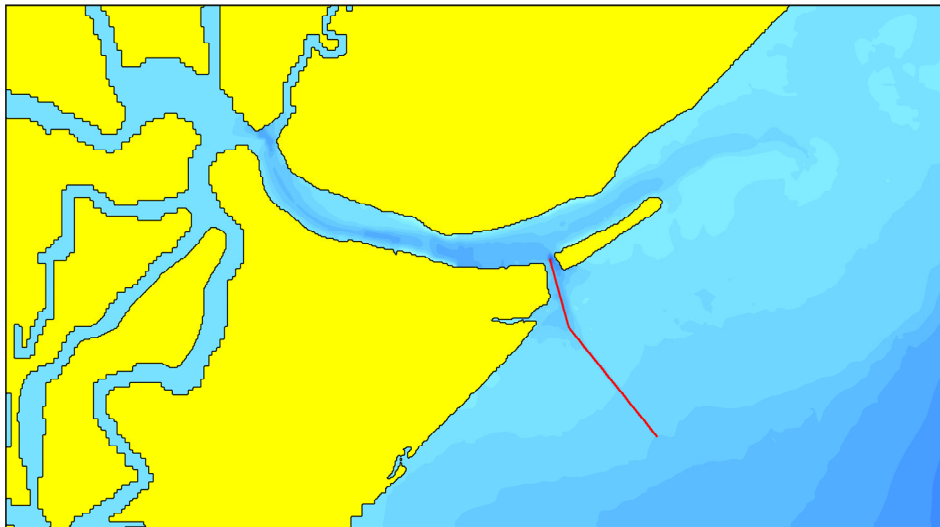
O projeto do canal foi concebido pelo laboratório de hidráulica dinamarquês Danish Hydraulic Institute – DHI, após o estudo que considerou 3 leiautes (DHI, 2000a). A Tabela 3.1.3-1 apresenta as características de cada traçado e a Figura 3.1.3-5, Figura 3.1.3-6 e Figura 3.1.3-7 sua posição em planta.

**Tabela 3.1.3-1 – Características de cada traçado**

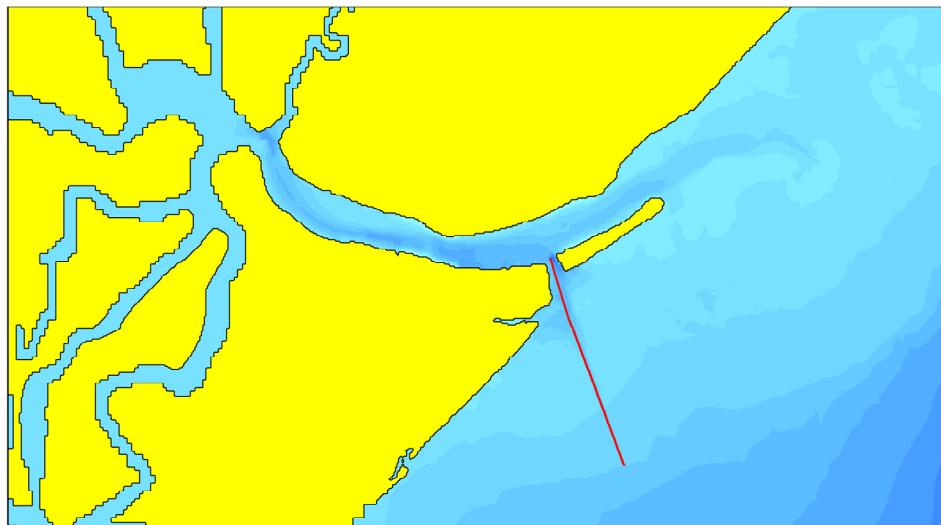
	Profundidade do canal (m)	Orientação do canal	Comprimento de canal dragado (m)
Leiaute 1	4	140° N	2.200
Leiaute 2	5	140° N	3.500
Leiaute 3	5	160°N	3.500



**Figura 3.1.3-5 – Leiaute 1 – alternativa de traçado**



**Figura 3.1.3-6 – Leiaute 2 – alternativa de traçado**



**Figura 3.1.3-7 – Leiaute 3 – alternativa de traçado**

As taxas de assoreamento foram estimadas para os três diferentes leiautes resultando nas taxas anuais apresentadas na Tabela 3.1.3-2.

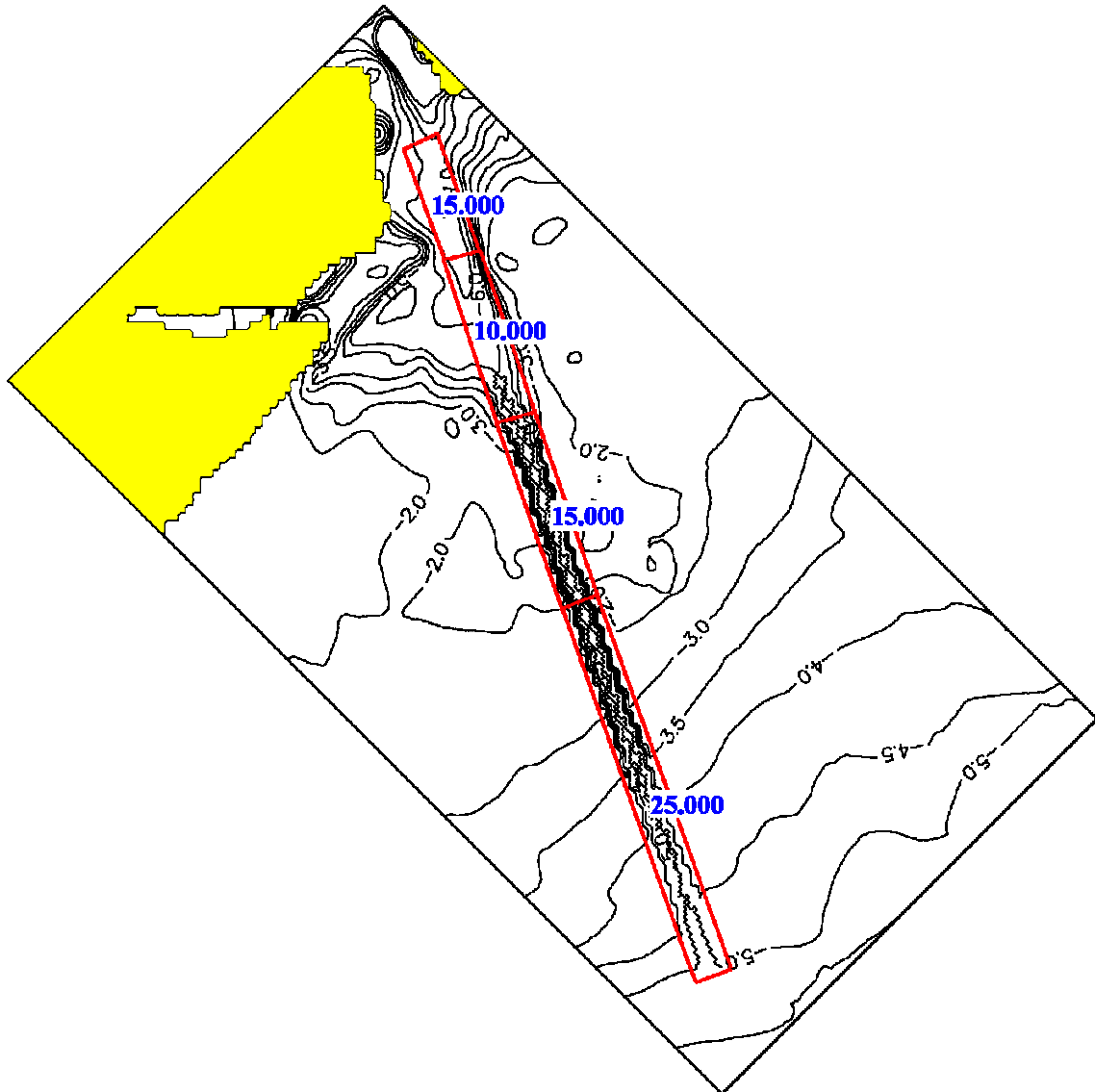
**Tabela 3.1.3-2 – Taxas anuais de assoreamento e volumes iniciais de implantação**

Leiaute	Manutenção anual (m <sup>3</sup> )	Implantação inicial em 1998 (m <sup>3</sup> )
Leiaute 1	85.000	320.000
Leiaute 2	110.000	590.000
Leiaute 3	65.000	680.000

Das três hipóteses de traçado estudadas, o leiaute 3 foi o que apresentou a menor taxa de manutenção por dragagem. A Figura 3.1.3-8 apresenta as taxas de assoreamento por trechos do canal para o leiaute escolhido, o de número 3.

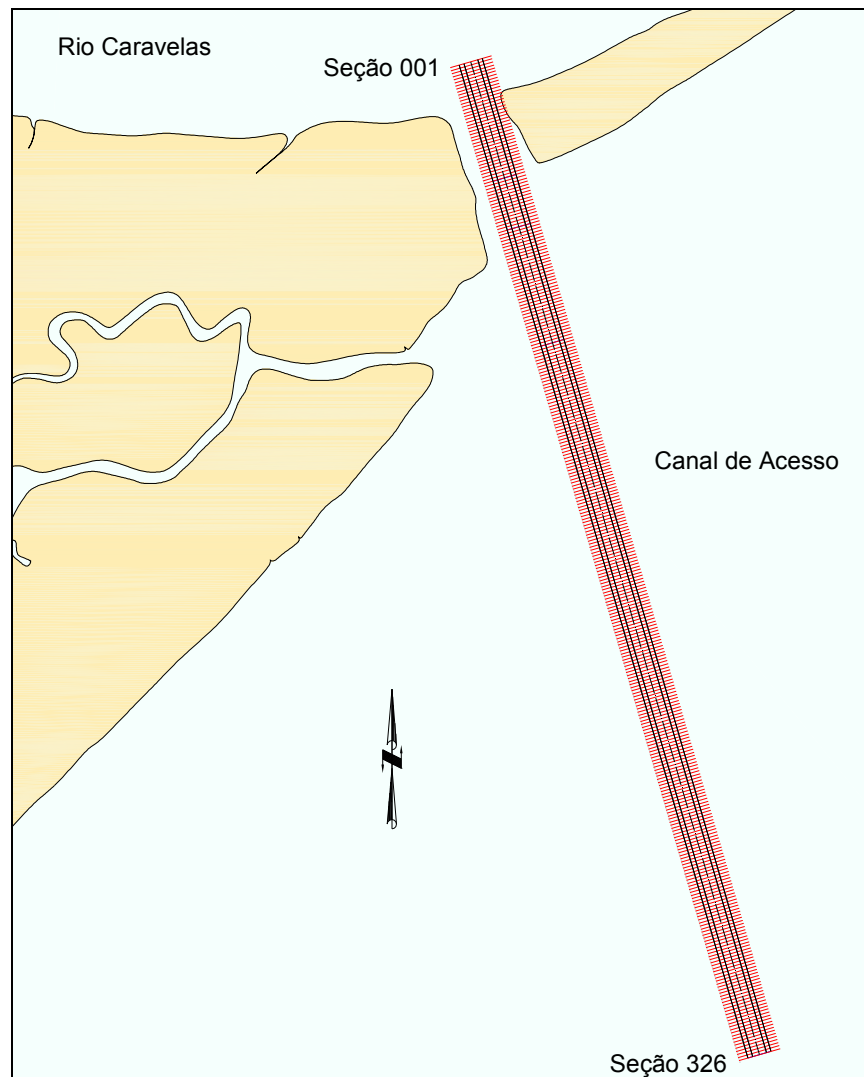
Assim, adotou-se o leiaute 3, que segundo os estudos necessitava de uma dragagem de implantação de 680.000 m<sup>3</sup> *in situ* e a necessidade de dragagem de 130.000 m<sup>3</sup> *in situ* a cada dois anos.





**Figura 3.1.3-8 – Taxas de assoreamento por trechos do canal para o leiaute escolhido**

O traçado teórico convencionado para o canal seguiu a orientação do leiaute 3, e tem 6.500 m de extensão, dos quais em dezembro de 2001, aproximadamente 3.500 m necessitavam de dragagem. Em 2007, verificou-se a necessidade de dragagem em 3.300 m dos 6.500 m do canal teórico. A Figura 3.1.3-9 apresenta o canal teórico, que foi espaçado em 326 seções a cada 20 metros para controle da obra de dragagem e execução das sondagens batimétricas.



**Figura 3.1.3-9 – Canal teórico de dragagem**

### **3.1.3.4 Obra de Dragagem**

#### *3.1.3.4.1 Considerações Gerais*

A uniformidade de um canal dragado no que concerne à sua geometria pós-dragagem é de extrema importância. Apenas um trecho do canal com restrição em largura ou profundidade afeta toda a obra. A pior condição de navegabilidade encontrada fora das especificações de projeto para o canal existente é que responderá pela eficácia da obra e pode ser considerada como resultado final.

Dragagens em barras rasas, sujeitas a ondas e em locais com significativa amplitude de maré, são de execução difícil. A Figura 3.1.3-10 apresenta uma draga encalhada na praia do

Centro na cidade de Itanhaém, Estado de São Paulo. O acidente ocorreu quando a draga executava dragagem na barra do Rio Itanhaém em 1998.



**Figura 3.1.3-10 – Draga encalhada em Itanhaém/SP**

Assim, acima de tudo, as campanhas de dragagem realizadas em Caravelas são executadas com o máximo de precaução possível, com grande margem de segurança, o que acarreta em aumento de tempo normal de dragagem.

As dragagens são planejadas para a melhor performance atingível no tempo com os equipamentos disponíveis. Planeja-se a dragagem visando que a mesma seja realizada de forma uniforme ao longo do canal, sem que nenhuma significativa deficiência de largura ou profundidade de qualquer seção coloque a perder todo o trabalho de outras áreas.

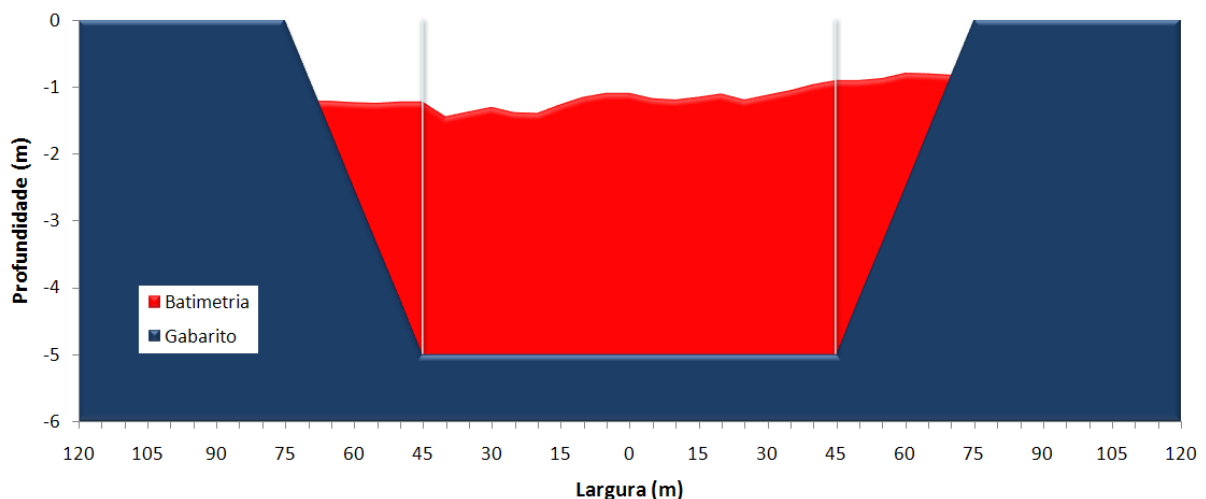
O trecho arenoso, localizado no delta de maré vazante, é o trecho mais complexo da dragagem, uma vez que requer grande atenção à navegação e possui sedimento de difícil remoção, causando baixa produtividade de dragagem. Entretanto, manter uma largura restrita neste trecho torna perigosa a navegação pelo canal, visto que rajadas de ventos podem surpreender o longo conjunto barçaça/empurrador, tornando a possibilidade de encalhes, como também de uma colisão com o talude do canal, real.

Dado ao pouco tempo licenciado para a dragagem nos últimos anos, a ARCEL tem sido obrigada a mobilizar duas dragas para a dragagem do acesso ao Canal do Tomba. O pouco tempo disponível para a logística de operação com duas dragas combinado com a imprevisibilidade das paralisações impostas pela escala de risco, mau tempo e quebra de equipamentos torna a dragagem do acesso ao Canal do Tomba um grande desafio.

### 3.1.3.4.2 Campanhas de Dragagem

Pouco antes do início da primeira obra de dragagem, através de sondagem batimétrica em dezembro de 2001, estimou-se a necessidade de uma dragagem de 880.000 m<sup>3</sup> *in situ* para a implantação do canal.

O traçado e gabarito do canal definidos demandavam a dragagem da barra de vazante arenosa, muito pronunciada e rasa, como também a dragagem de uma camada de pouca espessura, após a barra rumo ao largo, essencialmente composta por sedimentos lamosos. A Figura 3.1.3-11 apresenta a condição da seção transversal crítica em dezembro de 2001 na área da barra.



**Figura 3.1.3-11 – Seção crítica do canal (barra), antes do início das dragagens em dezembro de 2001**

Assim, em fevereiro de 2002, iniciaram-se as obras de dragagem, com o objetivo de implantar um canal de acesso através da Barra do Tomba. A esta 1<sup>a</sup> Campanha seguiram-se outras seis até o presente (abril de 2008).

A Tabela 3.1.3-3 apresenta um histórico dos períodos licenciados e efetivamente utilizados nas sete campanhas de dragagem realizadas até o presente.

**Tabela 3.1.3-3 – Histórico dos períodos de licença de dragagem**

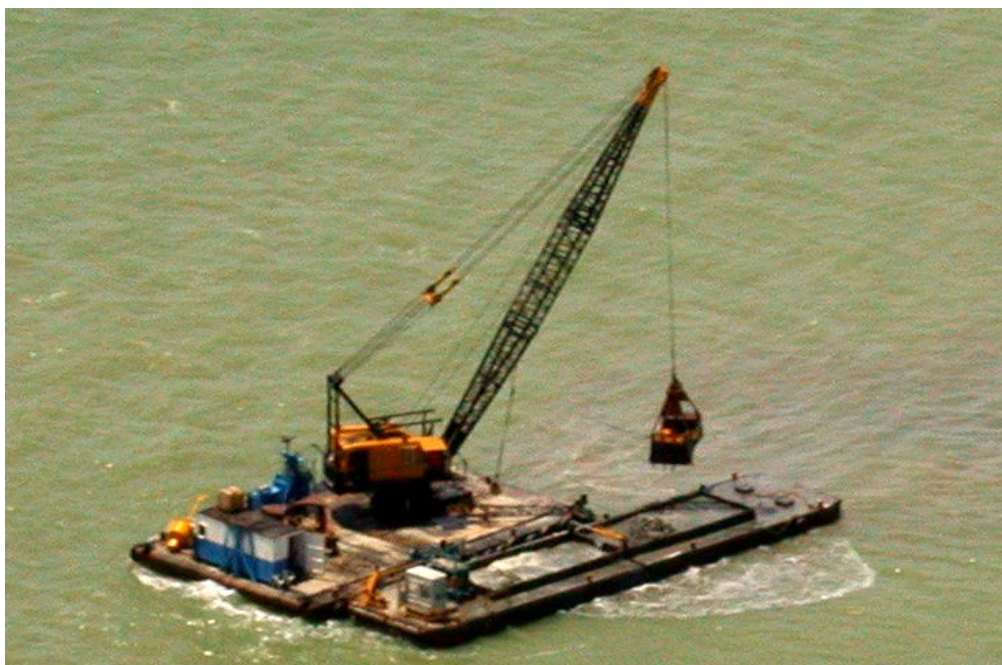
	<b>1ª Campanha</b>	<b>2ª Campanha</b>	<b>3ª Campanha</b>	<b>4ª Campanha</b>	<b>5ª Campanha</b>	<b>6ª Campanha</b>	<b>7ª Campanha</b>
Data de Início da Licença	16/10/01	28/08/02	02/06/03	01/02/05	08/02/06	09/02/07	20/12/07
Data de Fim da Licença	14/08/02	02/06/03	02/10/04	31/03/05	31/03/06	31/03/07	31/03/08
Período efetivamente utilizado na Obra de Dragagem	02/2002 – 09/2002	12/2002 – 06/2003	01/2004 – 08/2004	02/2005 – 03/2005	13/02/06 – 31/03/06	15/02/07 – 31/03/07	19/01/08 – 31/03/08

Todas as campanhas de dragagem foram realizadas pela empresa Enterpa Engenharia Ltda – Enterpa, que possui larga experiência no ramo de dragagem, podendo-se citar a realização de dragagens em diferentes e importantes portos brasileiros, como por exemplo, Santos, Rio Grande, Vitória, entre outros.

A 1ª Campanha de dragagem utilizou-se fundamentalmente dos seguintes equipamentos de dragagem: flutuantes equipados com guindastes de conchas (clamshell) e batelões (veja Figura 3.1.3-12, Figura 3.1.3-13 e Figura 3.1.3-14) além de dragas autotransportadoras (Hopper), (veja Figura 3.1.3-15).



**Figura 3.1.3-12 – Flutuante com clamshell**



**Figura 3.1.3-13 – Dragagem em andamento - 21 de fevereiro de 2002**



**Figura 3.1.3-14 – Batelão carregado de sedimento pelo clamshell na 1ª Campanha de Dragagem**

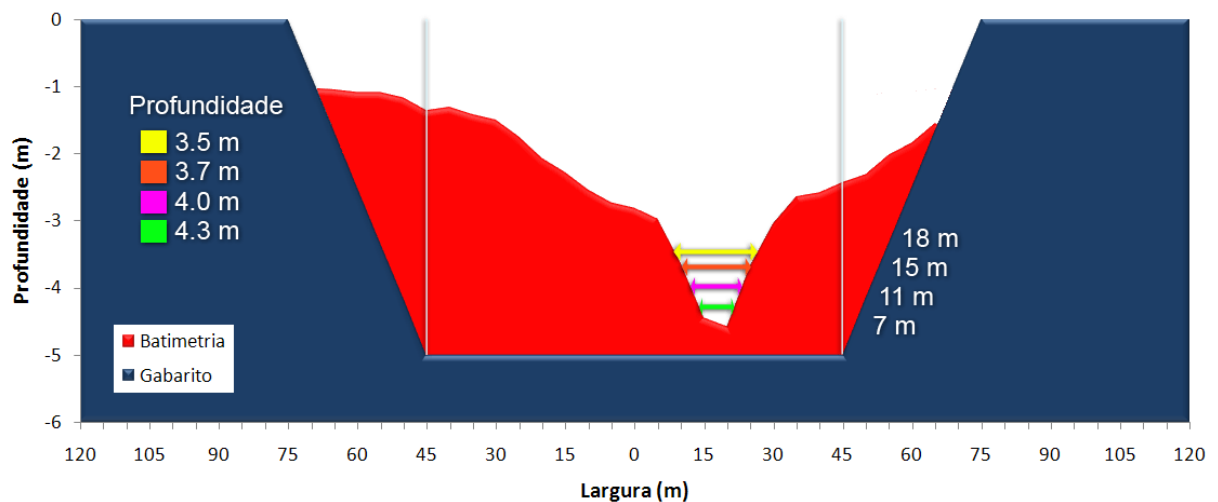


**Figura 3.1.3-15 – Draga Volzee fundeada no estuário do rio Caravelas, uma das duas dragas da empresa Enterpa, utilizadas durante as dragagens do acesso ao Canal do Tomba**

Após o início dos trabalhos da 1ª Campanha, a empresa de dragagem foi surpreendida por um assoreamento inesperado do canal. Houve na época uma mudança da forma de

contrato, que passou de pagamento global para pagamento referente à medição em cisterna, a fim de que a empresa de dragagem não tivesse prejuízo e pudesse continuar com a obra.

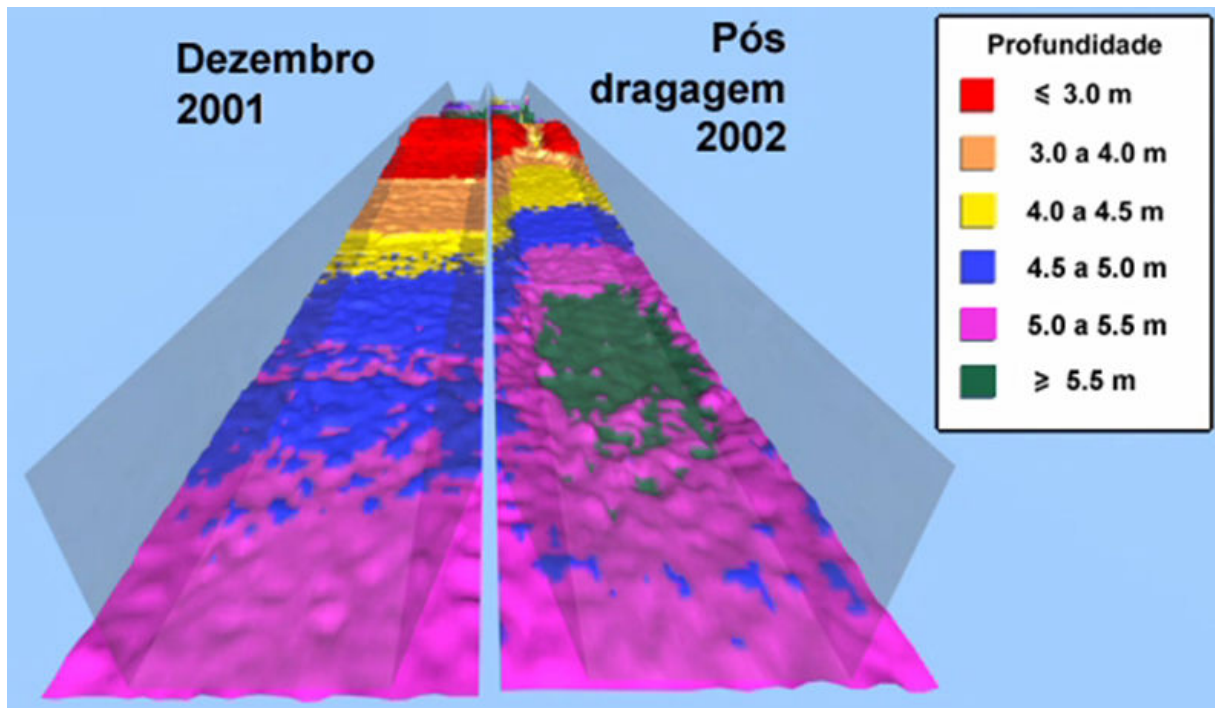
Finalizada a 1ª campanha de dragagem, ainda restou um grande déficit de volume a dragar. Como resultado da 1ª Campanha conseguiu-se realizar a abertura de um canal piloto e aprofundar a barra de vazante na sua extremidade ao largo. A Figura 3.1.3-16 apresenta a seção crítica após a 1ª campanha de dragagem (vista da linha de costa para o largo).



**Figura 3.1.3-16 – Seção crítica do canal após a 1ª Campanha de dragagem e 2002**

A Figura 3.1.3-17 permite uma comparação tridimensional da obra de dragagem da 1ª campanha com a condição inicial pré-dragagem.

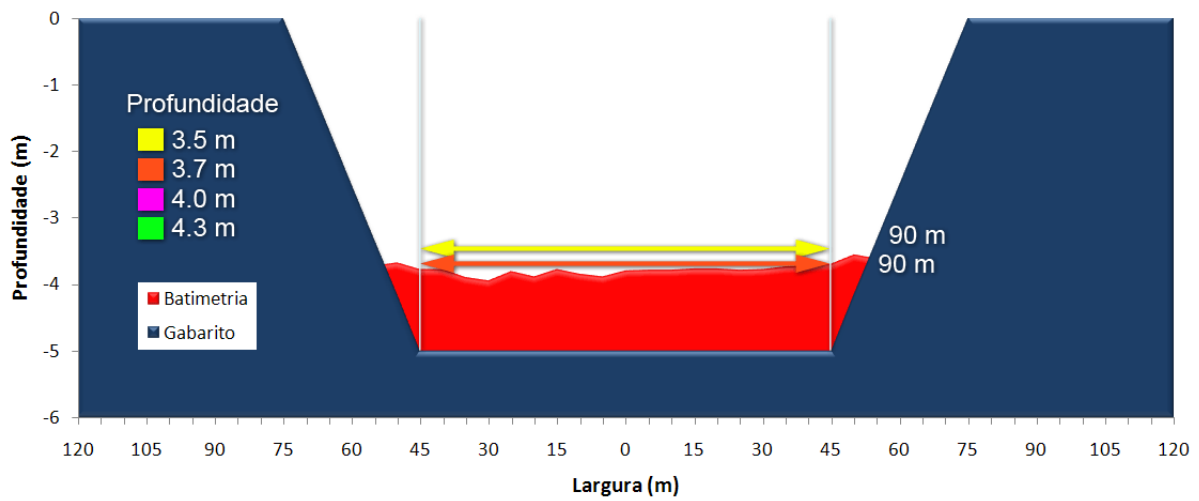




**Figura 3.1.3-17 – Comparação do resultado da obra de dragagem da 1ª Campanha com a condição inicial pré-dragagem – vista do largo para a Boca do Tomba**

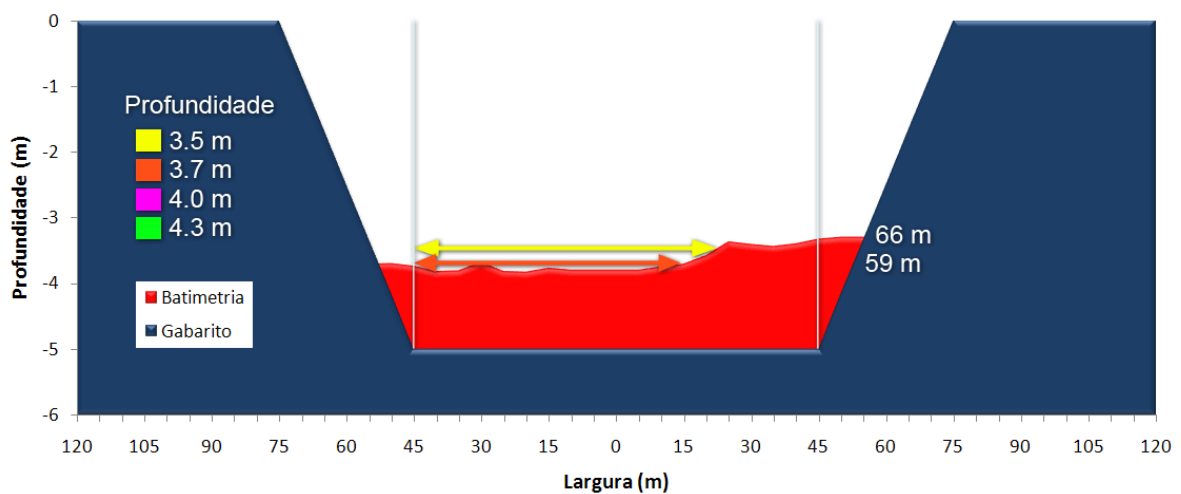
A partir da 2ª Campanha, realizada em 2003, não foi mais necessária a utilização do flutuante com o clamshell. O clamshell foi necessário apenas na 1ª Campanha para a abertura de um canal piloto, a fim de possibilitar a entrada das dragas que tem calado carregado entre 3,0 e 3,5 m. Assim, após 2003, foram utilizadas apenas as dragas autotransportadoras Virgínia e Volzee.

A 2ª Campanha teve como objetivo principal alargar a seção estrangulada para que houvesse possibilidade da navegação imediata da barcaça pelo canal de acesso, colocando o aprofundamento do canal em segunda ordem de prioridade. A Figura 3.1.3-18 apresenta o resultado final da seção crítica após a finalização da 2ª Campanha de dragagem, em que se conseguiu boa largura, porém uma profundidade que não ultrapassou -3,7 m DHN. Esta profundidade permite o acesso das barcaças em condições de maré extremamente limitadas.

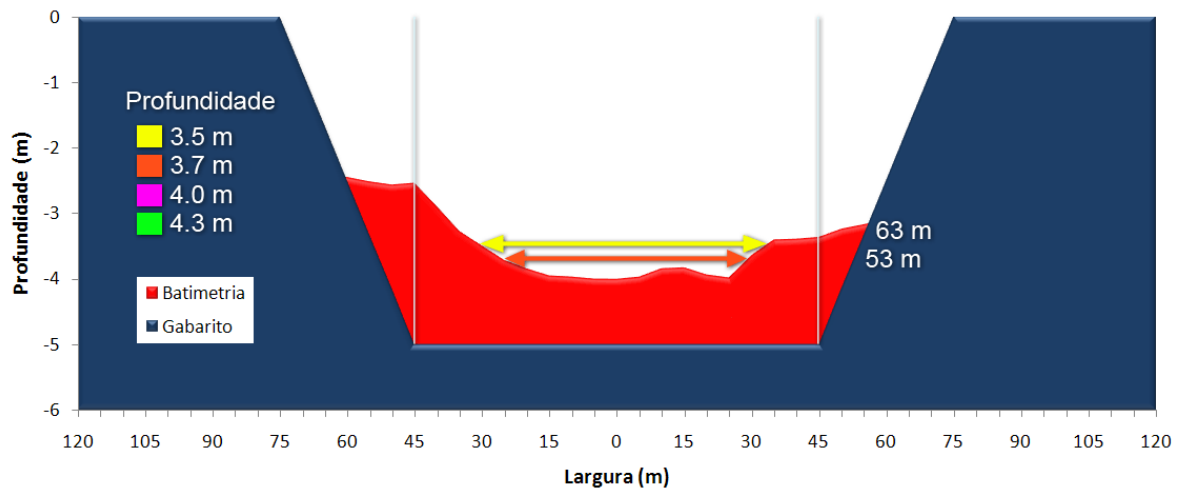


**Figura 3.1.3-18 – Seção crítica do canal após a 2ª Campanha de dragagem em 2003**

Seguiram-se as 3ª e 4ª campanha, realizadas respectivamente nos anos de 2004 e 2005, cujos resultados finais são apresentados na Figura 3.1.3-19 e Figura 3.1.3-20



**Figura 3.1.3-19 – Seção crítica após a 3ª Campanha e dragagem em 2004**



**Figura 3.1.3-20 – Seção crítica após a 4ª Campanha de dragagem em 2005**

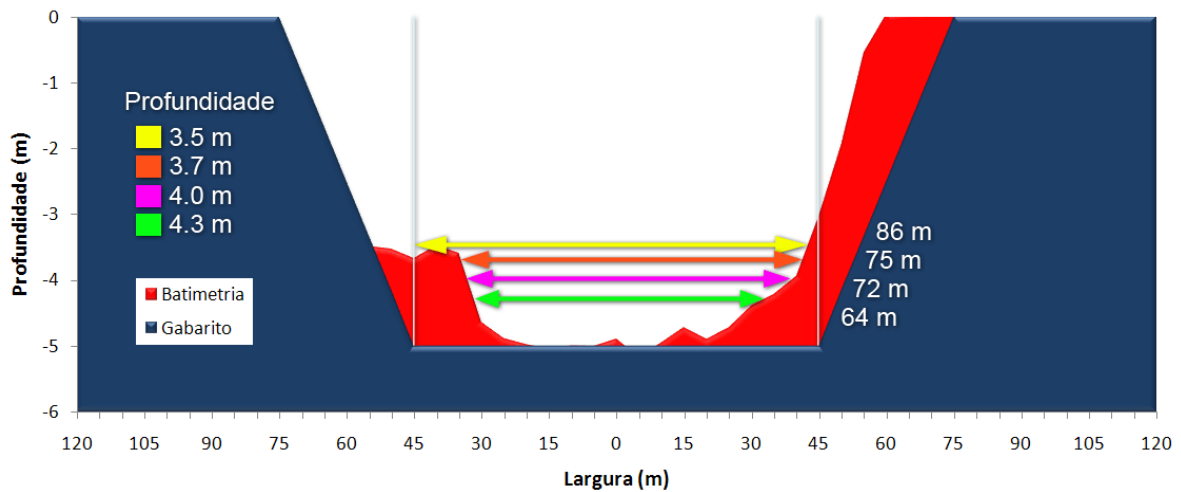
Não houve muito progresso nestas campanhas intermediárias. Na 3ª campanha principalmente, pôde-se constatar que a empresa de dragagem conseguiu uma produtividade muito baixa, devido a problemas mecânicos, grandes interrupções da dragagem impostas pelo órgão ambiental e por estar dragando em época que o assoreamento e mau tempo são maiores.

A 4ª campanha resultou em um aprofundamento maior do canal, porém devido ao curto espaço de tempo concedido para a dragagem, permitiu um retrocesso na condição de navegabilidade do canal relativamente à questão da largura crítica, não conseguindo combater o avanço do banco arenoso da barra que continuamente projeta-se para leste, devido ao transporte de sedimentos litorâneo resultante.

O período da 5ª campanha de dragagem, realizada em 2006, foi curto e o estado do canal quando do início da mesma apresentava-se crítico, com a barra arenosa estrangulando perigosamente a seção do gabarito de navegação. Houve dificuldade de operação de dragagem neste trecho, pois o talude apresentava-se íngreme e tornava a operação demorada devido ao risco de colisão.

Na 5ª campanha de dragagem as paralisações impostas pela escala de risco da turbidez foram muito prejudiciais ao andamento da obra, paralisando a operação em 28,7% do tempo. O canal ficou em sua extremidade mais externa com profundidades menores que -4,5 m DHN e com a largura do trecho arenoso ainda fora da especificação de projeto. Porém, devido a um maior acompanhamento de toda a dragagem por parte da ARCEL, esta dragagem conseguiu avanços na produtividade e melhorias dos níveis de navegabilidade e uniformidade do canal, embora por mais uma vez a implantação do canal de projeto ainda não tivesse sido atingida.

A Figura 3.1.3-21 apresenta a seção crítica do canal ao final da 5ª campanha.



**Figura 3.1.3-21 – Seção crítica do canal após a 5ª Campanha de dragagem em 2006**

A 6ª campanha de dragagem ocorreu entre 15 de fevereiro e 31 de março de 2007, com a mobilização das dragas Volzee e Virgínia simultaneamente. Na condição inicial de batimetria do canal para esta 6ª campanha de dragagem, observou-se o avanço do trecho arenoso ainda mais intenso para dentro do canal que o encontrado no início da 5ª campanha de dragagem.

A 6ª campanha de dragagem foi beneficiada pelas boas condições oceano-meteorológicas do período. Embora a escala de risco associada à turbidez tenha permanecido algumas vezes em estado de alerta, não ultrapassou em nenhuma ocasião o limite que importaria paralisação das atividades de dragagem. Durante a obra o plano de dragagem inicial foi reformulado por quatro vezes, buscando-se otimizar os recursos, tendo em vista a evolução da batimetria e do tempo restante disponível. Foi destinado maior tempo para os trechos arenosos da barra, ainda que apresentassem maiores dificuldades e menor rendimento de dragagem devido à presença de sedimento arenoso consolidado, porém muito necessário, pois o estreitamento do canal nessas regiões limita e coloca em risco a navegação pelo canal. Fez-se um esforço grande para a melhoria deste trecho, porém mais uma vez devido à limitação de tempo de dragagem, não foi possível completar caminho livre pela barra, isto é, não se pôde atingir o gabarito de projeto de navegação.

Mesmo com todo o esforço das duas dragas que operaram no início de 2007, a dragagem apenas conseguiu atenuar parte da zona crítica. Assim, entende-se que um maior período de dragagem anual é essencial para que a obra consiga atingir o gabarito de projeto de navegação do Canal do Tomba.

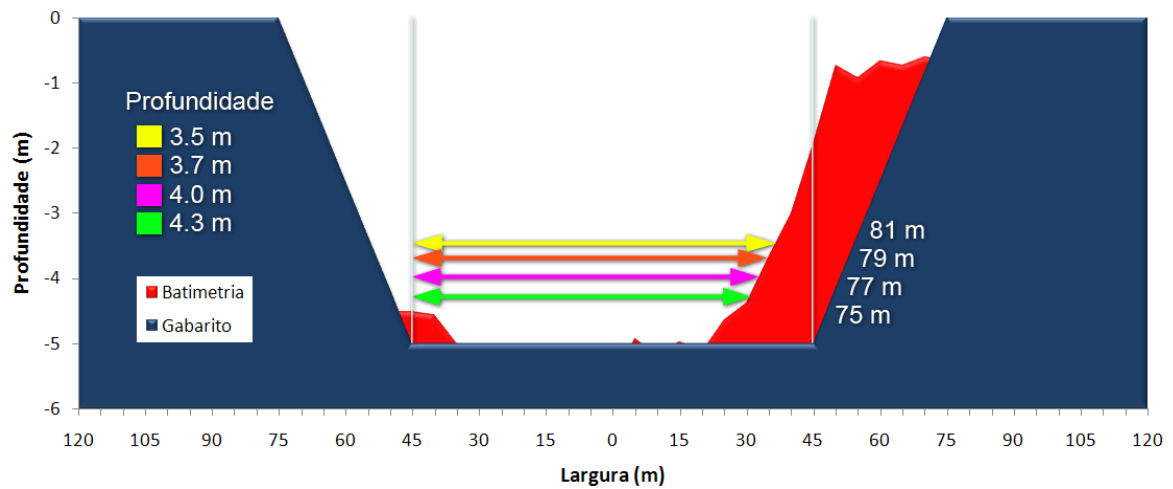
A Figura 3.1.3-22 apresenta a draga Volzee em operação na 6ª campanha dragagem



**Figura 3.1.3-22 – Foto da draga Volzee em operação**

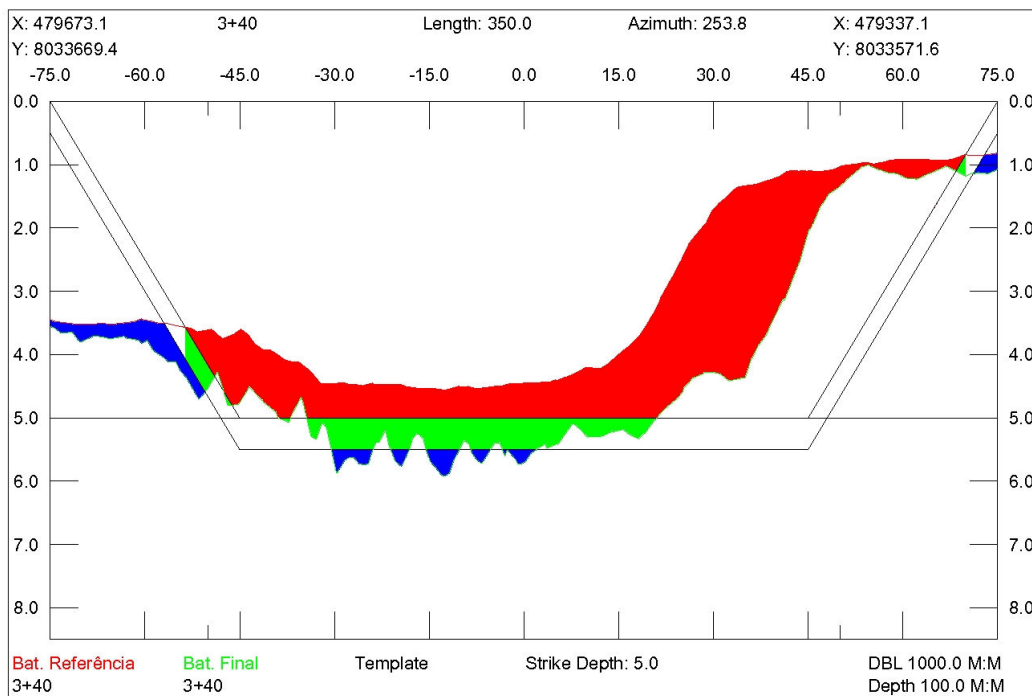
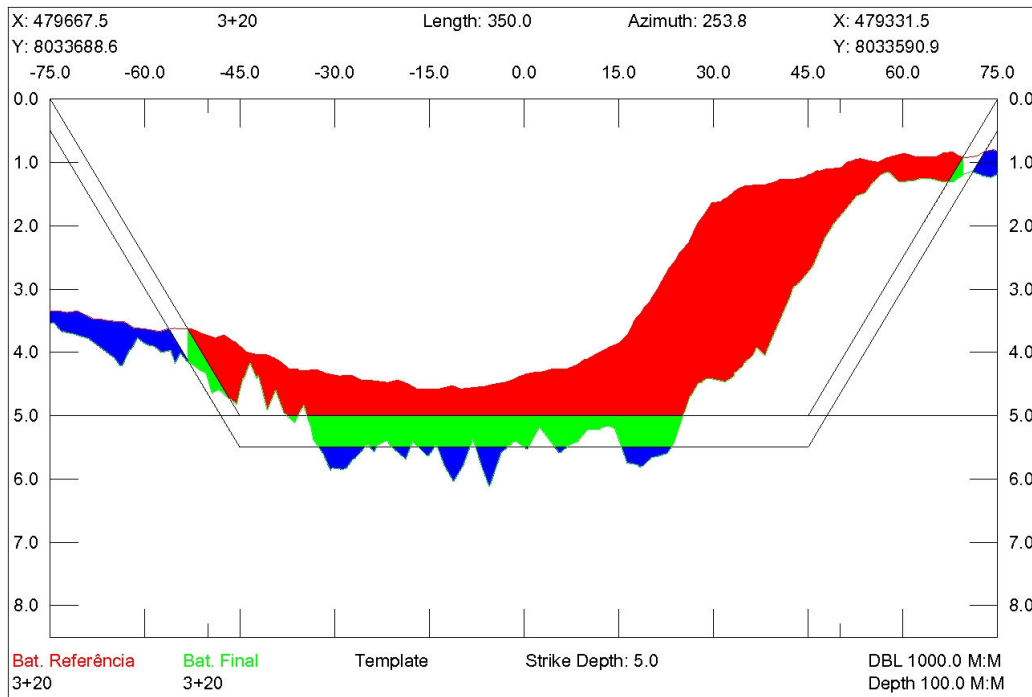
Após seis campanhas de dragagem pelo canal, a experiência da empresa e dos engenheiros aumentou significativamente, o que pode ser notado na produtividade de dragagem que cresceu bastante nas 5ª e 6ª campanhas. Na 6ª campanha, embora o volume de dragagem tenha sido semelhante ao da 5ª campanha, houve um melhor combate à região arenosa, que havia avançado sobremaneira no canal.

A Figura 3.1.3-23 apresenta a seção crítica do canal ao final da 6ª campanha de dragagem.



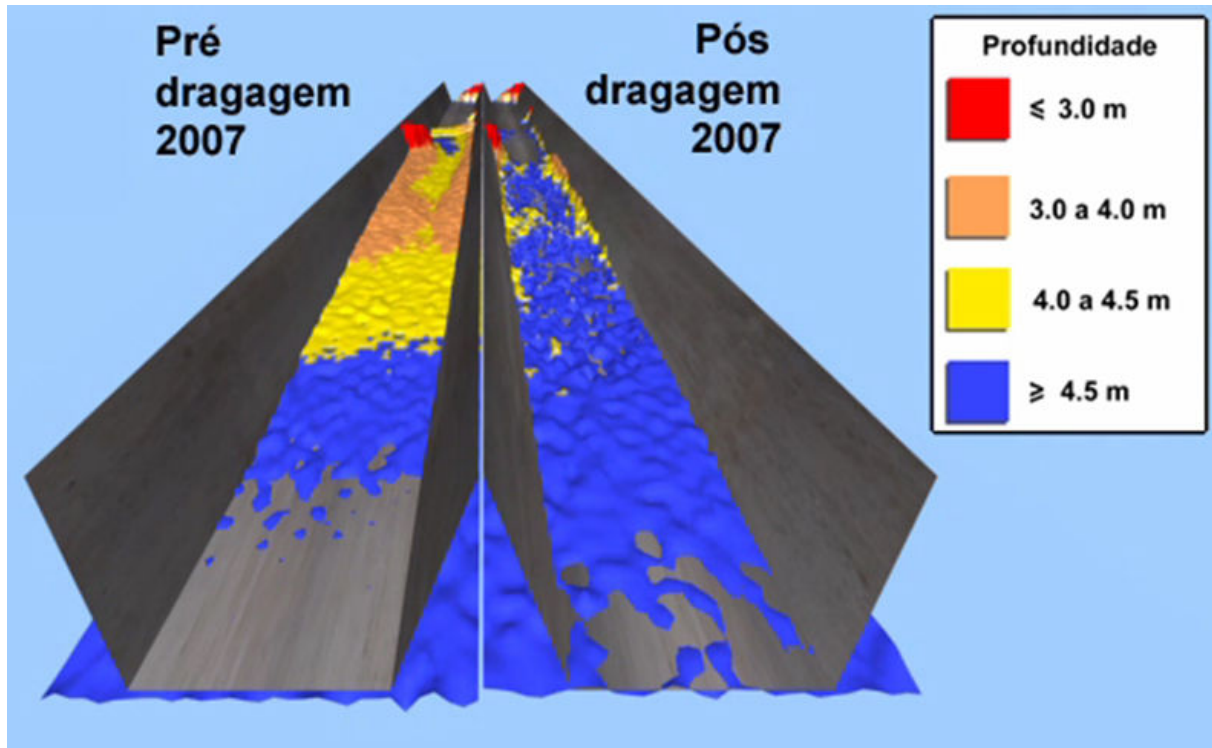
**Figura 3.1.3-23 – Seção crítica do canal após a 6ª Campanha de dragagem em 2007**

A Figura 3.1.3-24 apresenta a condição pré e pós-dragagem da 6ª campanha de duas seções críticas localizadas na zona arenosa da barra de vazante. A cor vermelha representa o volume dragado dentro do gabarito de projeto, a cor verde o volume dragado até o gabarito de tolerância e a cor azul o volume dragado além do gabarito de tolerância. Note que o avanço do banco arenoso era grande, o que qualificava a dragagem como emergencial, pois colocava a navegação em risco devido à estreita largura do canal.



**Figura 3.1.3-24 – Condição pré e pós-dragagem de duas seções críticas  
6ª campanha de Dragagem**

A Figura 3.1.3-25 permite uma comparação tridimensional da eficácia da obra de dragagem da 6ª campanha.



**Figura 3.1.3-25 – Comparação tridimensional da dragagem da 6ª Campanha batimetrias pré e pós-dragagem – vista do largo para a Boca do Tomba**

A campanha de dragagem mais recente, 7ª campanha, ocorreu entre 19 de janeiro e 31 de março de 2008, novamente com a mobilização das dragas Volzee (entre 19/jan e 31/mar) e Virginia (entre 06/fev e 31/mar) simultaneamente veja Figura 3.1.3-26 e Figura 3.1.3-27.

Analisando-se a batimetria pré-dragagem do canal na 7ª campanha, observou-se um avanço de aproximadamente 10 metros do banco arenoso, que se situa longitudinalmente, no meio do canal, relativamente à batimetria pós-dragagem da 6ª campanha.

Em termos de volume a dragar, pôde-se notar a eficácia da dragagem anterior, sendo que na campanha de dragagem de 2008, tal volume foi inferior ao total licenciado.

Para a 7ª campanha calculou-se em 189.461 m<sup>3</sup> “in situ”, o volume necessário a dragar no projeto do canal, e previu-se a dragagem de 20% adicional devido a imprecisões de dragagem, o que elevou o total previsto a dragar para 227.353 m<sup>3</sup> “in situ”.





**Figura 3.1.3-26 – Draga Volzee em operação - 7ª Campanha de Dragagem**

A 7ª campanha de dragagem obteve do IBAMA um bom período licenciado para a dragagem (20-dez-2007 a 31-mar-2008), considerando-se que foram mobilizadas duas dragas, e volume suficiente para a dragagem completa do Canal de Acesso (250.000 m<sup>3</sup>).

Entretanto, não foi possível completar o canal, como também se ultrapassou o volume inicial planejado de dragagem (227.353 m<sup>3</sup> “in situ”), aproximando-se do volume máximo licenciado.

A razão do não atendimento pleno do canal deveu-se a graves problemas de equipamento que aconteceram antes e no decorrer da obra com ambas as dragas. Dentre os principais que mantiveram as dragas inoperantes pode-se citar: quebra do rotor da bomba de sucção, pane dos motores de propulsão, pane dos geradores elétricos e quebra de sistema hidráulico de fechamento da cisterna. Outra série de problemas refere-se aos que causaram imprecisão na dragagem, gerando sobredragagem desnecessária, em que se pode citar: compensador de onda inoperante, falhas na transmissão on-line da maré e problemas nos

profundímetros das dragas. Em aproximadamente 40 % do tempo, após a chegada das dragas em Caravelas, as mesmas estiveram inoperantes.



**Figura 3.1.3-27– Carga sendo despejada pela Draga Virgínia - 7ª Campanha de Dragagem**

A condição de mar no 1º trimestre de 2008 foi boa e em geral não comprometeu os trabalhos.

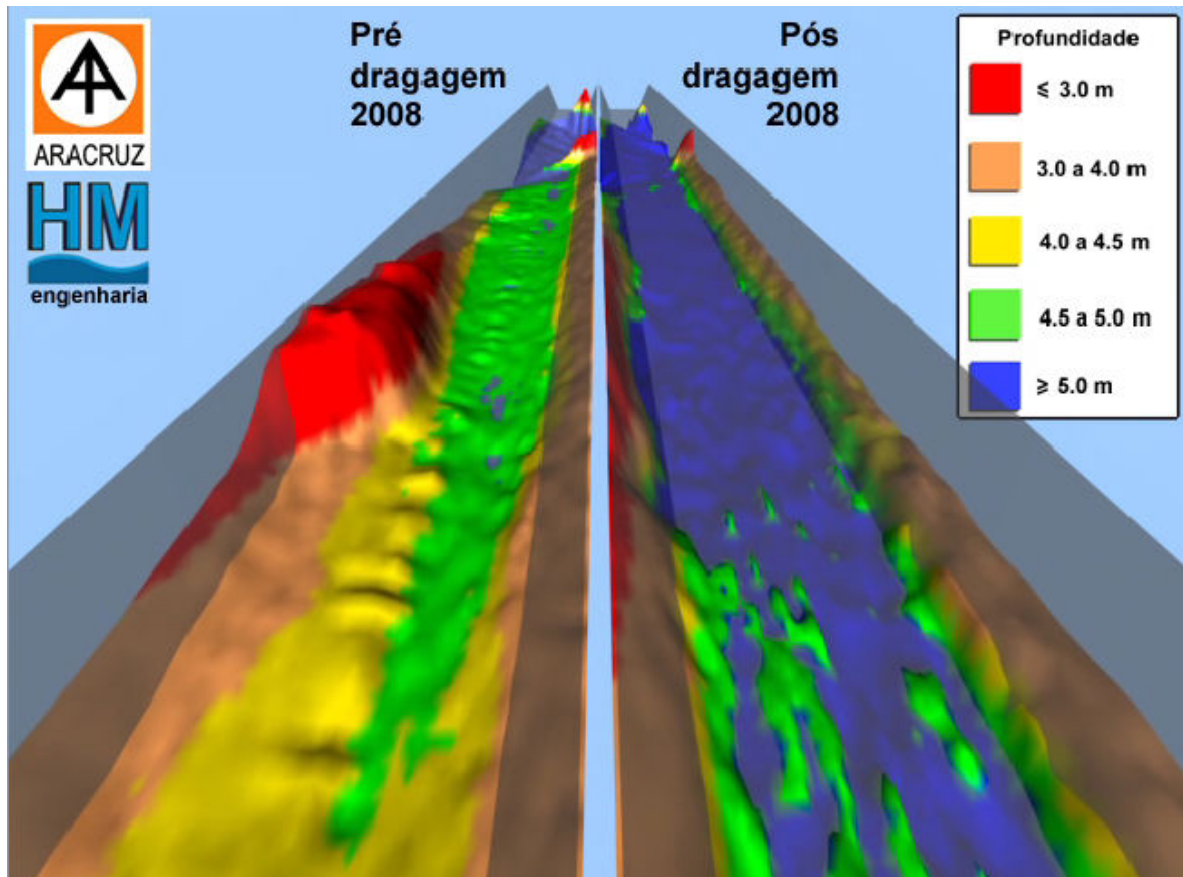
Atingiu-se um valor dragado “in situ” de 246.310 m<sup>3</sup> calculado através da análise das batimetrias pré e pós-dragagem. O cálculo dos volumes medidos em cisterna com a aplicação dos coeficientes de empolamento resultou no valor de 246.016 m<sup>3</sup> “in situ”.

O volume inicial necessário para a completa desobstrução do canal fora calculado em 189.461 m<sup>3</sup>, sendo que após esta última campanha, o canal mantém-se com um pequeno déficit de dragagem estimado em 20.299 m<sup>3</sup>.

Embora ainda tenha restado um pequeno volume remanescente a dragar e tenham ocorrido diversos problemas de equipamento, pode-se considerar que a dragagem de 2008 terminou

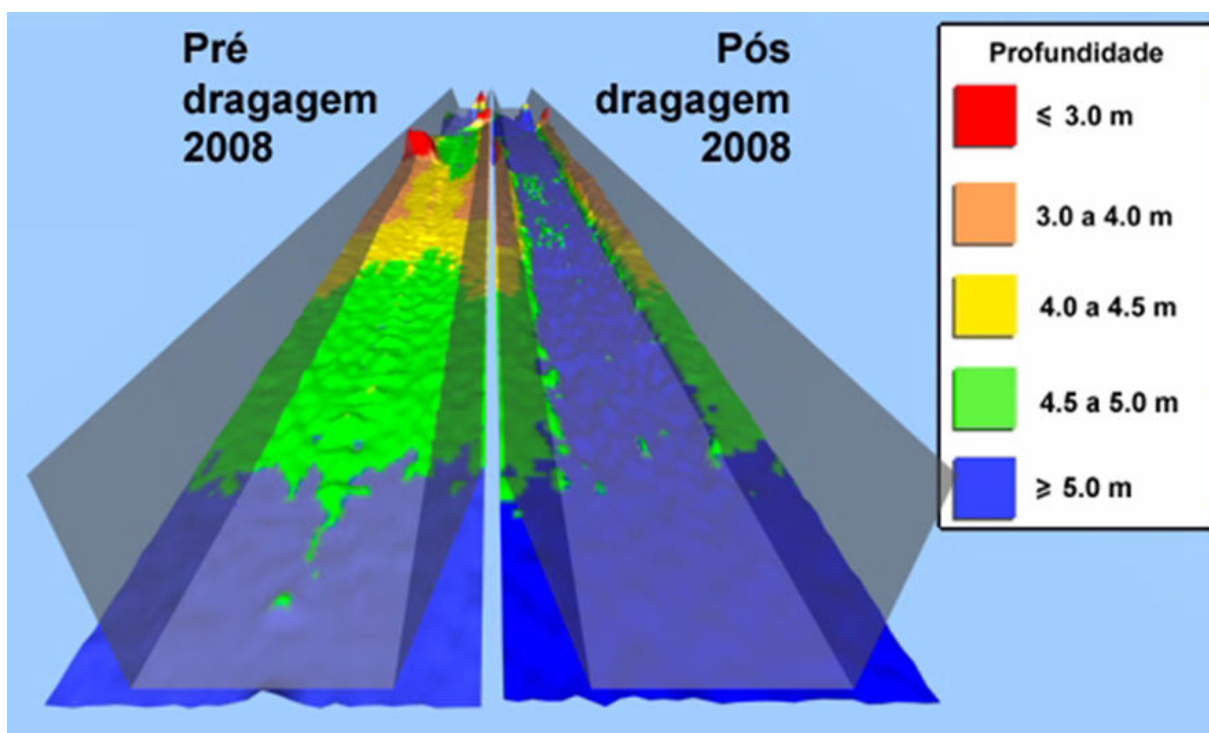
de forma satisfatória. O banco arenoso que oferecia os maiores riscos à navegação e cujos taludes nunca haviam sido dragados foi totalmente removido (veja Figura 3.1.3-28).

O volume “in situ” calculado pelas batimetrias aproximou-se do volume “in situ” calculado a partir dos volumes medidos em cisterna, com um erro muito pequeno, indicando confiabilidade e precisão para os coeficientes de empolamento aplicados.



**Figura 3.1.3-28 – Comparação tridimensional da dragagem da 7ª Campanha batimetrias pré e pós-dragagem – trecho do banco arenoso**

Assim, o canal pode ser considerado implantado a partir da 7ª Campanha (veja Figura 3.1.3-29). As próximas dragagens anuais deverão necessitar de volumes menores e representarão impactos ainda mais diminutos na região.



**Figura 3.1.3-29 – Comparação tridimensional da dragagem da 7ª Campanha batimetrias pré e pós-dragagem – Canal Implantado**

#### 3.1.3.4.3 Volumes de Dragagem

A Tabela 3.1.3-4 apresenta o histórico dos volumes dragados medidos em cisterna e os volumes “in situ” (na cava) calculados através dos coeficientes de empolamento. A referida tabela também apresenta para os anos de 2005, 2006, 2007 e 2008 a cubagem obtida a partir das batimetrias pré e pós-dragagem.

Para os anos de 2002 a 2005 utilizou-se o coeficiente de empolamento geral de 2,00. Para os anos de 2006, 2007 e 2008 considerou-se coeficiente de empolamento de 2,45 para os sedimentos lamosos, e coeficiente de 1,25 para os sedimentos arenosos. O coeficiente de empolamento da lama foi obtido de ensaio em laboratório pelo DHI, e o coeficiente de empolamento a ser utilizado para a areia foi indicado na licença de operação do IBAMA.

**Tabela 3.1.3-4 – Histórico dos volumes dragados**

Ano	Volume Dragado medido em Cisterna (m <sup>3</sup> )	Volume Dragado <i>in situ</i> (m <sup>3</sup> ) – Calculado pelo volume de cisterna	Volume Dragado <i>in situ</i> (m <sup>3</sup> ) – Calculado por batimetrias
2002	1.146.649	573.324	Períodos de dragagem longos (*)
2003	1.000.449	500.224	
2004	1.177.052	588.526	
2005	449.644	224.822	214.452
2006	413.938	185.854	180.183
2007	481.139	249.301	236.252
2008	427.561	246.016	246.310

(\*) Como se tratam de períodos muito extensos de dragagem, os assoreamentos ocorridos no período, além das desestabilizações de taludes nestas etapas de implantação, não permitem determinar o volume “in situ” a partir das batimetrias pré e pós-dragagem com precisão.

Análises realizadas da comparação entre as cubagens obtidas a partir das sondagens batimétricas com os volumes “in situ” calculados a partir dos coeficientes de empolamento adotados indicam que os coeficientes de empolamento em uso estão adequados (HM, 2006, 2007 e 2008).

A Tabela 3.1.3-5 apresenta os déficits de volume a dragar que restaram após as respectivas campanhas de dragagem. Observa-se que o déficit de dragagem ao fim de cada campanha decresceu de forma significativa após a 5ª campanha.

**Tabela 3.1.3-5 – Déficit após campanhas de dragagem realizadas**

Campanha/Ano	Volume de déficit após finalização de Campanha de Dragagem <i>in situ</i> (m <sup>3</sup> )
Início	880.000
1ª/2002	425.000
2ª/2003	301.000
3ª/2004	327.000
4ª/2005	209.000
5ª/2006	197.000
6ª/2007	152.000
7ª/2008	20.000

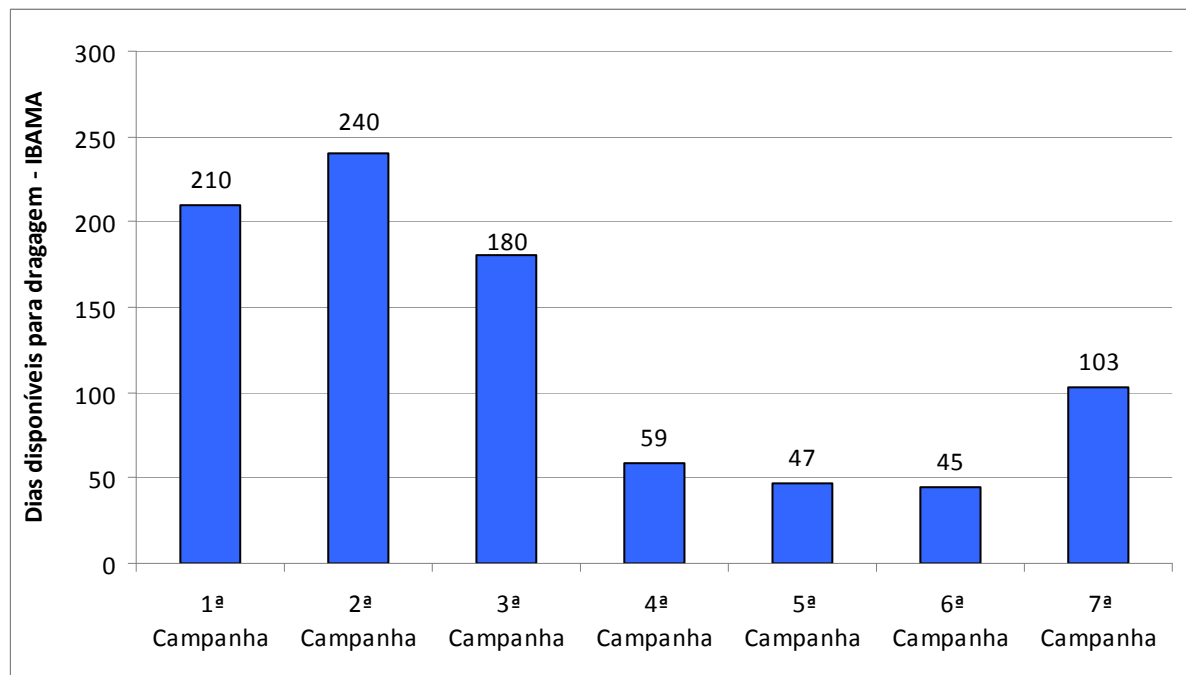
Quanto à magnitude dos volumes de sedimentos dragados no acesso ao Canal do Tomba, pode-se afirmar que representam volumes relativamente pequenos, quando comparados com volumes de outras obras de dragagem, tipicamente realizadas nos portos brasileiros. A Tabela 3.1.3-6 apresenta os volumes necessários para manutenção e aprofundamento de alguns importantes portos brasileiros. Os dados foram obtidos das autoridades portuárias responsáveis e constam no Plano Anual de Dragagem do Ministério dos Transportes para 2007.

**Tabela 3.1.3-6 – Volumes estimados de dragagem em 2007**

	Volume estimado para Manutenção em 2007 (m <sup>3</sup> )	Volume estimado de Aprofundamento em 2007 (m <sup>3</sup> )
Santos	3.660.000	2.500.000
Rio Grande - RS	1.670.000	2.000.000
Paranaguá	3.600.000	-
Rio de Janeiro	4.500.000	-

### 3.1.3.4.4 Tempo Disponível de Dragagem

Os períodos de tempo efetivamente disponibilizados para a dragagem, licenciados pelo órgão ambiental, são apresentados na Figura 3.1.3-30, em dias.



**Figura 3.1.3-30 – Dias efetivos disponibilizados para a dragagem**

Observa-se que o período de dragagem disponibilizado sofreu drástica redução após a 3ª Campanha, ficando muito reduzido entre a 4ª e 6ª campanhas de dragagem. O pouco tempo dificultou o cumprimento da meta de dragagem destas campanhas, tanto que nas mesmas o volume concedido não pode ser completamente atingido.

Obras de dragagem realizadas em barras de reduzidas profundidades são de produtividade mais lenta devido às correntes e efeitos das ondas em águas rasas. Essas dragagens precisam ser executadas com cautela para evitar colisões da embarcação com o fundo e taludes do canal como também situações de encalhe da mesma.

Na 7ª campanha o tempo licenciado para a dragagem foi adequado, considerando-se a disponibilização de duas dragas. No entanto, mesmo com o tempo de 103 dias não foi possível completar a dragagem do canal devido aos problemas de equipamento que esta campanha vivenciou. Assim, considerando-se as variáveis envolvidas, entende-se que um período de 4 meses, entre os defesos do camarão, é o mais seguro para que a obra de dragagem anual transcorra com precisão e tranquilidade.

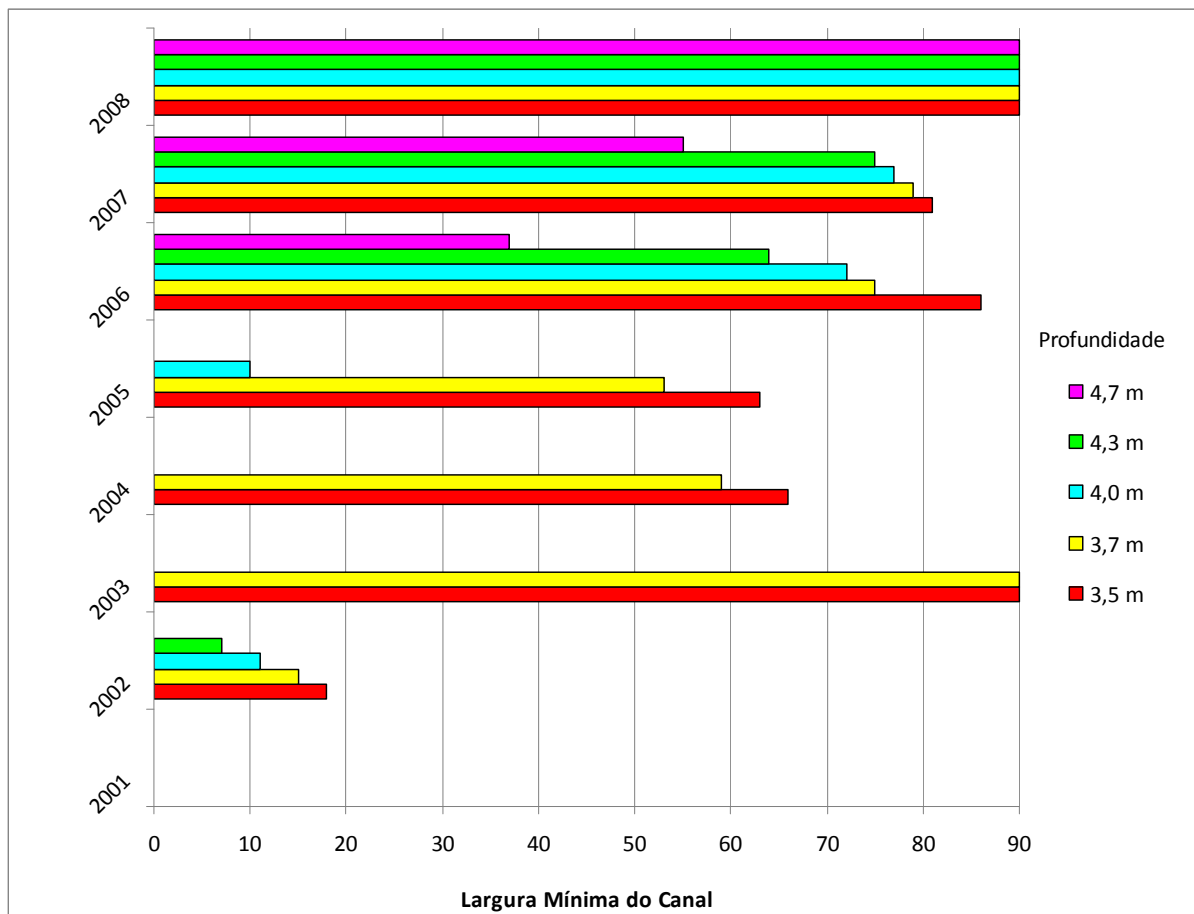
#### 3.1.3.4.5 *Resumo das condições de Navegabilidade*

Deve-se entender que dois parâmetros básicos regem a condição de navegabilidade do canal: largura e profundidade, os quais podem isoladamente comprometer a navegabilidade do canal de acesso.

A Figura 3.1.3-31 apresenta a evolução das profundidades e larguras para a seção mais crítica do canal de acesso ao final de cada respectiva campanha de dragagem. A determinação da seção mais crítica do canal é feita através de uma análise entre profundidade versus largura. A seção crítica do acesso ao Canal do Tomba tem sempre estado posicionada junto ao banco. Este trecho mais crítico do canal estende-se por aproximadamente 300 metros.

Pode-se observar que obstante as dificuldades impostas pelo curto período de dragagem disponibilizado, a navegabilidade melhorou sensivelmente na 5ª campanha (2006) e 6ª campanha (2007), sendo que na 7ª campanha (2008) praticamente atingiu-se navegabilidade plena no canal (canal livre em cota 4,7 m).





**Figura 3.1.3-31 – Evolução das profundidades e larguras para a seção mais crítica do canal de acesso**

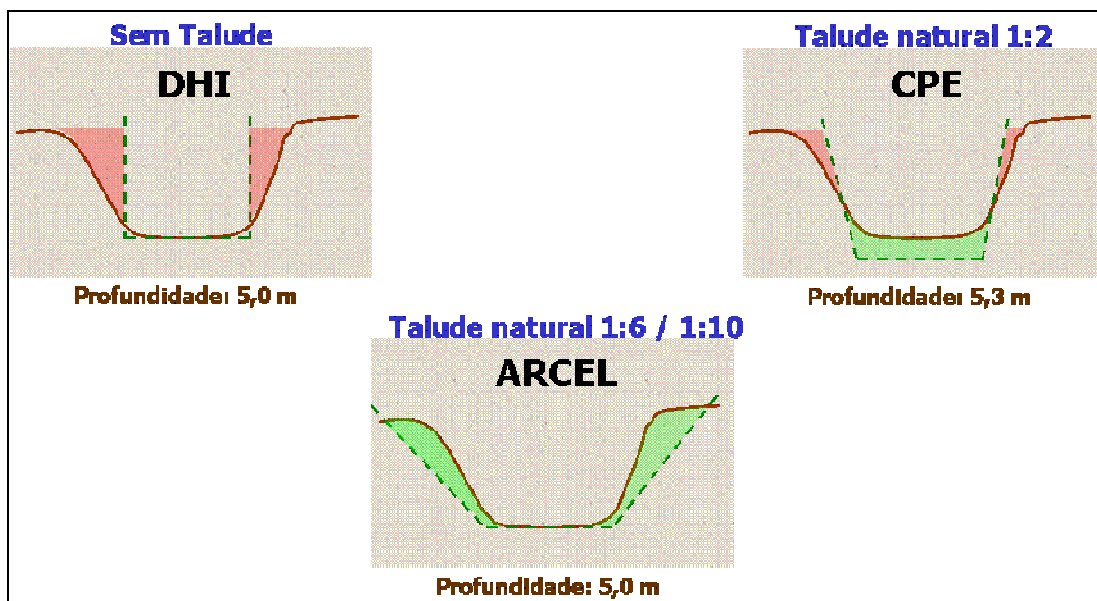
#### 3.1.3.4.6 Considerações acerca do Volume de Manutenção de Dragagem

O histórico de dragagem apresentado indica uma discrepância existente entre a situação real e o que foi inicialmente previsto no projeto conceitual de dragagem elaborado por DHI (2000a), o qual previa uma taxa de sedimentação anual da ordem de 65.000 m<sup>3</sup>/ano.

Baseando-se nas estimativas iniciais de DHI (2000a) concebeu-se que haveria uma dragagem de manutenção a cada dois anos no valor de 130.000 m<sup>3</sup>.

Esta discrepância é explicável e tem sido observada em diferentes projetos de engenharia costeira, cabendo citar abaixo as principais causas que levaram a esta subestimação nas taxas de sedimentação ao longo do canal e conseqüentemente no aumento da frequência de dragagens de manutenção:

- Os dados iniciais foram estimados com base em simulações obtidas através de modelos numéricos. Na ocasião, não existia uma série de dados que permitisse calibrar o modelo, em especial, com relação à sedimentação da lama, a qual hoje se sabe ser muito mais ativa do que inicialmente previsto;
- As simulações de DHI (2000a) foram elaboradas desconsiderando-se o talude do canal de navegação, o qual se acomoda naturalmente com declividades variando entre 1V : 6H e 1V : 10H. Como resultado, as simulações iniciais não contemplaram as áreas adjacentes ao canal, as quais possuem uma mobilidade sedimentar tão alta quanto o próprio canal. Por conta disto os valores simulados das taxas de sedimentação apresentaram-se menores que os reais. A Figura 3.1.3-32 apresenta esquema do canal de navegação com os diferentes taludes e profundidades projetadas.
- Desde o início dos serviços de dragagem no canal do Tomba até o presente, o projeto de engenharia vislumbra um canal com profundidade nominal de -5 m DHN e largura de 90 m. Tal situação nunca fora atingida por completo e, assim, o canal nunca trabalhou com a eficiência hidráulica necessária para coibir altas taxas de assoreamento.



**Figura 3.1.3-32 - Esquema do canal de navegação com diferentes taludes e profundidades projetadas por DHI, CPE-CEPEMAR e situação natural (ARCEL).**

Por essa razão e pela melhor compreensão da dinâmica do canal, após intensiva coleta de dados da região ao longo de cinco anos de operação, foi feito um segundo estudo de

revisão em 2006, pelo DHI e pela empresa norte-americana Coastal Planning and Engineering (CPE) especializada em obras de dragagem.

A conclusão desse estudo, agora contemplando os taludes naturais decorrentes da dragagem e considerando a sedimentação de lama correta, ajustou para 200.000 m<sup>3</sup> a necessidade anual de dragagem para manutenção do canal, com tolerância na ordem de 50.000 m<sup>3</sup> para mais ou para menos. Esse volume de sedimentos estimado de dragagem revisado não ficou significativamente acima do que foram previsto originalmente, caso a interpretação do relatório original contemplasse a realidade de uma obra de dragagem.

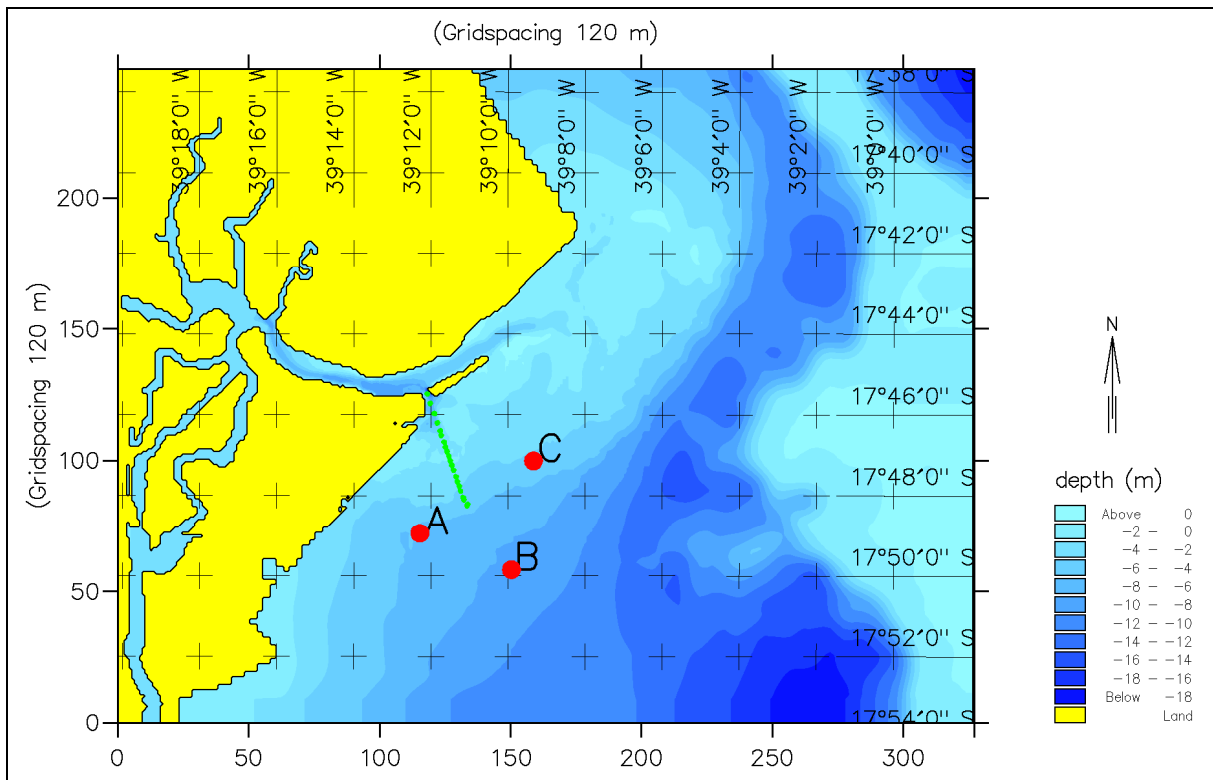
Esse volume de dragagem é bastante baixo se comparado com outros canais de acesso em outros portos brasileiros conforme apresentado anteriormente, já que o acesso dragado do Canal do Tomba, por estar sujeito à vazão do rio Caravelas e às correntes de maré, apresenta até certo limite um efeito de auto-limpeza hidrodinâmica, conforme previsto nos estudos numéricos mencionados anteriormente.

Infelizmente, tais efeitos de auto-limpeza, que reduziriam a quantidade de sedimento acumulado no ano, nunca puderam ser verificados, pois a obra jamais foi concluída até 2007 em função do pouco tempo de licenciamento entre 2005 e 2007. Com a implantação do canal em 2008, espera-se que tais efeitos possam ser observados e contribuam para menores volumes de dragagem para as campanhas subseqüentes.

### **3.1.4 Área de Descarte**

#### **3.1.4.1 Definição da Área de Descarte**

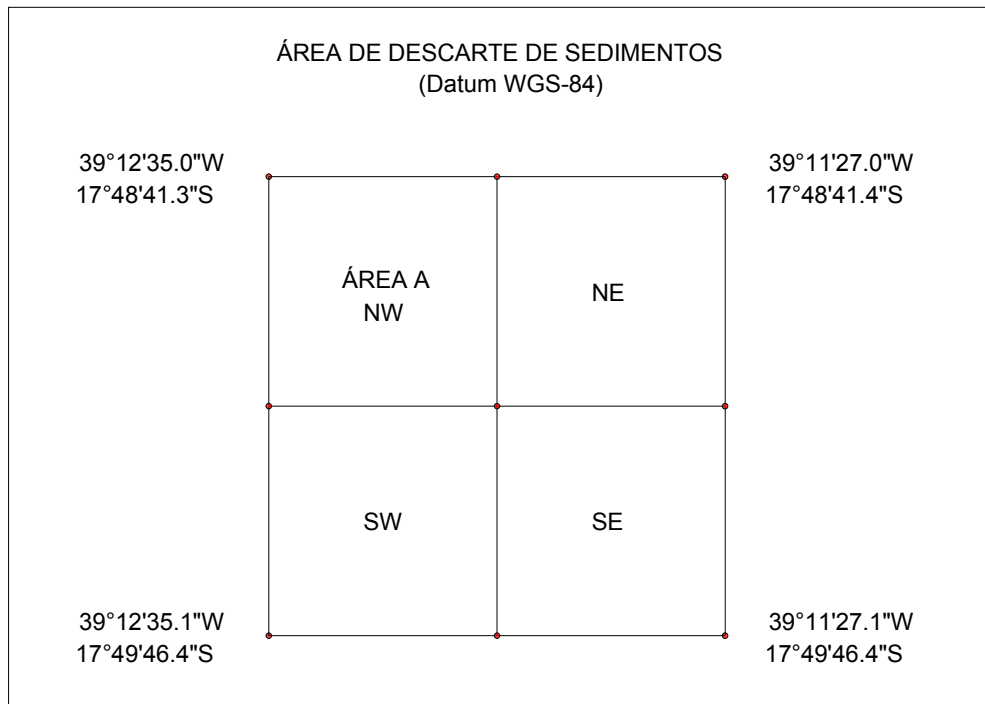
Para descarte do material no mar foram consideradas inicialmente 3 áreas, conforme mostrado na Figura 3.1.4-1, uma área situada a aproximadamente 3 km ao sul/sudoeste do canal de navegação (área A), outra situada após a área de dragagem no sentido perpendicular à linha de costa (contíguo ao canal do Tomba) e outra a aproximadamente 3 km para nordeste do canal de navegação.



**Figura 3.1.4-1 – Localização das Áreas de Descarte (pontos vermelhos) e do Canal de Navegação (pontos verdes).**

Estudos realizados com o objetivo de avaliar os potenciais impactos ambientais decorrentes da atividade de dragagem/descarte do canal de navegação devido à dispersão e sedimentação do material descartado, para as três alternativas de locais de disposição, indicaram que a Área de Descarte A apresentava as melhores características, com a geração de uma pluma bem definida, com menores concentrações de sedimentos e menor alcance.

Posteriormente a Área A foi ampliada para 2 x 2 km, de forma que a antiga Área A tornou-se o quadrante NW da nova área ampliada, veja Figura 3.1.4-2.



**Figura 3.1.4-2 – Divisões da Área de Descarte**

Da 1ª até a 4ª campanha de dragagem, todos os despejos foram realizados exclusivamente no quadrante NW da Área de Descarte. Tendo em vista o acúmulo de sedimentos e redução da profundidade local, foi solicitado e autorizado o descarte nos quadrantes NE e SE da área de descarte ampliada.

### **3.1.4.2 Estudos de dispersão e sedimentação devido ao despejo na Área de Descarte**

Vários estudos foram executados para a avaliação do impacto ambiental das atividades de dragagem no que concerne ao despejo dos sedimentos dragados na área de descarte autorizada. O principal objetivo destes estudos foi identificar a possibilidade do material sedimentar despejado ser carregado e/ou ressuspensionado pelas correntes e vir a se depositar em áreas próximas de recifes de corais, uma vez que os corais são reconhecidamente organismos sensíveis à sedimentação. Ainda, foram estimadas as variações das concentrações de sedimento em suspensão espacialmente, uma vez que altas concentrações podem diminuir a penetração da luz através da coluna d'água e, por conseguinte afetar os corais. Nestes estudos também se procedeu a verificações do potencial retorno do material dragado para a cava do canal de acesso.

A descrição detalhada dos estudos realizados é apresentada no item 3.6. A seguir, elencam-se os estudos realizados, com uma breve descrição.

- Estudo de Impacto Ambiental das Atividades de Descarte – DHI – Novembro de 2000

Neste primeiro estudo, o laboratório de hidráulica dinamarquês Danish Hydraulic Institute – DHI investigou a dispersão e sedimentação do despejo das atividades de descarte em conexão com a dragagem do canal de navegação, a fim de avaliar o impacto no meio ambiente considerando o volume de dragagem de implantação. Foram executadas simulações para três alternativas de locais para disposição, que permitiram definir a atual área de descarte como a mais apropriada relativamente às questões de sedimentação e turbidez.

- Estudo de Impacto Ambiental das Atividades de Descarte – Simulações Adicionais - DHI – Março de 2001

As simulações do estudo anterior consideram parâmetros da obra de dragagem que não se confirmaram. Assim, foram necessárias simulações de modelação numérica adicionais das atividades de descarte com valores alterados dos parâmetros relativos à capacidade de dragagem, volume do descarte e a duração da atividade de descarte. Os resultados confirmaram que o atual local escolhido não afeta os recifes de corais próximos da área de descarte, pois mesmo em condições de hidrodinâmica severa, a pluma não atinge os recifes.

- Estudo de Impacto Ambiental das Atividades de Descarte – Simulações Adicionais II - DHI – Maio de 2001

Este estudo inclui os resultados das simulações numéricas relativos à alteração do número de ciclos de dragagem por dia e uma análise da sensibilidade relativa ao tamanho dos grãos do sedimento. Também apresenta simulações numéricas da dispersão e sedimentação do despejo nas áreas de descarte partindo de uma situação representando as condições hidrodinâmicas durante o inverno. O estudo conclui que a alteração do número de ciclos não altera as condições de deposição e da concentração de sedimentos em suspensão. Quanto ao descarte durante o período de inverno, conclui que a pluma tem direção predominante norte, mantendo-se próxima da linha de costa sem qualquer indicação de aproximação dos recifes de corais do arco interno.

- Avaliação do Impacto Ambiental das Atividades de Descarte de Sedimentos Oriundos da Dragagem do Canal de Acesso ao Canal do Tomba – Março de 2002

Este estudo consistiu de uma campanha intensiva de monitoramento em campo da pluma originada pelo despejo dos sedimentos na área de descarte. Através de medições em campo das concentrações durante e após a dragagem pôde-se

detalhar a extensão, intensidade e deslocamento da pluma em condição de baixa e alta hidrodinâmica. Os resultados em campo documentaram que a pluma tem tamanho e alcance muito restrito e que a modelação numérica foi muito conservativa nos estudos anteriores. O presente estudo em campo em conjunto com as modelações numéricas já realizadas descarta a possibilidade do material em suspensão oriundo do descarte de dragagem atingir os recifes próximos de Sebastião Gomes, Coroa Vermelha e Nova Viçosa. O DHI ainda recomenda que nenhuma medição adicional relativamente ao despejo do material dragado seja executada, porém recomenda que os monitoramentos de ondas, correntes e turbidez tenham continuidade.

### **3.1.5 Licenças e autorizações para a dragagem**

As licenças e autorizações para dragagem estão disponíveis nos Anexos C e D deste Estudo.

### **3.1.6 Histórico e Síntese dos Programas de Monitoramento Ambiental**

#### **3.1.6.1 Evolução do Fundo Submarino da Área de Descarte**

Esse monitoramento tem por objetivo apresentar uma análise da evolução do fundo submarino na área de descarte utilizada na operação de dragagem, através da realização de batimetrias de alta resolução. Na fase pré-operacional (antes do início das dragagens) foi realizada uma campanha (janeiro/2000) para se estabelecer uma batimetria de base para a área de descarte. Até o momento já foram realizadas 36 sondagens batimétricas da área de descarte, sendo que atualmente nas últimas campanhas de dragagem tem se realizado batimetrias mensalmente durante a dragagem, uma após três meses e outra após seis meses do término da dragagem.

A Figura 3.1.6-1, Figura 3.1.6-2 e Figura 3.1.6-3 apresentam, respectivamente, uma visualização tridimensional das batimetrias da área de descarte para os períodos de 2000, pré-dragagem e pós-dragagem da 6ª campanha em 2007. De forma a se tornar possível uma melhor visualização das feições do fundo, todas as figuras tridimensionais foram exageradas em 100 vezes na vertical. A batimetria de janeiro de 2000 não foi executada em alta resolução, portanto não apresenta as rugosidades que podem ser vistas nas batimetrias posteriores da área de descarte.

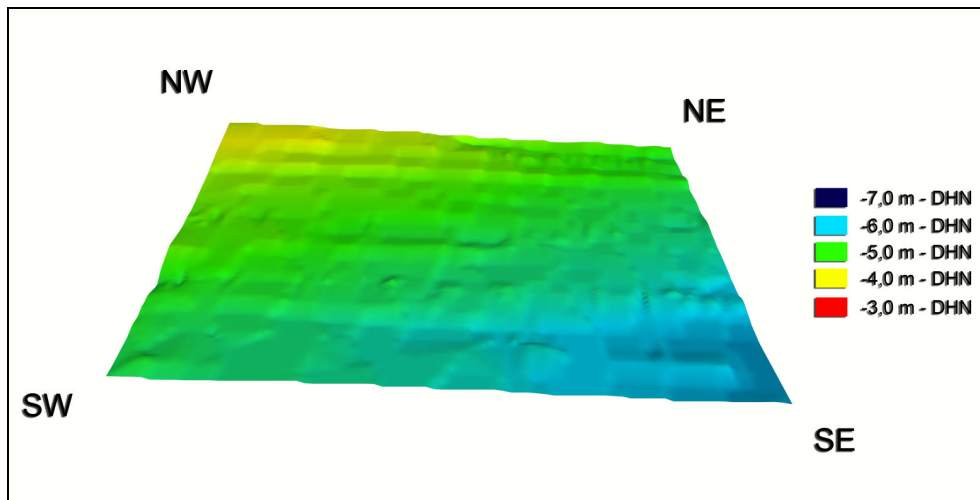


Figura 3.1.6-1 – Batimetria em 2000 para a área de descarte – Pré-operacional

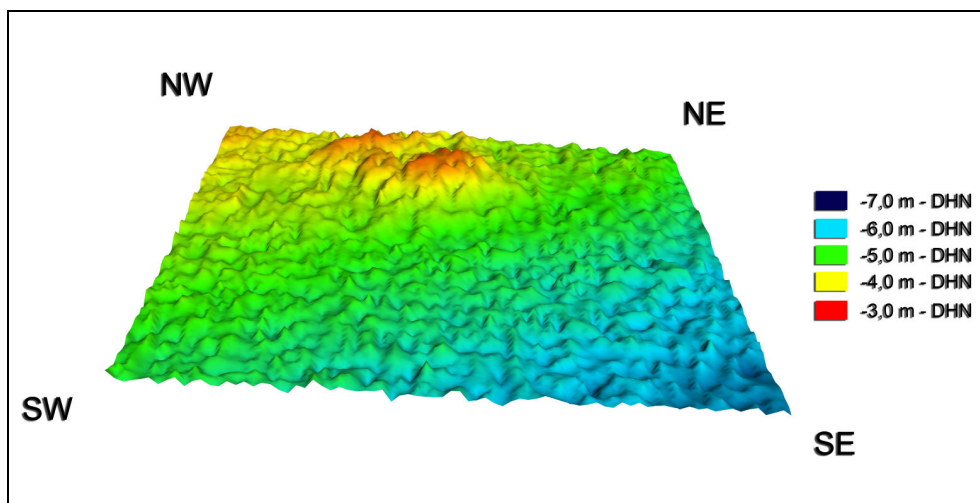
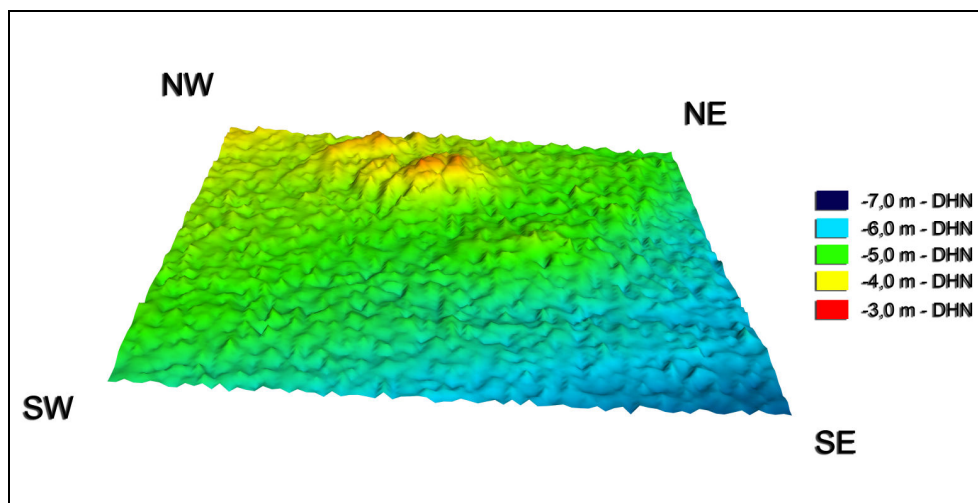


Figura 3.1.6-2 – Batimetria Pré-Dragagem da 6ª Campanha





**Figura 3.1.6-3 – Batimetria Pós-Dragagem da 6ª Campanha**

A Tabela 3.1.6-1 apresenta um resumo de parâmetros de profundidade da Área de Descarte para as três batimetrias apresentadas.

**Tabela 3.1.6-1 – Resumo de parâmetros de profundidade – Comparação pré e pós-dragagem**

Batimetria	Profundidade máxima (DHN)	Profundidade mínima (DHN)	Profundidade média (DHN)
2000 – Pré-operacional	-6,30 m	-3,80 m	-5,187 m
Pré-dragagem – 6ª Campanha	-6,79 m	-3,11 m	-4,985 m
Pós-dragagem – 6ª Campanha	-6,81 m	-3,11 m	-4,869 m

Os resultados indicam que, apenas um trecho, localizado no canto NW da área delimitada para descarte do material dragado apresentou alguma modificação sensível de profundidade e morfologia durante as campanhas de dragagem.

A feição observada no quadrante NW foi criada logo após a atividade de dragagem de implantação em 2002 e 2003, devido principalmente ao descarte de material arenoso que foi retirado da barra de vazante.

A fim de não aumentar as alterações morfológicas ocorridas no quadrante NW, a partir da 5ª campanha de dragagem, realizada no início de 2006, não estão sendo mais executados descartes no referido quadrante da área de descarte.

Os descartes realizados a partir de 2006 estão sendo priorizados nas áreas SE e NE, em locais nestas áreas em que a profundidade situe-se além de -5,0 m DHN e de forma a não concentrar os despejos em poucos pontos.

As análises das batimetrias pré-dragagem, pós-dragagem e 3 meses após a dragagem da 5ª e 6ª campanhas, indicaram que a disposição dos sedimentos dragados nestas áreas tem apresentado condições satisfatórias de dispersão, uma vez que a dispersão não ocorre rapidamente disponibilizando o sedimento na coluna líquida com intensidade, e não tem se originado feições morfológicas no fundo persistentes.

### **3.1.6.2 Monitoramento dos Perfis de Praia no Entorno da Barra do Tomba**

A área de estudo compreende a desembocadura do Canal do Tomba e as praias no seu entorno, voltadas para o mar. O monitoramento se dá através do acompanhamento anual do comportamento de um total de 13 perfis de praia (Figura 3.1.6-4). A partir de cada marco (S1 a S13) são determinados topograficamente os perfis de praia, que se estendem até a cota de -1,0 m em relação ao nível médio da DHN, utilizando como referência a régua maregráfica da DHN, instalada no Porto de Caravelas.

Na fase pré-operacional (antes do início das dragagens) foram realizadas duas campanhas (junho/2000 e março/2001) para se estabelecer uma linha de base para os perfis das praias. Até o momento foram levantados os seguintes perfis topográficos: junho de 2000, março de 2001, agosto de 2002, maio de 2003, agosto de 2003, novembro de 2003, fevereiro de 2004, maio de 2004, agosto de 2004, fevereiro de 2005, junho de 2005, abril de 2006 e abril de 2007, perfazendo-se um total de 13 campanhas.

Fotografias aéreas e imagens de satélite de 1957 a 2001 (série de longo prazo – pré-operacional) indicam ocorrência de um recuo generalizado da linha de costa, o que é confirmado pelos levantamentos recentes (série de curto prazo – pós-operacional), isto é, um recuo da linha de costa vem acontecendo de forma natural a longo tempo.

O levantamento realizado em abril de 2007 apresenta seções com recuos de linha de costa dentro das taxas esperadas, com muitas seções praticamente estáveis em relação ao levantamento anterior realizado em abril de 2006. Os recuos de linha de costa observados no conjunto dos levantamentos topográficos de perfis situam-se abaixo dos recuos esperados pela análise histórica de 1957 a 2001. Assim, com base nos dados pretéritos e atuais, não se constata nenhuma relação direta da dragagem do canal de acesso com relação aos processos erosivos observados nos perfis monitorados.

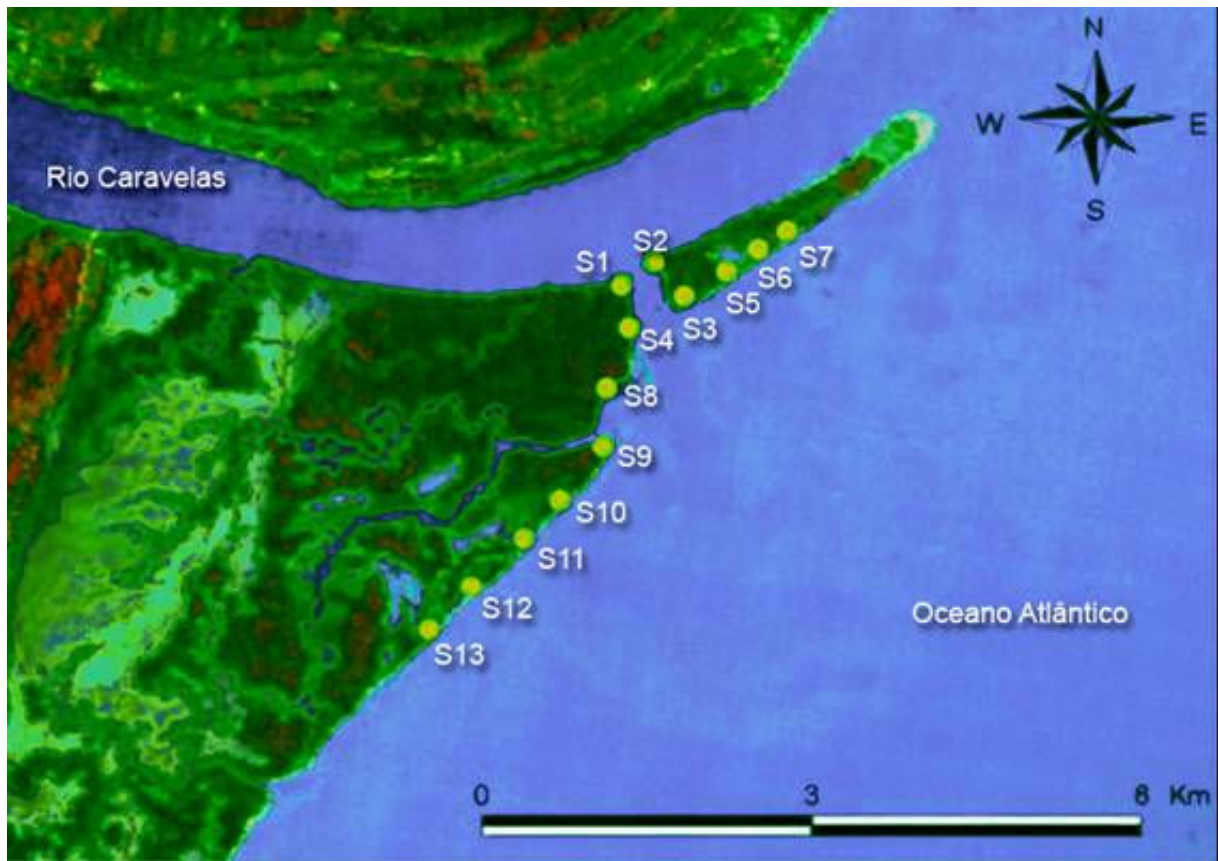


Figura 3.1.6-4 – Pontos do monitoramento de perfis de praia

### 3.1.6.3 Hidrodinâmica da Zona Costeira de Caravelas

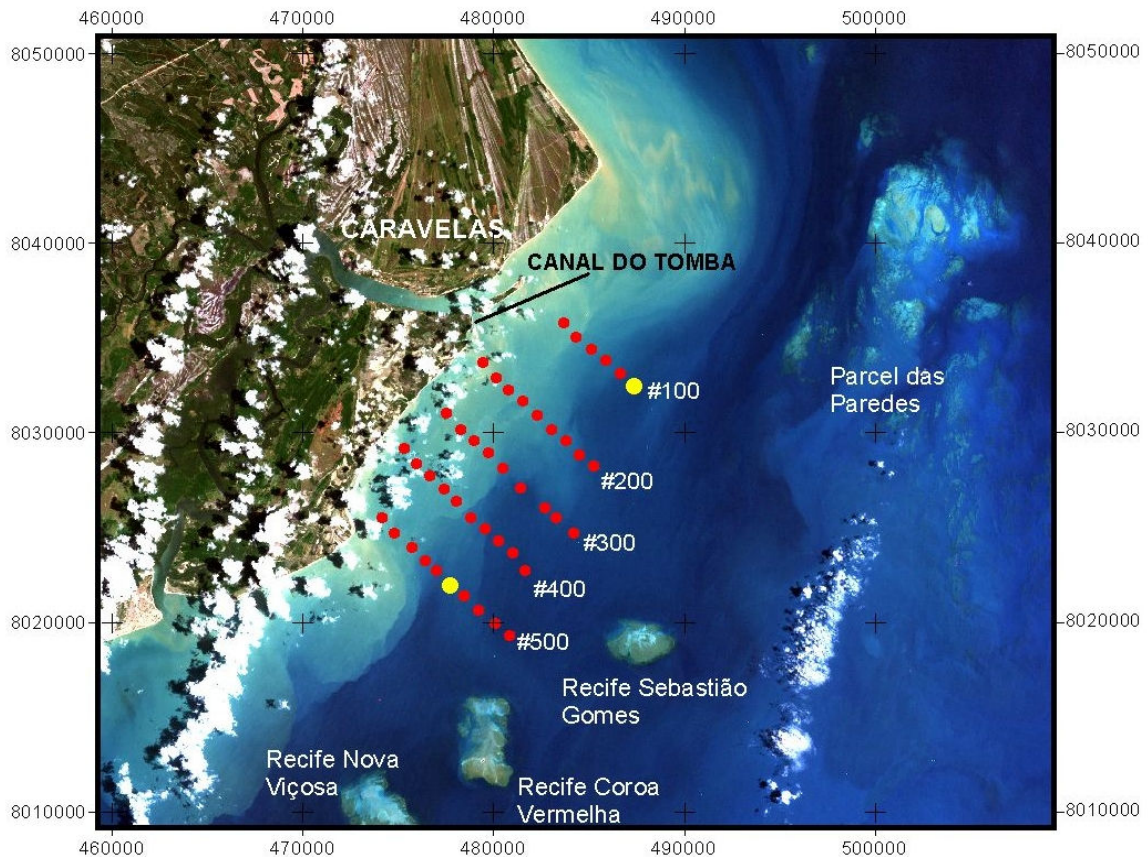
Desde janeiro de 2002, a variação temporal da intensidade e direção das correntes marinhas, bem como a variação da maré, da altura de ondas, e da turbidez da água são registradas por meio de dois correntômetros eletromagnéticos InterOcean Systems, modelo S4ADW, fundeados a 3 metros do fundo (veja Figura 3.1.6-5 e Figura 3.1.6-6), nas estações #506 e #106 de uma malha amostral constituída por 45 pontos definida pelo IBAMA (veja Figura 3.1.6-7). As estações #506 e #106 estão situadas aproximadamente a 10 km da costa, em profundidades de -10,0 m DHN.



**Figura 3.1.6-5 – Bóia de sinalização do fundeio dos correntômetros**



**Figura 3.1.6-6 – Correntômetros que estão instalados a 3 metros do leito marinho nas estações #106 e #506**



**Figura 3.1.6-7 – Distribuição espacial das 45 estações destacando-se em amarelo os locais de fundo dos correntômetros S4ADW**

Os resultados de cinco anos de monitoramento, das variáveis ambientais ondas, correntes, marés, indicam:

#### 3.1.6.3.1 Marés

A maré foi registrada a partir da variação de profundidade da lâmina d'água sobre os aparelhos S4ADW. A maré pode ser classificada como mesomaré (amplitude entre 2 e 4 metros). Os valores máximo e mínimo registrados foram de 3,39 m e -0,28 m DHN, respectivamente.

#### 3.1.6.3.2 Correntes

São de baixa intensidade (média de aproximadamente 0,20 m/s), orientadas principalmente paralelamente à costa, provenientes de NE (mais freqüente) e SW, fortemente influenciadas pelo vento local.

### 3.1.6.3.3 Ondas

Os dados de onda registrados indicam que:

- A estação mais ao sul, #506 é mais exposta à ação das ondas do que a estação #106;
- As alturas de ondas são baixas, média inferior a 0,50 m;
- Os rumos de incidência predominantes são NE e SE (direção menos influenciada pelos arrecifes da região).

### 3.1.6.4 Turbidez

Os dados de turbidez são obtidos de duas maneiras: registros contínuos, através dos aparelhos fundeados nas estações #106 e #506 e através de campanhas de campo que coletam informações em 45 estações distribuídas na área de estudo (Figura 3.1.6-7).

As campanhas de monitoramento espacial da turbidez (45 estações) foram feitas ao longo da coluna da água, em intervalos de 1 m, de 2001 a 2005, e a partir dos monitoramentos de 2006, em três profundidades: superfície, meio e fundo, perfazendo um total de 96 campanhas até o presente.

O objetivo deste estudo é acompanhar, através dos 45 pontos de amostragem, a magnitude e a extensão espacial dos impactos associados às atividades de dragagem ao longo Canal do Tomba.

A principal conclusão dos resultados das estações fixas (correntômetros) foi:

- A partir dos dados coletados ao longo dos quase 5 anos de operação verifica-se que não há qualquer influência na turbidez nos locais das estações causada pela dragagem.

A principal conclusão dos resultados do monitoramento espacial (45 estações) foi:

- A partir dos resultados obtidos com as 45 estações conclui-se que as variações da turbidez na região de estudo são comuns e causadas por fenômenos físicos naturais, sendo detectadas variações da turbidez devido à dragagem somente localmente nas áreas de dragagem e descarte em uma extensão espacialmente restrita.

### 3.1.6.5 Monitoramento Físico-Químico e Biológico na Região de Caravelas

Durante o período de julho/2000 a outubro/2004 foram realizadas sete campanhas de amostragens, sendo duas para o EIA/RIMA (inverno/2000 e verão/2001), uma na fase pré-dragagem (abril/2002) e mais quatro no período de operação da dragagem, uma para cada estação do ano, no período de fevereiro/2003 a maio/2004. Em 2005 foram realizadas três campanhas: antes, durante e um mês após a operação de dragagem. Em 2006 e 2007, duas campanhas para cada ano: uma durante e outra três meses após o término da operação de dragagem.

Para a análise da qualidade da água (transparência, temperatura, salinidade, OD, condutividade, pH, clorofila, fosfato, fósforo total, amônia, nitrato, nitrito, nitrogênio total, turbidez e CSS) e biológica do plâncton, as amostras são coletadas em sete estações e em duas profundidades, na superfície e fundo. As estações são: (1) no Canal de Caravelas (região estuarina), em frente ao Terminal de Barcaças da ARCEL; (2) dentro da área de dragagem; (3) no centro da área de descarte; (4) e (5) na área preferencial de dispersão da pluma de descarte (sentido preferencial das correntes) e (6) e (7) ao norte da área de dragagem (estações controle).

Os estudos da comunidade bentônica são realizados através de amostragem por meio de arrasto e de corer. A posição dos pontos de amostragem está assim distribuída: (1) Área do Canal; (2) Área de Descarte; (3) Área da Pluma e (4) Área Controle. Os resultados alcançados indicam:

#### 3.1.6.5.1 Físico-químico

Os resultados das análises podem ser considerados normais com relação aos padrões de qualidade da água comuns para águas costeiras. O monitoramento conclui que as variáveis físico-químicas da água não diferem significativamente entre os pontos de coleta, nem entre as áreas de despejo nem entre pontos de controle, refletindo apenas mudanças sazonais naturais. As baixas concentrações de nutrientes mostram que não está havendo liberação significativa para a coluna d'água devido às atividades de dragagem. Portanto, no monitoramento físico-químico não são observados efeitos deletérios permanentes às águas ou aos sedimentos relacionados às atividades de dragagem.

#### 3.1.6.5.2 Biológico

As evidências da sazonalidade afetando as variáveis biológicas mais profundamente do que as diferenças espaciais indicam que a dinâmica do ambiente é suficientemente acentuada para dispersar o material dragado e não ocasionar danos ao meio biológico. Os resultados

demonstram que os efeitos da dragagem na biota são localizados e que a comunidade rapidamente se restabelece, demonstrando uma alta resiliência.

### **3.1.6.6 Monitoramento dos Recifes de Corais**

O monitoramento dos recifes de corais consiste em duas partes:

- Monitoramento das taxas de deposição de sedimentos;
- Monitoramento do estado de preservação dos corais.

Os monitoramentos iniciaram-se no ano de 2001, antes do início das dragagens na região e têm sido mantidos até o presente.

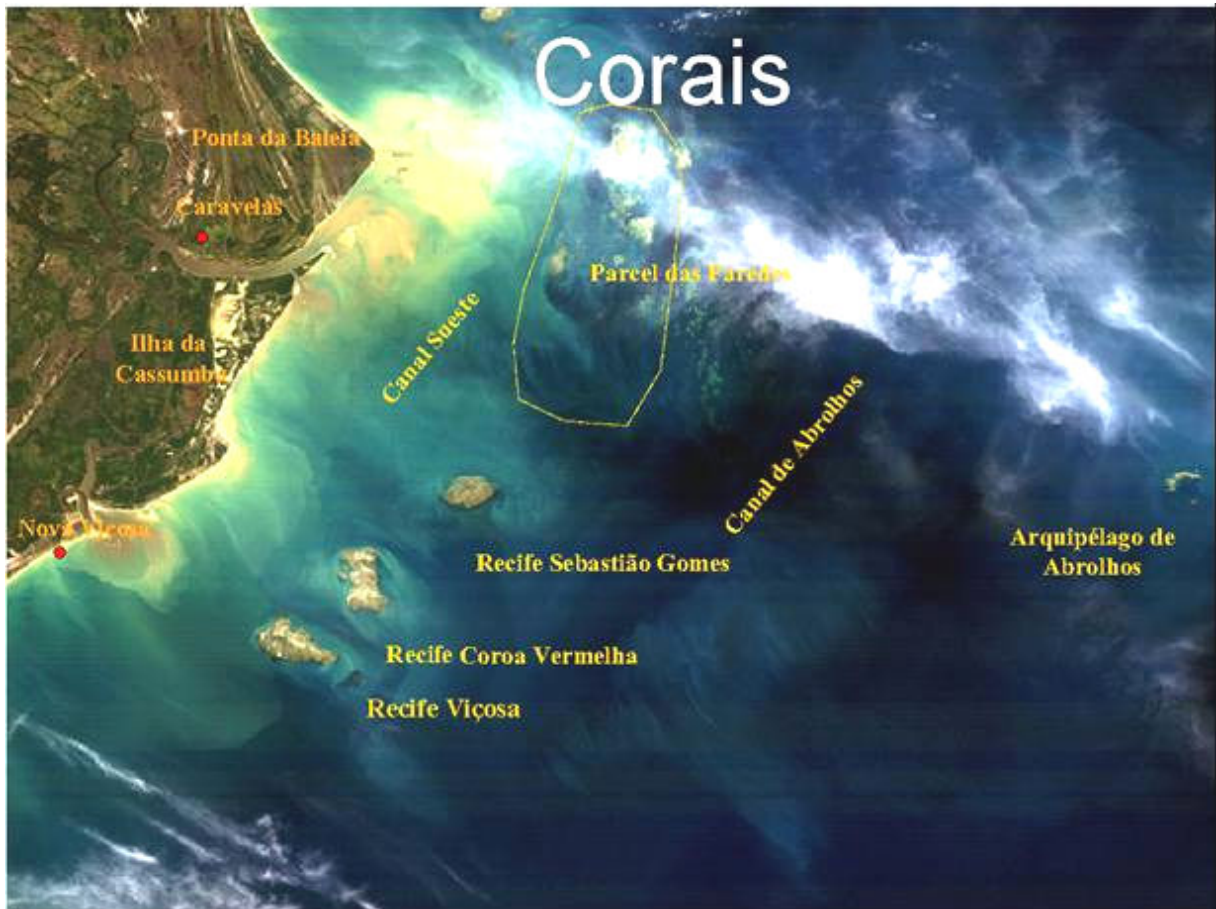
No decorrer de todo o período monitorado, a quantidade de sedimento aprisionada dentro das armadilhas não apresentou crescimento durante e após as campanhas de dragagem realizadas na região. Os dados das taxas de sedimentação obtidos durante todo o processo de monitoramento, que se iniciou em 2002, mostram valores semelhantes ou inferiores àqueles encontrados no ano de 2001, antes do início das dragagens na região. As taxas de deposição resultantes refletem diretamente as condições climáticas e oceanográficas encontradas nestes recifes durante os períodos monitorados.

Assim, os resultados de deposição indicam que não há qualquer influência da dragagem na dinâmica deposicional de sedimentos dos recifes monitorados, o que corrobora com os resultados das modelações numéricas executadas pelo DHI e demais estudos de campo.

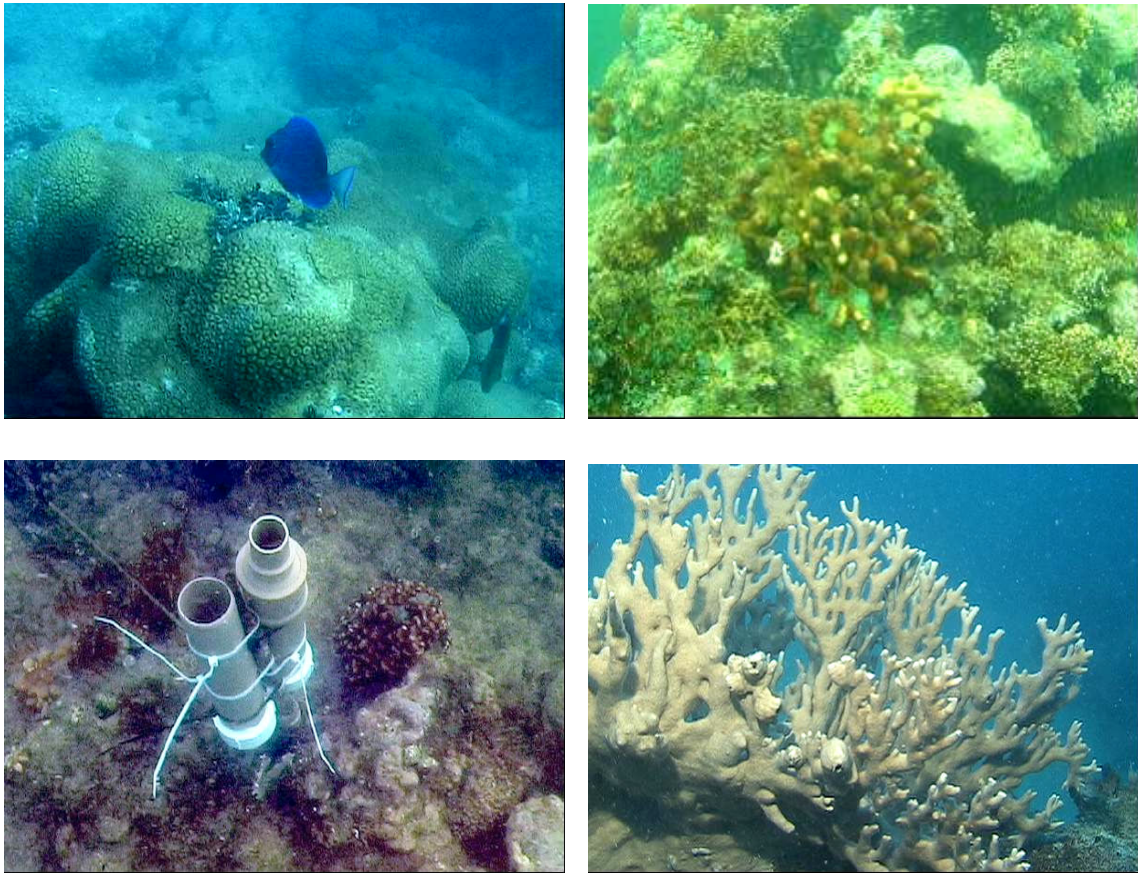
Relativamente ao estado de preservação dos corais, durante as campanhas de monitoramento realizadas até o presente momento, não foram encontradas alterações de vitalidade nas colônias de corais. As condições de vitalidade encontradas para as estações monitoradas até o momento mostram colônias de corais sem a presença de doenças ou de mortalidade em massa, mesmo com a evidenciada alta taxa de deposição natural que atinge estes organismos recifais.

Na Figura 3.1.6-8 apresenta-se a localização dos principais recifes da região, destacando-se o arquipélago dos Abrolhos e na Figura 3.1.6-9 observam-se fotos de corais e de armadilhas para captura de sedimento em um dos recifes monitorados.





**Figura 3.1.6-8 – Localização dos principais recifes de coral da região, destacando-se o arquipélago de Abrolhos a aproximadamente 70 km da costa**



**Figura 3.1.6-9 Fotos dos corais durante campanha de monitoramento em 2006, destacando-se as armadilhas para captura de sedimentos (abaixo à esquerda)**

### 3.1.6.7 Monitoramento de Camarões

Este monitoramento tem como objetivo avaliar a evolução da produção de camarões por arrasto, computando-se também o comprimento do cefalotórax e sexo em diferentes estágios de vida. O monitoramento iniciou-se em 2001, antes do início das atividades de dragagem, mantendo-se contínuo até 2005. Em 2007 o monitoramento foi retomado com frequência mensal e com melhorias na metodologia.

A avaliação da produtividade de camarão (gramas / hora de arrasto) é atualmente monitorada em quatro pesqueiros da região de Caravelas. As análises são obtidas através da comparação dos resultados com dados de campanhas realizadas antes e após o início da dragagem.

A produção média obtida dos monitoramentos é de 3,5 kg/h, sendo similar à encontrada em outras regiões brasileiras em que se pratica a pesca do camarão sete-barbas. O

monitoramento específico do banco camaroneiro confirma os resultados obtidos no monitoramento das comunidades bentônicas para o *X. kroyeri*, isto é, a existência de padrão oscilatório na abundância, pouca separação entre as estações de coleta nos períodos pós-dragagem e a recuperação da espécie meses após o impacto nas áreas diretamente afetadas. Através das evidências demonstradas pelo desenvolvimento do monitoramento do Banco Camaroneiro ao largo de Caravelas, não há indicação de impacto negativo sobre o banco explorado nas regiões adjacentes ao canal dragado e à área de descarte.

As informações geradas nesse monitoramento têm orientado o IBAMA quanto ao período de defeso do camarão na região.

Na Figura 3.1.6-10 é apresentado um exemplar de camarão capturado no monitoramento e na Figura 3.1.6-11 observa-se foto de embarcações pesqueiras que utilizam o Canal do Tomba.



**Figura 3.1.6-10 – Camarão capturado no monitoramento**



**Figura 3.1.6-11 – Embarcação pesqueira da região**

### **3.1.6.8 Conclusões dos monitoramentos ambientais**

A análise dos resultados dos monitoramentos ambientais, realizados em Caravelas, evidencia que as atividades de dragagem no meio ambiente marinho da região não impactam os recifes de corais, sendo detectáveis apenas impactos pontuais, de baixa magnitude e rapidamente reversíveis, que não ocasionam efeitos deletérios permanentes ao meio ambiente.

Os monitoramentos demonstram que os fatores naturais são os responsáveis pelas variações das estruturas e parâmetros monitorados, tanto nos períodos em que ocorreram operações de dragagem e descarte quanto nos estudos realizados nos períodos pré-dragagem.

A realização destes monitoramentos possibilita o estabelecimento de medidas preventivas, corretivas e de procedimentos que mitiguem ou evitem os efeitos causados pela atividade de dragagem, casos estes possam ser identificados ou ocorram.

Além disso, os dados dos monitoramentos, em intensidade e qualidade inéditas no Brasil, foram disponibilizados para instituições de pesquisa e universidades, sendo a mais completa e detalhada base de dados de uma região costeira do país, o que contribui de forma determinante no avanço de conhecimentos críticos para compreensão do meio-ambiente local e desenvolvimento técnico-científico do país.

Mais ainda, a extensa e complexa lista de monitoramentos realizados em Caravelas têm servido ao IBAMA como laboratório para definição de critérios para aplicação nos empreendimentos de dragagem do país.

### **3.1.7 Outros empreendimentos próximos à área do Terminal de Caravelas**

#### **3.1.7.1 Terminal Marítimo de Belmonte**

O Terminal Marítimo de Belmonte (TMB), implantado em 2002 está localizado na orla marítima entre Belmonte e Santa Cruz de Cabrália distante do Terminal de Caravelas em aproximadamente 200 km. A finalidade deste empreendimento é o embarque de celulose produzida pela Veracel em Belmonte/BA com destino ao Portocel em Barra do Riacho, de forma a atender a logística necessária ao escoamento da produção da Veracel e atender a futuros volumes crescentes na produção de celulose, Cepemar (2004a).

O empreendimento do TMB, portanto, possui uma função logística de movimentação portuária especializada para o embarque de celulose branqueada de eucalipto.

Após a implantação do quebra-mar destacado que possibilita o abrigo das ondas no terminal, iniciou-se a evolução de um saliente costeiro que atingiu a área de atracação do cais do terminal, reduzindo suas profundidades. Para janeiro de 2005, segundo Cepemar (2004a), estimou-se uma dragagem de 270.000 m<sup>3</sup> *in situ* para a remoção do saliente e restabelecimento das condições de uso do terminal. Após essa dragagem inicial, Cepemar (2004a) estima ser necessária uma dragagem anual de 115.000 m<sup>3</sup> *in situ* para manutenção das profundidades. Os sedimentos dragados deverão ser descartados em uma área do fundo marinho de 1 km<sup>2</sup> cujo centro dista cerca de 3 km do TMB. Neste local o fundo marinho é recoberto por sedimentos finos com textura que varia de lama a lama arenosa, portanto com uma granulometria compatível àquela dos sedimentos a serem dragados.

#### **3.1.7.2 Terminal Especializado de Barra do Riacho – PORTOCEL**

O Terminal Especializado de Barra do Riacho, está situado na praia das Conchas (19° 50' 15" S / 40° 03' 00" W ), município de Aracruz, litoral norte do Estado do Espírito Santo,

próximo ao distrito de Barra do Riacho, a 30 milhas náuticas ao norte do porto de Vitória, ao qual está jurisdicionado. A infra-estrutura de transportes do terminal é completa; a celulose chega ao Portocel por diferentes modais de transporte: rodoviário, ferroviário e marítimo (através de barcaças).

As instalações principais do terminal estão localizadas distantes 2 km da fábrica da Aracruz Celulose, dentro da área do Porto Organizado de Barra do Riacho compreendido entre dois molhes de abrigo. Este porto pode ser considerado uma exceção dentre os demais portos brasileiros, já que possui profundidade suficiente para o tráfego de navios e barcaças, não necessitando de dragagem. O acesso rodoviário ao porto cruza a rodovia ES 010, integrante do sistema viário estadual com interligações com os sistemas municipal e federal do Estado do Espírito Santo.

A seguir é apresentada a Figura 3.1.7-1 com vista geral do Portocel:



**Figura 3.1.7-1 – Vista geral do Porto Organizado de Barra do Riacho**

## **3.2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO**

### **3.2.1 Considerações Gerais**

O empreendimento tem como objetivo dragagem de manutenção, que demanda aproximadamente 250.000 m<sup>3</sup> de sedimento a cada ano, a fim de manter o acesso ao Canal do Tomba de acordo com o gabarito de navegação projetado desde 2001. Com o canal permanecendo dentro dos requisitos de profundidade e largura do gabarito de projeto, a navegação é segura e independente da condição de nível de maré.

Embora as obras de dragagem tenham se iniciado em 2002 e sete campanhas de dragagem já tenham sido promovidas até o momento, somente nesta última se conseguiu implantar definitivamente o canal. Nos últimos anos o déficit de dragagem foi decrescendo, e após a dragagem da 7ª campanha realizada em 2008, pôde-se considerar que o canal foi definitivamente implantado de acordo com o gabarito de projeto.

Nos itens a seguir seguem as justificativas para realização da dragagem de manutenção do canal de acesso ao Terminal de Caravelas com base nos aspectos técnicos, econômicos e sociais, ambientais e políticos-governamentais, considerando-se os prós e contras das três hipóteses seguintes:

- Não execução da dragagem de manutenção;
- Continuidade da execução da dragagem com as restrições atuais;
- Execução da dragagem conforme projeto apresentado neste estudo.

### **3.2.2 Aspectos Técnicos**

Considerando-se a hipótese de não realização da dragagem, ocorre a inviabilização da continuidade do modal marítimo para transporte de madeira, de Caravelas para Aracruz. Sem a dragagem o canal torna-se não navegável em qualquer condição de maré, pois ocorrerá a reformação da barra arenosa de vazante e retorno das baixas profundidades naturais.

A continuidade das restrições de dragagem, principalmente de tempo, tem dificultado a dragagem do canal a fim de atender o gabarito de navegação. A continuidade dessa

situação causa grande prejuízo operacional, pois torna o canal acessível apenas em situação de nível de maré elevados.

A execução da dragagem, conforme projeto proposto e prazo solicitado, permitirá a navegação segura e independente da condição de maré, permitindo uma taxa de transporte adequada para a infra-estrutura já implantada.

### **3.2.3 Aspectos Econômicos e Sociais**

Considerando-se a hipótese de não realização da dragagem não há razão da continuidade de operação do Terminal Marítimo de Caravelas, logo todo investimento aplicado na implantação e manutenção do terminal seriam perdidos, e com este o desenvolvimento econômico e social já resultante e potencial do empreendimento no município de Caravelas. Neste caso a produção de madeira teria que ser escoada pelo sistema de transporte rodoviário, como era realizado antes da implantação do terminal, o que acarretaria aumento do tráfego de carretas na rodovia BR-101 e, por conseguinte, uma série de prejuízos econômicos e sociais associados.

A continuidade da execução da dragagem com as restrições atuais tem dificultado a dragagem completa do canal a fim de atender o gabarito de navegação. A continuidade dessa situação torna o modal marítimo pouco atraente, pois não se consegue uma taxa de transporte adequada economicamente, quando se compara este modal com o rodoviário. O projeto de modal marítimo que foi planejado para um mínimo de 20 anos de operação poderia ser interrompido antes do tempo de projeto.

Sendo assim, a melhor hipótese tanto do ponto de vista econômico e social é a realização da dragagem de manutenção de acordo com o proposto neste estudo, cumprindo todas as condicionantes estabelecidas pelo órgão ambiental competente e podendo continuar normalmente com a operação de transporte por via marítima. A continuação do empreendimento continuará a favorecer a economia e a sociedade local, conforme demonstram as pesquisas que são apresentadas a seguir neste estudo.

### **3.2.4 Aspectos Ambientais**

Considerando-se a hipótese de não realização da dragagem, tem-se certamente no âmbito ambiental o maior prejuízo. Neste caso, toda a madeira teria que ser escoada por via terrestre, desde as plantações no sul da Bahia até a fábrica no norte do Espírito Santo, ocasionando um grande incremento nas emissões de gases, provenientes da queima de combustível fóssil pelos motores dos caminhões. Além disso, haveria o aumento do



consumo de pneus e outros insumos associados ao transporte rodoviário. O transporte via barcaças é a opção ecologicamente mais correta, uma vez que transportando a mesma quantidade de madeira, gera emissões de gases significativamente inferiores, além de não demandar o consumo de pneus.

A continuidade das restrições de dragagem também apresenta seu revés ambiental. Com a execução da dragagem nos moldes atuais, que limita o modal marítimo, muitas carretas que poderiam ter sido eliminadas do modal rodoviário ainda continuam circulando pelas estradas.

Sabendo-se que a viabilidade do transporte marítimo depende da dragagem de manutenção conforme solicitada neste estudo, e que esta atividade vem sendo monitorada de acordo com as condicionantes estabelecidas pelo órgão ambiental competente e que até o momento nenhum impacto ambiental deletério e permanente foi registrado, pode-se afirmar que o escoamento de madeira por via marítima é a melhor opção ambiental.

### **3.2.5 Aspectos Político-Governamentais**

Na ótica do planejamento governamental estadual, existe um consenso em torno da necessidade de mudança no padrão de transporte no país, hoje centrado nas rodovias. A alternativa de interligação modal como forma de ampliar a competitividade da produção nacional tem feito dos portos um importante vetor de transformações na logística de distribuição de produtos. Como elemento de integração dos sistemas ferroviário, rodoviário e hidroviário, o porto, operando em bases eficientes, transforma-se em centro de negócios ao ocupar o lugar de ponto de troca entre vários modos de transporte combinados. Tal questão assume relevância num contexto marcado pelas péssimas condições da BR-101 e constantes riscos de acidentes.

A hipótese de não dragagem e dragagem com restrição restringe o atendimento da política governamental proposta e do desenvolvimento da região, uma vez que não propicia a significativa redução do fluxo de caminhões que transportam madeira.

Ainda, no trecho de costa em que se localiza o Terminal Marítimo de Caravelas, não se dispõe de ancoradouros seguros que tenham boas profundidades, de forma que a manutenção de um canal navegável em Caravelas possui uma utilidade pública e de importância governamental, na medida em que propicia local de abrigo para embarcações de maior porte em situações de emergência.

Assim, dentro do âmbito governamental, a obra de dragagem apresenta contribuição positiva.

### **3.3 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA**

#### **3.3.1 Localização Geográfica do Empreendimento**

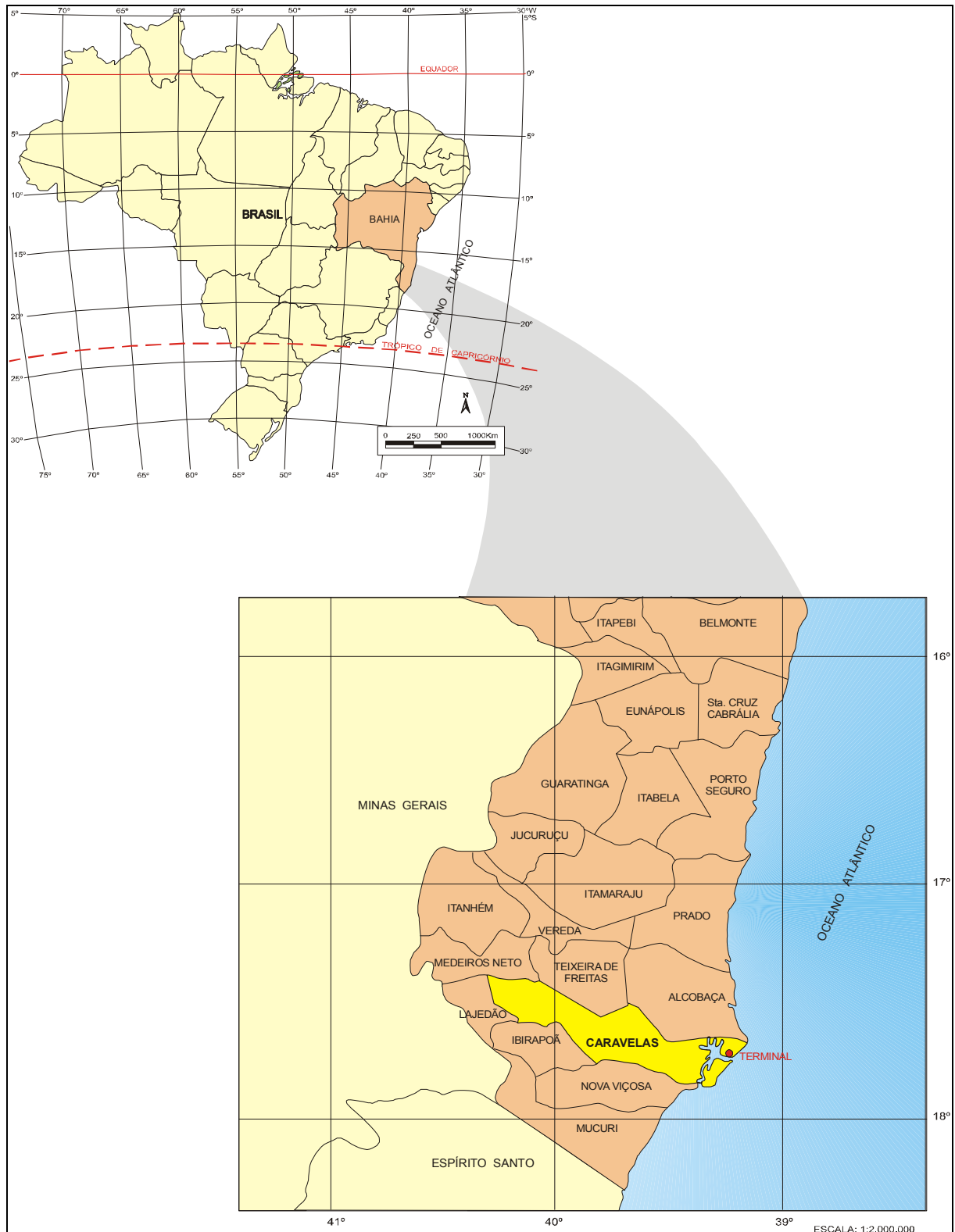
A Figura 3.3.1-1 apresenta a localização geográfica do empreendimento no território nacional.

O Terminal Marítimo de Navios-Barcaça Luciano Villas Boas Machado, pertencente à ARCEL, está situado no município de Caravelas/BA na Avenida Silveira Lobo, s/n – no distrito de Ponta de Areia. É próximo do distrito de Barra de Caravelas (3 km sentido norte) e da sede do município de Caravelas (5 km sentido sul) e localiza-se a cerca de 3 km do trevo de bifurcação da rodovia BA-001 (trecho Alcobaça a Caravelas). As instalações de atracação encontram-se construídas a cerca de 130 m da margem esquerda do rio Caravelas, sendo que o píer de atracação está distante cerca de 1,5 km da desembocadura do Canal do Tomba. A linha de atracação do terminal tem as seguintes coordenadas geográficas: 17°45'06" S / 39°12'58" W.

O Canal de Acesso tem extensão teórica de 6.500 m, dos quais apenas 3.300 m necessitam de dragagem para atendimento do gabarito geométrico de navegação das barcaças, segundo batimetria realizada em janeiro de 2008. A orientação do canal está no sentido S/SE, coincidindo com o alinhamento da parte externa do canal natural existente. O detalhamento das características técnicas do canal encontra-se no item 3.6 referente à dragagem.

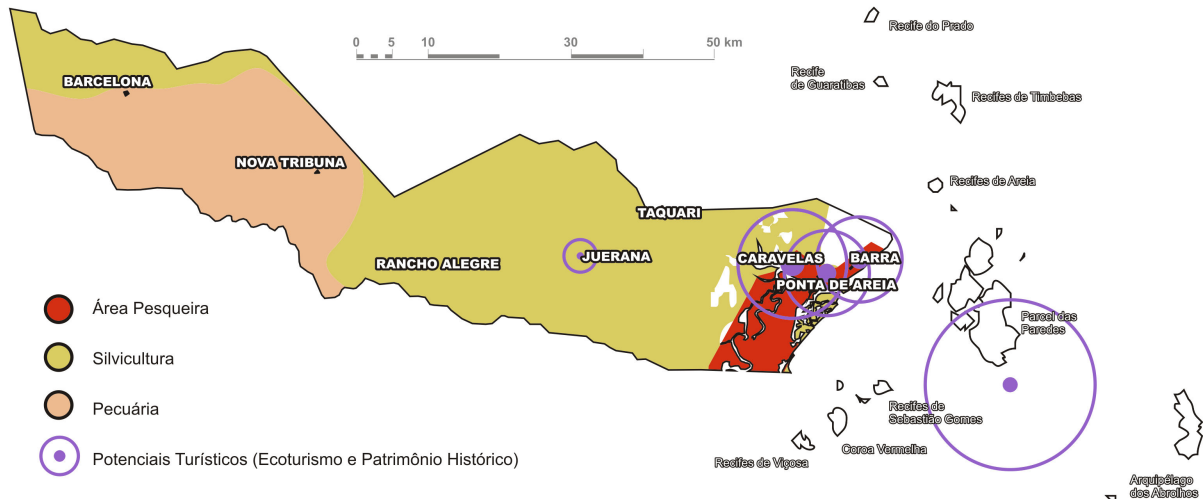
O mapa 01 do Anexo E apresenta foto-carta do traçado do acesso ao Canal do Tomba e a delimitação da Área de Descarte. Na referida planta observa-se ainda o Terminal Marítimo, a sede do município de Caravelas e os distritos de Ponta de Areia e Barra de Caravelas.

As vias de acesso rodoviário ao Terminal da ARCEL estão ilustradas no mapa 02 do anexo E. O mapa 03 do anexo E apresenta os principais núcleos urbanos da Área de Influência Indireta. Considerou-se o município de Caravelas em sua totalidade como área de influência indireta.



**Figura 3.3.1-1 – Localização geográfica do empreendimento**

De acordo com o Plano Diretor do Município de Caravelas, a pesca, a silvicultura, a pecuária e o turismo, são as principais atividades econômicas ligadas aos recursos ambientais. A Figura 3.3.1-2 apresenta as principais áreas produtivas e suas comunidades dentro da área de influência indireta.

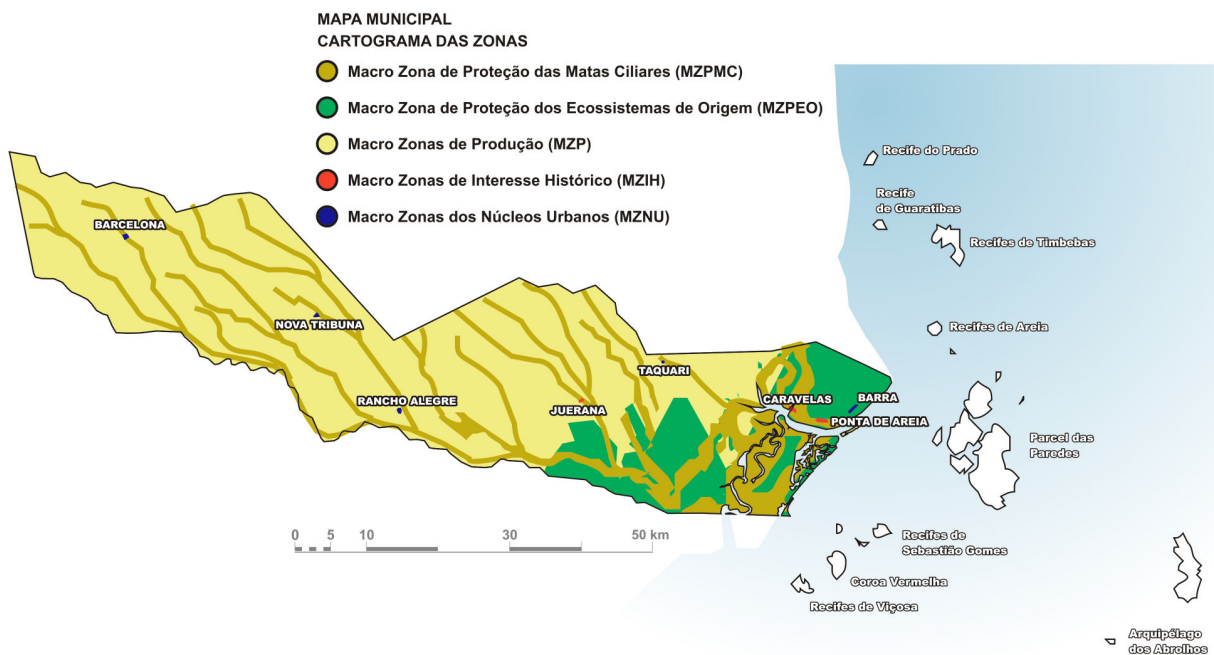


**Figura 3.3.1-2 – Atividades produtivas da área de influência indireta (adaptado do Plano Diretor de Caravelas, 2004).**

Os principais cursos d'água encontrados dentro do município de Caravelas estão apresentados no mapa 04 do anexo E. O mapa 05 do anexo E apresenta a altimetria do município.

É importante destacar que próximo ao empreendimento de dragagem do Canal de Acesso a Barra do Tomba existem quatro unidades de conservação: APA Ponta da Baleia/Abrolhos, Parque Nacional Marinho de Abrolhos (PARNAM), RPPN Fazenda Avaí e RPPN Lagoa do Peixe (Mapa 06 do anexo E). Mais detalhes sobre estas quatro unidades de conservação estão descritas no item 5.2.4.

As áreas legalmente protegidas (áreas de preservação permanente e reservas legais) são apresentadas na Figura 3.3.1-3, de acordo com o macro zoneamento municipal constante do Plano Diretor de Caravelas.



**Figura 3.3.1-3 - Macro zoneamento municipal, com destaque para as zonas de matas ciliares (adaptado do Plano Diretor de Caravelas, 2004)**

## **3.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO**

### **3.4.1 Situação Atual**

#### **3.4.1.1 Caracterização das Instalações e Área do Empreendimento**

A região em que se situa o terminal é vizinha de propriedades particulares com predominância de pastagens, que limitam e estreitam o perímetro de ocupação urbana que se desenvolveu ao longo da ribeira (Plano Diretor Caravelas, 2004).

O acesso desde as florestas da empresa na região até o Terminal de Caravelas é assegurado pela rodovia BR-418 e pelas rodovias estaduais BA-290 e BA-001, cujo entroncamento, no trecho de Alcobaça a Caravelas, situa-se a cerca de 8 km da bifurcação dos acessos viários à sede do Município de Caravelas e ao distrito de Ponta da Areia. Está incorporado ao empreendimento um acesso viário que permite acesso direto das carretas ao Terminal de Caravelas, desviando-as antes da bifurcação supracitada, evitando assim a circulação de carretas no distrito de Ponta de Areia e minimizando sua interferência no tráfego local.

A interligação entre o acesso rodoviário e a plataforma de embarque se dá através de uma rua interna que liga o acesso rodoviário com a Avenida Silveira Lobo e, conseqüentemente, ao terminal.

A planta 01 do Anexo F apresenta a malha viária local da área do empreendimento, as estruturas e instalações indicando qual o tipo de vegetação, a presença de áreas alagadas e cursos d'água.

O terminal de barcaças é composto, basicamente, por um prédio de administração, de um viveiro, de uma ponte de acesso e de uma plataforma de embarque. Além destes, há uma portaria com refeitório, vestiário, depósito e uma área de manutenção dos equipamentos com 30 m<sup>2</sup> de área total, e recentemente, foi criado um pátio de estocagem de madeira com finalidade de aperfeiçoar a logística de transporte de madeira servindo como depósito da madeira proveniente de terceiros.

As edificações foram construídas em um único piso, em alvenaria estrutural com cobertura de estrutura metálica e telhas de alumínio; estas proporcionam apoio aos serviços de embarque, através do controle legal e físico das cargas e manutenção preventiva dos equipamentos de carregamento das barcaças.

O acesso à plataforma de embarque é realizado sob uma ponte estrutural de aproximadamente 240 m por 8 m de largura. A ponte destina-se ao tráfego de caminhões tipo treminhão ou tritrem, com cerca de 74 t de peso total e atravessa o mangue em uma estrutura elevada sobre pilares, de forma a minimizar os impactos sobre o ambiente.

A plataforma de embarque, cuja largura é de 31,30 m e o comprimento de 78,75 m, esta na cota +5,40 m (IBGE), valor compatível com as variações de maré previstas e porte da barça, e tem concordância de 90° com a ponte, visando facilitar a manobra dos veículos.

A rampa de acesso interligando a plataforma de embarque com as barças é do tipo Linkspan, com dimensões de 10,00 m de largura por 19,00 m de comprimento, construída em estrutura metálica dimensionada para a carga de um caminhão de 74 toneladas.

O sistema de atracção/amarração é composto por oito dolphins com defensas, sendo quatro na posição de carregamento e quatro na posição de espera, mais dois guinchos de tensão constante. As instalações de atracção destinadas à acostagem das embarcações estão posicionadas em local de profundidade conveniente, de modo a não necessitar de dragagens de implantação e manutenção.

No projeto e durante todo o processo de implantação, o Terminal de Barças procurou preservar ao máximo a cobertura vegetal em toda a área de implantação.

Toda a área do terminal é protegida por cerca divisória, com controle do acesso pela portaria central, localizada na chegada do acesso rodoviário.

A planta 02 do Anexo F apresenta o Terminal de barças da ARCEL em Caravelas/BA com destaque para as estruturas físicas e suas instalações em detalhe.

#### **3.4.1.2 Planta da Planialtimetria do Empreendimento**

A planta 01 do Anexo F apresenta a planialtimetria da área do empreendimento.

#### **3.4.1.3 Expansão**

Na retroárea de acesso há uma área de 50.000 m<sup>2</sup> (200 m x 250 m) de um lote de cerca de 200.000 m<sup>2</sup>, que se destina a futuras ampliações. O restante da área tem o objetivo de manter uma área de reserva suficiente para garantir que a circunvizinhança permaneça relativamente afastada do empreendimento.

Além da recente criação do pátio de estocagem (veja Planta 02 do Anexo F), não está prevista mais nenhuma expansão na área do terminal.

### 3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS OPERACIONAIS DO EMPREENDIMENTO

#### 3.5.1 Descrição dos Navios-Barcaça

##### 3.5.1.1 Descrição Geral da Barcaça

Os navios-barcaças foram projetados e construídos especificamente para o transporte de madeira (toras de *Eucalyptus* a granel). Possuem convés principal contínuo, dimensionado para o transporte de até 5.200 t e operação *roll-on, roll-off* de carregadeiras e caminhões, com acesso lateral (veja Figura 3.5.1-1).

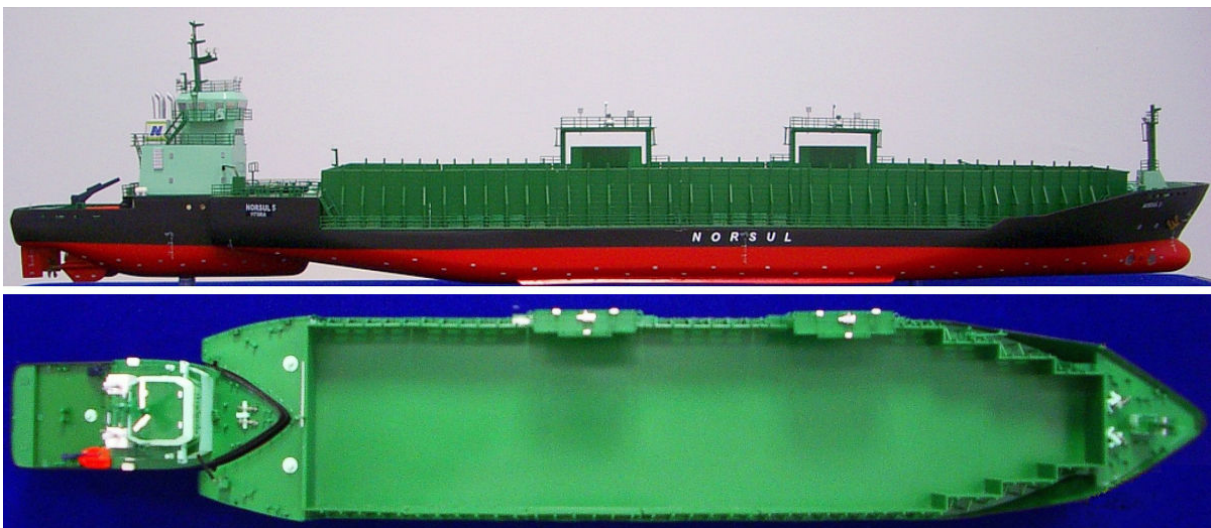


Figura 3.5.1-1 – Modelo reduzido do navio-barcaça dedicado ao transporte de madeira da ARCEL

##### 3.5.1.2 Características principais da barcaça

A barcaça não é autopropelida, possuindo recorte na popa para acoplamento mecânico de um empurrador, espelho de proa e espelho de popa. Embora não possua propulsão longitudinal, as barcaças são dotadas de bow-thrusters (propulsores transversais de proa) para facilitar manobras de atracação e desatracação.

As barcaças foram construídas inteiramente em aço, com anteparos longitudinais e transversais estanques de construção plana, com reforços estendendo-se até ao convés



principal. Todas as chapas de aço e perfilados foram jateados até padrão AS 21/2, e imediatamente pintados com demão de “shop primer”. O casco é do tipo singelo, dotado de um sistema de proteção catódica de anodos de sacrifício.

As principais características dimensionais das barças são:

- Comprimento total: 114,50 m
- Boca moldada: 22,00 m
- Pontal moldado: 6,00 m
- Calado de projeto: 4,00 m
- Capacidade de carga: 5.200 t
- Peso leve estimado: 1.930 t

Toda a carga é transportada sobre o convés principal. A barça ainda apresenta uma área abaixo do convés dividida em compartimentos que podem ser eventualmente utilizados com lastro. A carga considerada prevê uma estiva com altura média de empilhamento de até 5,50 m (veja Figura 3.5.1-2).



**Figura 3.5.1-2 – Vista do navio-barça chegando para o descarregamento no Portocel**

Na Figura 3.5.1-3 observa-se o empurrador realizando acoplamento na barcaça, no Terminal de Caravelas.



**Figura 3.5.1-3 – Empurrador realizando acoplamento na barcaça, no Terminal de Caravelas**

### **3.5.1.3 Equipamentos de Casco da Barcaça**

As barcaças encontram-se equipadas com os seguintes equipamentos: escotilhões de acesso aos compartimentos instalados no convés principal, equipamentos e acessórios de amarração e fundeio tais como cabeços, guinchos e escovens.

### **3.5.1.4 Descrição Geral do Empurrador**

O empurrador pode ser considerado como um rebocador, propelido por dois motores diesel com potência aproximada de 3.200 HP cada um, acionando duas hélices de passo fixo, por meio de uma redutora, projetada para empurrar uma barcaça de 5.200 tpb (toneladas de porte bruto), dotada de um sistema de acoplamento mecânico instalado na estrutura do castelo de proa (veja Figura 3.5.1-4).

A estrutura é do tipo transversal, suportada por elementos de reforço longitudinais no convés e no fundo. O chapeamento do convés, costado, fundo, espelhos de popa e proa e

anteparos transversais são dimensionados conforme os requisitos da sociedade classificadora (ABS – American Bureau of Shipping).



**Figura 3.5.1-4 – Empurrador de barças acostado em Portocel**

#### **3.5.1.5 Características principais do empurrador**

- Comprimento total - 34,00 m
- Comprimento na linha d'água - 32,00 m
- Comprimento entre perpendiculares - 31,00 m
- Boca moldada - 12,00 m
- Pontal moldado - 6,00 m
- Calado de projeto - 4,00 m
- Potência estimada - 6.400 HP

O casco do empurrador é totalmente em aço e dividido nos seguintes compartimentos principais: tanque de colisão de vante, paiol, praça de máquinas e compartimento da máquina do leme. É importante salientar que o sistema de casco duplo e de resfriamento interno do motor (isolado da água externa), garante o não lançamento de óleo para o mar em condições operacionais normais ou mesmo em caso de acidentes.

A embarcação possui ainda: convés principal plano sem abaulamento e sem tosamento, castelo de proa, fundo singelo com tanques estruturais na praça de máquinas e superestrutura.

Na praça de máquinas estão localizados os motores principais e os outros sistemas auxiliares. No convés principal, estão localizados os acessórios e os equipamentos dos sistemas de atracação e fundeio.

#### **3.5.1.6 Equipamentos de Casco do Empurrador**

Apresentam escotilhões de acesso aos compartimentos no convés principal e convés do castelo; assim como existe a bordo equipamentos e acessórios de amarração e fundeio tais como cabeços, guinchos para içamento de âncoras, escovens e sistema de acoplamento automático do tipo “articoupler”.

O sistema de combate a incêndio está de acordo com os requisitos da sociedade classificadora.

#### **3.5.1.7 Máquinas do Empurrador**

As instalações de máquinas foram projetadas para condições tropicais, de temperatura ambiente na praça de máquinas de 45°C, temperatura da água do mar de 32°C, pressão atmosférica de 1 bar e umidade relativa do ar de 60%. O sistema de governo consiste de uma máquina do leme, que aciona os dois lemes simultaneamente.

### **3.5.2 Descrição da Operação do Terminal de Navios-Barcaça**

O Terminal de Navios-barcaça em Caravelas tem sido utilizado para o embarque de toras de madeira desde o início de suas atividades.

As operações de carregamento de cada barcaça ocorrem em ritmo contínuo ao longo de todo o ano. Normalmente, todos os caminhões que chegam ao Terminal de Caravelas são conduzidos diretamente para descarga na barcaça. As carretas carregadas com as toras

permanecem estacionadas na rampa de acesso à plataforma, até que sejam liberadas para a plataforma, onde são descarregadas. Eventualmente pode haver o descarregamento da madeira para o pátio de estocagem, que tem o objetivo de propiciar um estoque de segurança para eventuais emergências, como por exemplo, avarias dos equipamentos ou interrupções momentâneo-temporárias do fluxo de carretas. Na ausência de carretas de madeira chegando ao terminal, a madeira estocada pode ser novamente carregada em carretas e levada para a barçaça.

O carregamento da barçaça é feito segundo o modelo *roll on – roll off*, por duas portas laterais, sendo realizado simultaneamente por duas máquinas carregadeiras, tipo Volvo High-Lift / Komatsu WA500, com garra giratória própria para manuseio de toras e com área 3,0 m<sup>2</sup>, que trafegam sobre duas pontes de acesso (Figura 3.5.2-1)



**Figura 3.5.2-1 – Linkspan (ponte de acesso metálica) e máquina carregadeira estacionada na plataforma no Terminal de Caravelas**

A operação de carregamento de uma barçaça leva em torno de 12 horas. Considerando uma distância média de trajeto entre o caminhão e o interior da barçaça de 85 metros e um ciclo básico compreendendo o tempo dos ciclos hidráulicos, tempo para fixação das toras, inversões de marcha, manobras e descarga, uma carregadeira com operador treinado terá uma produtividade horária estimada de 196 m<sup>3</sup> sólido/hora, para uma demanda média de cerca de 203 m<sup>3</sup> sólido/hora.

Na Figura 3.5.2-2 e Figura 3.5.2-3 apresenta-se a vista geral do carregamento e na Figura 3.5.2-4 a vista do navio-barcaça já carregado.



**Figura 3.5.2-2 – Vista geral do carregamento do navio-barcaça**



**Figura 3.5.2-3 – Vista geral do carregamento**



**Figura 3.5.2-4 – Vista do navio-barcaça carregado**

A madeira entregue no Terminal de Barcaças é submetida ao controle de peso, apenas. A medição de volume é realizada na fábrica em Barra do Riacho/ES, em cuja portaria industrial estão instaladas balanças eletromecânicas e equipamentos de conversão peso/volume, para o controle da quantidade volumétrica de madeira transportada. Entretanto, um controle paralelo pode ser feito no Terminal de Caravelas mediante conversão estimada a partir do peso medido automaticamente por balanças que pesam cada carreta que adentra ao terminal.

Eventuais condições que inviabilizem a carga de madeira por períodos mais longos, podem determinar a decisão de recorrer ao transporte rodoviário para o transporte da madeira do sul da Bahia diretamente para a fábrica, tal como se processava antes da instalação do transporte marítimo. Entretanto, tal fato ainda não ocorreu de forma significativa desde o início da operação do terminal.

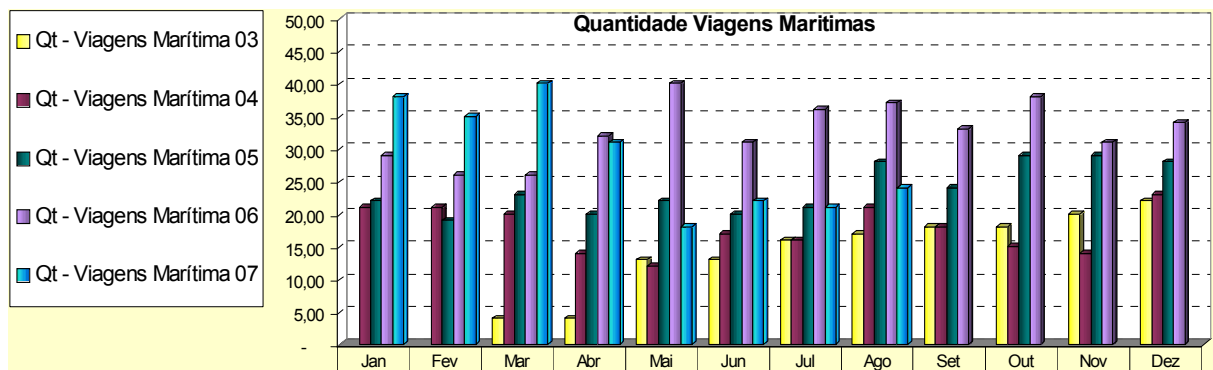


### 3.5.3 Descrição do Tráfego Marítimo

O sistema normal de operação do transporte marítimo de madeira é baseado em um comboio formado por dois empurradores e quatro barcaças, de modo que sempre uma barcaça está disponível para carregamento, a segunda carregada, em trânsito sentido Portocel, a terceira disponível para descarga e a quarta vazia, em trânsito sentido Caravelas.

A rota escolhida para as barcaças foi resultado de trabalho conjunto com o Instituto Baleia Jubarte de forma a não prejudicar os deslocamentos migratórios das baleias jubarte e demais cetáceos ao longo do ano. Dessa forma são usadas rotas diferenciadas para as barcaças no período de inverno e verão (veja Mapa 01 do Anexo G).

A uma velocidade média de 12,5 nós, o conjunto empurrador-barcaça (tanto carregado quanto em lastro), realiza o percurso de terminal a terminal em cerca de 11h30min, e o ciclo do empurrador se completa a cada 24 horas. Com dois conjuntos de operação, o intervalo entre chegadas de barcaças a cada um dos terminais e também o período disponível para as respectivas operações de carregamento em Caravelas e descarga em Portocel é de 12 horas. A Figura 3.5.3-1 e a Tabela 3.5.3-1 apresentam o número de viagens marítimas (Terminal de Caravelas-Portocel) já realizadas pelos navios-barcaça até agosto de 2007.



**Figura 3.5.3-1 - Quantidade de Viagens Marítimas entre março de 2003 a agosto de 2007, (Caravelas-Portocel)**

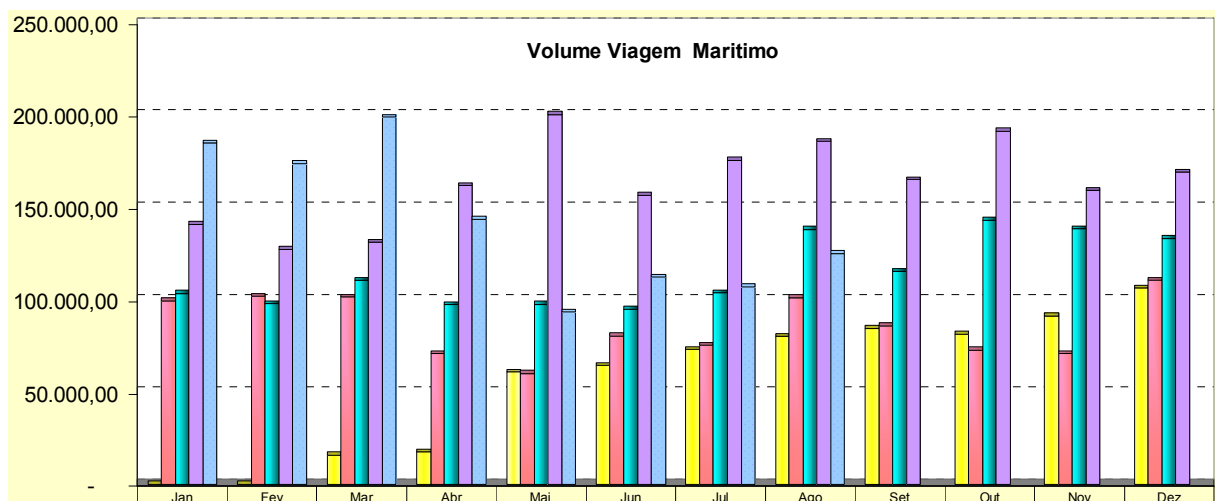
**Tabela 3.5.3-1 – Número de viagens marítimas realizadas pelos navios-barcaça (Caravelas-Portocel)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003	-	-	4	4	13	13	16	17	18	18	20	22
2004	21	21	20	14	12	17	16	21	18	15	14	23
2005	22	19	23	20	22	20	21	28	24	29	29	28
2006	29	26	26	32	40	31	36	37	33	38	31	34
2007	38	35	40	31	18	22	21	24	-	-	-	-

### 3.5.4 Quantidade de Carga Transportada – Histórico e Atual

Após o início de funcionamento da Fábrica C em Aracruz/ES, houve uma elevação de 1.240.000 tsa (tonelada de celulose seca ao ar) para 1.940.000 tsa da produção anual de celulose na planta industrial em Barra do Riacho, acarretando um aumento na demanda de matéria-prima suprida principalmente pelos plantios localizados no sul da Bahia.

Na Figura 3.5.4-1 e na Tabela 3.5.4-1 apresenta-se o volume de madeira transportado entre o período de março de 2003 e agosto de 2007 pelo modal marítimo.



**Figura 3.5.4-1 - Volume de Madeira Transportado (m<sup>3</sup>)**

**Tabela 3.5.4-1 – Volume de Madeira Transportado (milhares de m<sup>3</sup>)**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2003	-	-	15,8	17,5	60,8	64,4	72,9	80,2	84,3	81,3	91,2	106,2
2004	99,3	101,7	101,2	70,5	60,0	80,3	75,2	101,0	85,7	72,6	70,5	110,3
2005	103,3	97,7	110,4	97,3	97,0	94,8	103,5	138,0	115,3	143,0	138,2	133,1
2006	140,8	127,2	131,1	161,6	200,2	156,6	175,4	185,5	164,8	191,2	159,0	168,8
2007	184,8	173,6	198,8	143,4	93,2	112,0	106,9	124,9	-	-	-	-

Para o ano de 2008 em diante, espera-se atingir o volume transportado de acordo com a curva apresentada na Figura 3.5.4-2, que deve atingir 3,4 milhões de m<sup>3</sup> a partir de 2009, desde que seja possível dragar o canal na profundidade de projeto. Na curva do gráfico é possível verificar que em 2007 o volume ficou reduzido relativamente ao ano anterior; isto se deve à docagem para manutenção de um empurrador e também pelo não atendimento do gabarito de dragagem do canal de acesso ao Terminal de Caravelas. A redução projetada para os outros anos (2012, 2017 e 2022) é decorrente das docagens de classe, realizadas com um intervalo de cinco anos.

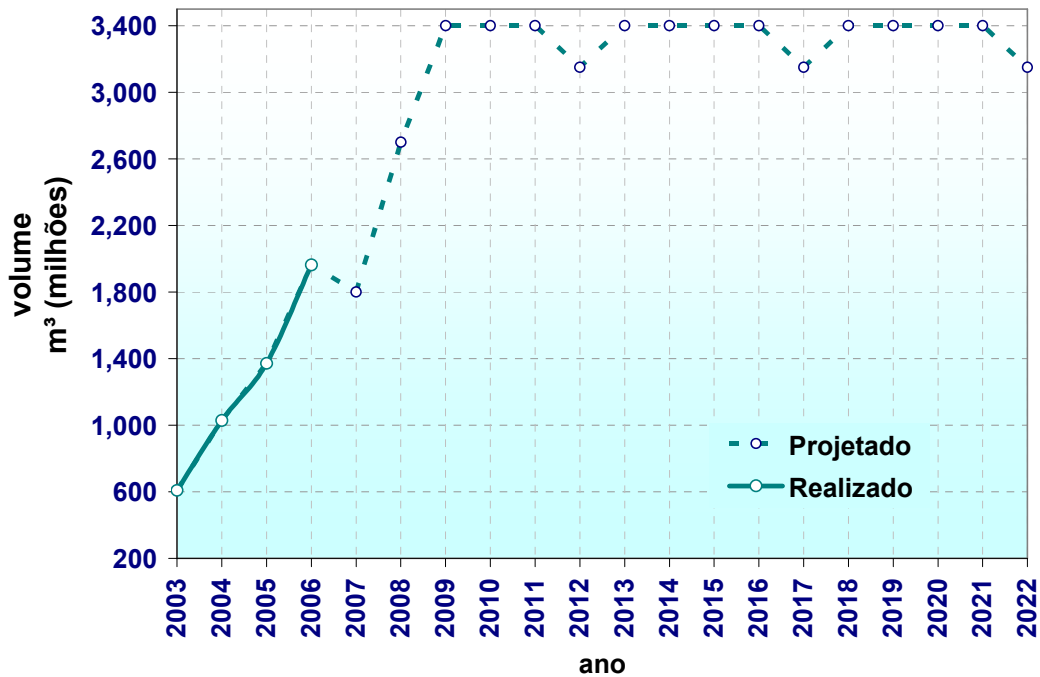


Figura 3.5.4-2 – Curva do transporte de madeira (realizado e projetado)

Cada barçaça transporta até 5.200 toneladas de madeira, o que representa o carregamento de aproximadamente 100 caminhões do tipo tritrem (Figura 3.5.4-3). Assim, para cada barçaça transportada deixa-se de realizar 200 viagens na BR-101 (ciclo completo, ou seja, ida e volta).



Figura 3.5.4-3 – Caminhão do tipo tritrem usado no transporte de madeira

A Figura 3.5.4-4 apresenta a significativa redução do tráfego rodoviário de carretas transportando madeira do sul da Bahia para a unidade de Barra do Riacho, desde 2003.

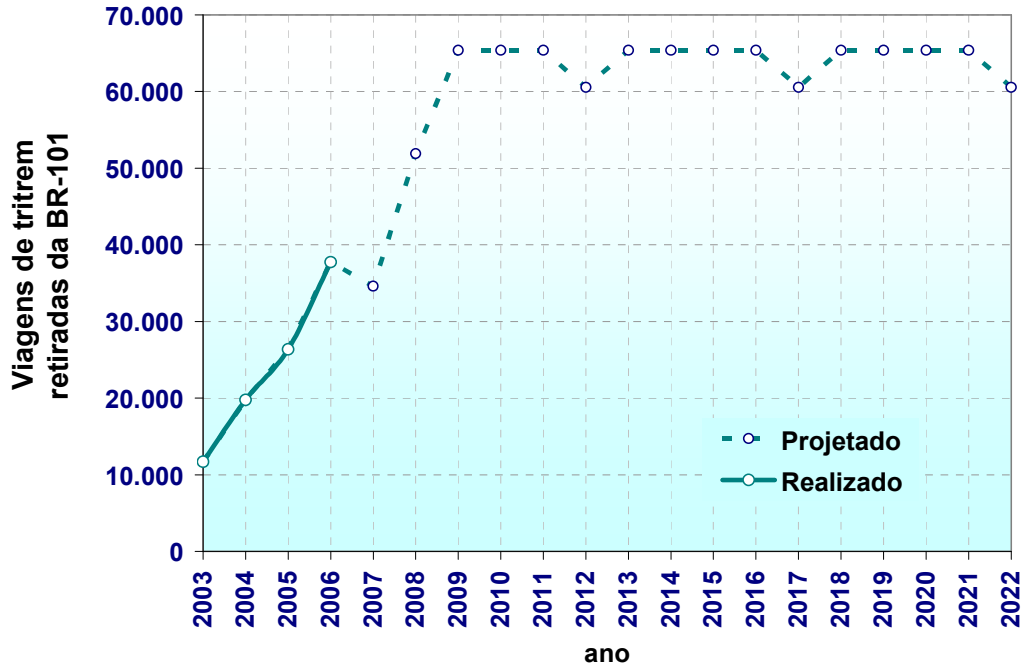


Figura 3.5.4-4 – Número de viagens retiradas da BR-101 (somente ida)

Na Tabela 3.5.4-2 apresenta-se o número total de viagens realizadas pelos navios-barcaça e o número total de viagens de ida retiradas da BR-101, além da economia de combustível e conseqüente diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

**Tabela 3.5.4-2 – Volumes transportados por via marítima, viagens de navios-barcaças, viagens retiradas da BR-101, economia de combustível e redução de emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.**

ANO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Volume transportado (m <sup>3</sup> )	609.000	1.029.000	1.372.000	1.963.000	1.800.000	2.700.000	3.400.000
Nº de viagens de Navios-Barcaças (Caravelas-Portocel)	145	212	285	393	360	540	680
Viagens retiradas da BR-101 (somente ida)	11.712	19.788	26.385	37.750	34.615	51.923	65.385
Economia de combustível (litros)	1.925.390	2.349.300	1.725.890	2.468.017	2.263.294	3.394.940	4.275.110
Toneladas de CO <sub>2</sub> que deixaram de ser lançadas na atmosfera	5.102	6.226	4.574	6.540	5.998	8.997	11.329

Analisando-se os números apresentados na Tabela 3.5.4-2, pode-se afirmar que o transporte marítimo é uma boa alternativa de desenvolvimento sustentável, na medida em que possibilita a redução da emissão de CO<sub>2</sub> oriunda de combustíveis fósseis, os quais têm contribuído para o aquecimento global.

### 3.5.5 Detalhamento Qualitativo da Carga Transportada

O eucalipto atualmente produzido pela empresa é originário das espécies *grandis* e *urophylla*, além de híbridos destas duas espécies. A madeira chega à fábrica em toras, já com as medidas necessárias para seu processamento, com aproximadamente 5,5 metros de comprimento e diâmetro variando de 7 a 40 centímetros.

O eucalipto oferece diversas vantagens em comparação a outras espécies florestais utilizadas no mundo para a produção de celulose, inclusive as nativas. Graças ao clima favorável do Brasil e ao avanço em pesquisa e tecnologia florestal, o eucalipto pode ser colhido em aproximadamente sete anos para a produção de celulose, quando atinge aproximadamente 35 metros de altura. O eucalipto produzido nos reflorestamentos da ARCEL tem o dobro da produtividade de espécies coníferas plantadas no Brasil e da maioria das árvores nativas; além disso, é uma árvore bastante versátil e com inúmeras aplicações

industriais, como na produção de celulose, extração de óleos essenciais com os quais são fabricados produtos de limpeza, alimentícios, perfumes e remédios, dentre outros.

## **3.6 DRAGAGEM**

### **3.6.1 Introdução**

A dragagem consiste na limpeza, desobstrução, remoção, derrocamento ou escavação de solos ou rochas localizados abaixo do nível d'água, isto é, em rios, lagos, estuários, baías, mares e em outros corpos d'água.

A dragagem de áreas costeiras é geralmente realizada por equipamento especializado acoplado à embarcação ou à plataforma fixa, móvel ou flutuante. O equipamento utilizado para a remoção dos sedimentos é denominado vulgarmente de draga.

O material dragado é definido como o material retirado ou deslocado dos leitos dos corpos d'água decorrente da atividade de dragagem e transferido para local de despejo autorizado pelo órgão competente.

A empresa de dragagem consiste na pessoa jurídica que tenha por objeto a realização de obra ou serviço de dragagem com a utilização ou não de embarcação.

O objetivo da dragagem abordada neste estudo é de possibilitar a manutenção de um canal que permita a navegação segura pela Boca do Tomba, através da remoção dos sedimentos que obstruem e limitam seu canal de acesso.

O presente capítulo detalha a dragagem proposta para o canal de acesso. Primeiramente detalham-se os cálculos de volume a ser dragado, seguindo-se das características geométricas de projeto do canal. Por fim, expõem-se qual a tecnologia proposta e as questões relativas à disposição do material dragado.

### **3.6.2 Estimativa do volume a ser dragado**

#### **3.6.2.1 Delimitação da área e espessuras de dragagem**

A partir da sondagem batimétrica, realizada entre 11 e 14 de julho de 2007, aproximadamente três meses após o término da dragagem efetuada em fevereiro e março de 2007, e das características geométricas do gabarito de projeto do canal de acesso (item 3.6.3.2), pode-se determinar quais as áreas do canal de acesso que normalmente necessitam de dragagem.



Na Planta 1 do Anexo H são apresentadas as áreas em que há necessidade de dragagem e a espessura a ser removida para a data da batimetria supracitada.

A Tabela 3.6.2-1 apresenta a distribuição das classes de espessura relacionando-as com as áreas necessárias de dragagem.

**Tabela 3.6.2-1 – Distribuição das classes de espessura**

Espessura a ser removida	Área m <sup>2</sup>	% do total da área que necessita de dragagem	% do total da área do Canal de Projeto
0,00 a 0,25 m	273.876	38,0	28,1
0,25 a 0,50 m	157.477	21,8	16,1
0,50 a 0,75 m	160.001	22,2	16,4
0,75 a 1,00 m	93.793	13,0	9,6
Acima de 1,00 m	35.880	5,0	3,7
Total	721.027	100,0	73,9

Observa-se que cerca de 26,1 % do canal de acesso não necessita de dragagem, pois já atende ao gabarito geométrico de navegação. Entretanto, a dragagem necessária abrange uma extensa área do canal, sendo que em mais da metade da área de dragagem deverá ser removida uma espessura que não ultrapassa 0,50 m.

### 3.6.2.2 Estimativa dos Volumes de Dragagem

#### 3.6.2.2.1 Considerações Gerais

Infelizmente, as primeiras campanhas de dragagem não executaram a implantação definitiva do canal, e somente após sete campanhas de dragagem executadas até presente, pôde-se, recentemente, considerar que o canal foi implantado. Assim, os volumes de manutenção anuais modelados nunca puderam ser considerados como os reais a dragar a cada nova campanha, tanto porque o canal já carregava déficit da campanha anterior como também porque nunca teve a eficiência hidráulica para a auto-limpeza dos sedimentos, observada nas modelações numéricas que estimaram os volumes de manutenção. Assim, somente a partir de abril de 2008, após a completa implantação do canal, as taxas de assoreamento estimadas deverão aproximar-se da realidade modelada computacionalmente.

#### 3.6.2.2.2 *Método de Cálculo do volume de dragagem do gabarito de navegação*

O levantamento batimétrico foi realizado em seções espaçadas de 20 metros. Os dados brutos de batimetria foram tratados estatisticamente com raio “sort” de apenas 1 metro. Assim, as batimetrias do canal de acesso apresentam normalmente um total de 50.000 pontos de cotas batimétricas, garantindo uma alta resolução. A partir destes dados foi criado um modelo digital de terreno – DTM – Digital Terrain Model.

O modelo digital de terreno empregou a forma de superfície TIN – Triangulated Irregular Network (Rede irregular de triângulos). Para a criação das linhas TIN, os pontos da batimetria são conectados e a superfície é criada considerando a triangulação Delaunay.

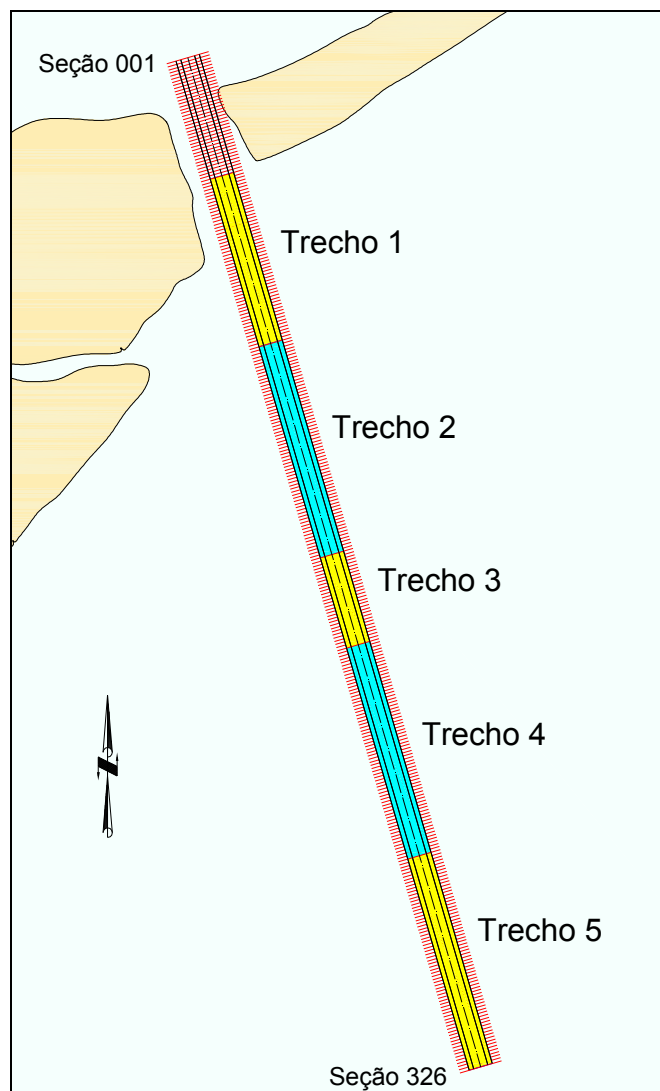
A estimativa do cálculo de volumes a dragar foi realizada subtraindo-se a superfície DTM criada para a batimetria de uma superfície digital criada com as características do gabarito projetado de navegação. O cálculo foi realizado através do método de volume composto do programa de computador Autocad Map 2005. Este método usa os pontos de ambas as superfícies, assim como qualquer região em que os triângulos entre as mesmas se intersectam. Uma nova superfície composta com as elevações é calculada com base nas diferenças entre as elevações das duas superfícies (batimetria e gabarito). Este método resulta em uma estimativa de alta precisão de volume a dragar.

#### 3.6.2.2.3 *Divisão em Trechos e Seções do Canal de Acesso*

De forma a possibilitar a execução do Plano de Dragagem e seu posterior controle, além de balizar as linhas de sondagem dos levantamentos batimétricos, como também de propiciar uma separação entre os sedimentos arenosos e lamosos, o canal foi dividido em trechos e em seções numeradas de 1 a 326 dispostas a cada 20 metros. A Tabela 3.6.2-2 e a Figura 3.6.2-1 apresentam as divisões em trechos convencionadas.

**Tabela 3.6.2-2 – Trechos delimitados do canal de Acesso**

Trecho	Seção Início	Seção Fim	Comprimento (m)
Trecho 1	39	93	1080
Trecho 2	93	161	1360
Trecho 3	161	190	580
Trecho 4	190	258	1360
Trecho 5	258	326	1360



**Figura 3.6.2-1 – Seções e trechos do canal de Acesso**

Usualmente, apenas cerca de 3.400 m de extensão do canal de projeto necessitam de dragagem para atender o gabarito geométrico de navegação. Esse comprimento pode variar de ano para ano em função da sazonalidade do padrão de assoreamento.

Nos trechos 1, 2 e 3, o sedimento predominante é areia, enquanto que nos trechos 4 e 5 encontram-se areia e lama, sendo a lama mais predominante.

No início do canal de projeto, observam-se trechos em que os taludes da margem da Ilha Pontal do Sul avançam sobre o canal, porém antes deste ponto a barça toma rumo NW seguindo o profundo talvegue natural do canal que se encontra nesta área. A bóia de sinalização nº 11 está presente no local a fim de direcionar a embarcação e assim, da seção 39 até a seção 1, não se faz necessária dragagem.

O trecho 1, da seção 39 até 93, normalmente apresenta pouca ou nenhuma necessidade de dragagem, sendo encontrado sedimento arenoso nesta região.

O trecho 2 constitui-se da seção 93 até a seção 161, esta última demarcando o início da barra arenosa de vazante. No trecho 3, da seção 161 até 190, encontra-se delimitada a barra de vazante em sua parte mais crítica. No trecho 3 há uma forte atuação do transporte litorâneo longitudinal, que traz os sedimentos arenosos.

Dividiu-se o restante do canal em dois trechos de tamanhos iguais, trecho 4, da seção 161 até 258 e trecho 5, da seção 258 até 326, sendo que neste último trecho usualmente a dragagem é parcial. No trecho 4 encontram-se sedimentos compostos por uma mistura de areia e lama, sendo que no trecho 5 são essencialmente lamosos.

#### *3.6.2.2.4 Volume a dragar necessário para a manutenção do canal:*

Uma vez que o canal foi praticamente implantado na dragagem realizada entre janeiro e março de 2008, o volume estimado a ser dragado para a manutenção anual do canal é composto de:

- Volume a dragar devido ao assoreamento anual;
- Volume devido ao escorregamento durante a obra de dragagem;
- Volume de sobredragagem;
- Margem de segurança (ocorrência de eventos extremos).

#### **3.6.2.2.4.1 Volume a dragar devido ao Assoreamento Anual**

Os últimos estudos de modelação numérica indicaram uma taxa média anual de 200.000 m<sup>3</sup> por ano, com tolerância de +-50.000 m<sup>3</sup>. Considera-se assim a média de 200.000 m<sup>3</sup> por ano para a presente estimativa. Este valor de assoreamento já considera uma sobredragagem uniforme de 0,30 m para todo o canal.

#### **3.6.2.2.4.2 Volume a dragar devido ao escorregamento durante a obra de dragagem**

Da experiência obtida de dragagens anteriores, pode-se verificar que os trechos em que se encontram sedimentos compostos fundamentalmente por lamas e siltes, apresentam um talude natural de repouso próximo de 1V : 10H enquanto que nos trechos arenosos 1V : 6H. O referido talude para os sedimentos arenosos pôde ser bem observado nas últimas dragagens de 2007 e 2008 no trecho 3, trecho em que a barra arenosa de vazante é cortada em seu ponto mais crítico.

Considerando-se que possa haver um potencial escorregamento do talude dos trechos lamosos, foi calculado o volume de escorregamento, considerando-se a mudança do talude de 1V : 6H (talude pretendido para o canal) para 1V : 10H nos trechos 4 e 5, que possuem características de sedimentos muito finos. Nos trechos arenosos, não se considerou o escorregamento dos taludes para efeito de cálculo.

A cunha longitudinal de escorregamento tem área transversal média de 4,5 m<sup>2</sup> de cada um dos lados do canal, o que em aproximadamente 3.000 metros de comprimento resulta em um volume de 27.000 m<sup>3</sup> oriundo de escorregamento.

#### **3.6.2.2.4.3 Volume a dragar devido a Sobredragagem**

Conforme exposto no item 3.6.2.2.4.1, a sobredragagem já está contemplada no volume a dragar devido ao assoreamento anual.

#### **3.6.2.2.4.4 Volume a dragar devido às incertezas associadas aos eventos meteorológicos**

Segundo o estudo do DHI (2001), um evento extremo poderia causar um assoreamento de magnitude compatível com a esperada para um mês médio em condições normais. Assim, considera-se razoável a adoção do assoreamento de um mês médio como margem de segurança, dada à complexidade dos fenômenos hidráulicos e sedimentológicos envolvidos. O valor desta margem é, portanto, estimado em 16.700 m<sup>3</sup>.

### 3.6.2.2.4.5 Volume Total de Dragagem de Manutenção

O volume total de dragagem de manutenção é apresentado na Tabela 3.6.2-3

**Tabela 3.6.2-3 – Volume total de dragagem de manutenção**

	Volume de Manutenção (m <sup>3</sup> “in situ”)
Assoreamento anual e Sobredragagem	200.000
Escorregamento	27.000
Margem de segurança eventos	16.700
Total	243.700

O volume dragado *in situ* ao ser removido e despejado na cisterna da draga sofre o efeito do empolamento devido à desagregação e incorporação de ar e água. O histórico das dragagens tem reportado um coeficiente de empolamento médio de aproximadamente 2,00 para o total dos volumes dragados.

Por exemplo, em 2006 foi de 2,29, e em 2007 foi de 1,93. Em 2006 dragou-se mais lama dos trechos 4 e 5, enquanto que em 2007, além dos trechos 4 e 5, houve muito empenho na dragagem dos trechos 2 e 3, mais arenosos, o que fez o coeficiente de empolamento diminuir de 2006 para 2007. Em 2008 o coeficiente de empolamento médio foi de 1,74, refletindo o maior volume de sedimento arenoso (banco de areia do trecho 3) dragado na 7ª Campanha em 2008.

A fim de calcular-se o volume em cisterna, considera-se um coeficiente de empolamento diferenciado para os sedimentos dragados arenosos e lamosos. Considera-se um coeficiente de empolamento de 1,25 para os sedimentos arenosos e de 2,45 para os sedimentos lamosos. O valor de 1,25 é uma média de valor sugerida por Bray, *et al.* (1997) e consta nas últimas licenças ambientais, e o valor de 2,45 foi obtido de análise em laboratório realizado pelo Danish Hydraulic Institute – DHI a partir de testemunhos do sedimento do canal (veja item 5.1.6).

Assim, a partir do tipo de sedimento e volume *in situ* esperado em cada trecho do canal durante a dragagem, pode-se obter o coeficiente de empolamento médio estimado para a dragagem de manutenção e o conseqüente volume em cisterna esperado. Uma vez que o banco de areia que avança no trecho 3 foi totalmente dragado recentemente, prevê-se que

nas futuras dragagens o coeficiente de empolamento deve aumentar, uma vez que proporcionalmente haverá menor dragagem de sedimento arenoso.

A análise das características dos sedimentos assoreados entre as operações de dragagem confirma a estimativa obtida por DHI (2006), isto é, de que a composição de sedimentos assoreados na totalidade do canal aproxima-se de 1/3 de areia e 2/3 de lama. Assim, os valores dos volumes de cisterna esperados são apresentados na Tabela 3.6.2-4.

**Tabela 3.6.2-4 – Volumes em cisterna esperados, para a dragagem de manutenção anual (fração arenosa e argilosa)**

Trecho	% de Volume a Dragar (m <sup>3</sup> )	Volume “in situ”( m <sup>3</sup> )	Coef. empregado	Volumes em cisterna ( m <sup>3</sup> )
Trechos Arenosos (1, 2 e 3)	33%	80.421	1,25	100.526
Trechos Lamosos (4 e 5)	67%	163.279	2,45	400.034
Total	100%	243.700	2,054	500.560

### 3.6.3 Projeto de Dragagem

#### 3.6.3.1 Considerações Gerais

O Canal do Tomba apresenta altas profundidades naturais na sua seção estrangulada próxima da desembocadura, porém tão logo o canal perde seus limites de margem, à medida que avança para o mar, a magnitude das correntes decresce e baixas profundidades são encontradas com a formação de uma barra arenosa de vazante. Ultrapassada a barra de vazante rumo ao largo, defronta-se com um fundo de suave declividade, que em média atinge a cota de -5,0 m DHN a uma distância média de 5 km da linha de costa.

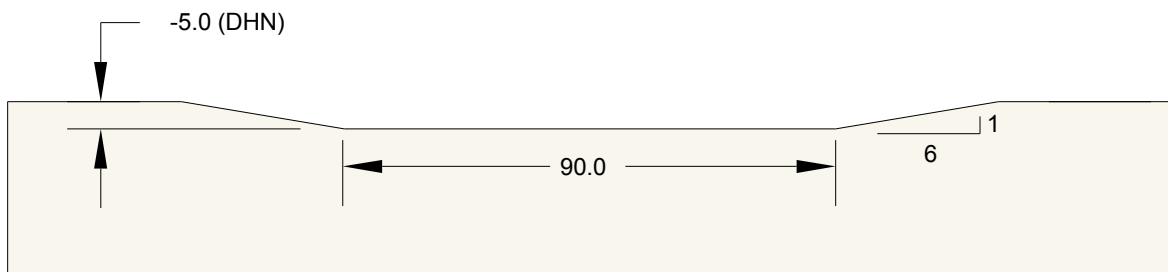
Assim, para que os navios-barcaça possam navegar entre o terminal e o mar aberto, faz-se necessária a manutenção de um canal de acesso que corte a barra de vazante da desembocadura do Canal do Tomba, demandando dragagem desta região como também de mais um trecho ao largo após a mesma.

### 3.6.3.2 Gabarito Geométrico

O gabarito geométrico de navegação (veja Figura 3.6.3-1) foi definido de acordo com as características locais e das embarcações, calculando-se necessários uma largura de fundo de 90,0 m e cota de profundidade de - 5,0 metros (cota referida ao nível de redução da DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil), para que as barcaças pudessem navegar seguramente entre o terminal e o mar aberto. A cota de fundo de -5,0 m DHN permite a navegação independentemente da condição de maré, isto é, pode-se navegar pelo canal com segurança em condições de baixa-mar de sizígia.

O Canal de Acesso pretendido após a dragagem tem gabarito geométrico de navegação com as seguintes características principais:

- Largura do Fundo: 90 m;
- Largura Total: 150 m;
- Taludes: 1V : 6H;
- Cota do Fundo: -5.0 m (Nível de Redução da DHN).



**Figura 3.6.3-1 – Gabarito geométrico de navegação**

### 3.6.3.3 Traçado do Canal

O Canal de Acesso de projeto tem 6.500 m de extensão. A localização e orientação do eixo do canal são dadas pelas coordenadas das extremidades do eixo do canal (Tabela 3.6.3-1) que fixam o eixo do mesmo com alinhamento aos 344° Nv.



**Tabela 3.6.3-1 – Coordenadas das extremidades do eixo do Canal – UTM-WGS84**

	Este	Norte
Extremidade N	478.516	8.037.020
Extremidade S	480.332	8.030.778

Para o plano de dragagem, utiliza-se a divisão de trecho do canal já apresentada no item 3.6.2.2.3, pela Tabela 3.6.2-2 e Figura 3.6.2-1.

A Tabela 3.6.3-2 apresenta as coordenadas geográficas que delimitam a área de dragagem.

**Tabela 3.6.3-2 – Coordenadas geográficas da área de dragagem – UTM-WGS84**

	Ponto N	Ponto E	Ponto S	Ponto W
Polígono do fundo do Canal	(478.559; 8.037.032)	480.375; 8.030.790	(480.289; 8.030.766)	(478473; 8.037.007)
Polígono Total (fundo e taludes)	(478.588; 8.037.041)	(480.404; 8.030.799)	(480.260; 8.030.757)	(478.444; 8.036.999)

A Planta 2 do Anexo H apresenta a planta do Canal.

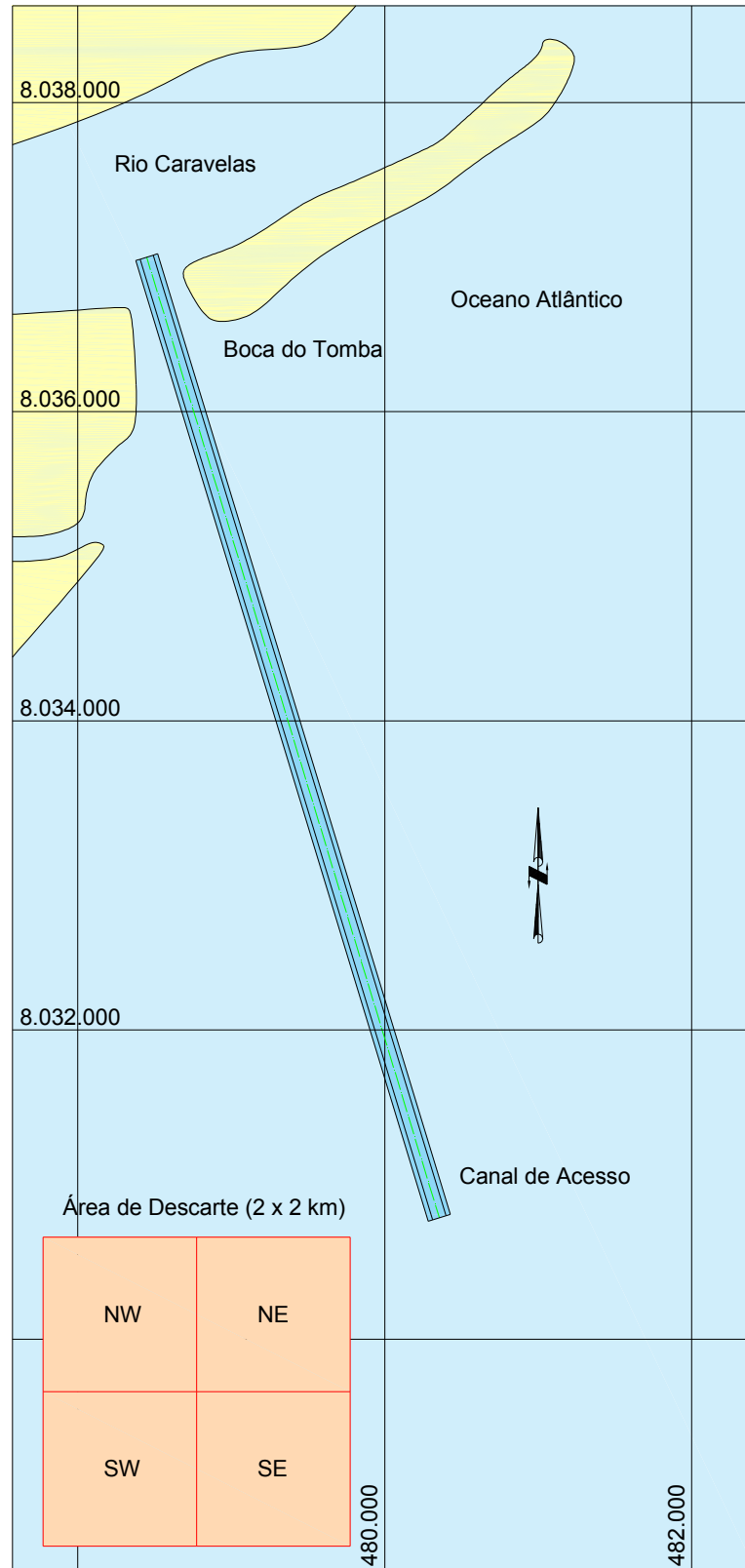
### 3.6.3.4 Área de Descarte

A Figura 3.6.3-2 apresenta a localização da Área de Descarte. A área de descarte autorizada para a disposição dos sedimentos oriundos da operação de dragagem tem dimensões de 2 x 2 km. Esta área é dividida nos quadrantes: NW, NE, SW e SE, cada um com 1 x 1 km. O centro da área de descarte está distante de aproximadamente 2 km da extremidade S do canal de acesso. A Tabela 3.6.3-3 apresenta as coordenadas geográficas limites da área de descarte.

Na atualidade, as profundidades da Área de Descarte variam aproximadamente entre -3,00 a -7,00 metros, referidas ao nível de redução da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN da Marinha do Brasil.

**Tabela 3.6.3-3 – Coordenadas limites dos quadrantes constituintes da Área de Descarte – UTM-WGS84**

<b>Quadrante</b>	<b>NW</b>	<b>NE</b>	<b>SW</b>	<b>SE</b>
Limite Norte (Coord. Norte)	8.030.660	8.030.660	8.029.660	8.029.660
Limite Sul (Coord. Norte)	8.029.660	8.029.660	8.028.660	8.028.660
Limite Oeste (Coord. Este)	477.775	478.775	477.775	478.775
Limite Leste (Coord. Este)	478.775	479.775	478.775	479.775



**Figura 3.6.3-2 – Localização do Canal e da Área de Descarte**

### 3.6.3.5 Plano de Dragagem

No plano apresentado neste estudo, considera-se a ocorrência da primeira dragagem verdadeiramente de manutenção, para qual deve ser solicitada uma licença para dragagem de um volume de no mínimo 243.000 m<sup>3</sup>.

A época mais propícia para a dragagem acontece logo após os eventos de maior assoreamento e das condições de mar mais fortes. Realizando-se a dragagem neste período obtém-se um maior benefício da obra de dragagem, pois os efeitos da dragagem são mais duradouros. Assim, o período a ser solicitado para a dragagem de manutenção, corresponde aos meses de novembro a março do ano, isto é entre os defesos do camarão. No passado períodos maiores já foram concedidos, inclusive em épocas de defeso.

Devido à condição emergencial que se encontrava o canal de acesso e do limitado tempo que tem sido concedido, a ARCEL tem contratado duas dragas simultaneamente para a realização da obra de dragagem. A mobilização de uma draga adicional acarreta custos muito elevados, de forma que a opção de mobilização de apenas uma draga é a melhor relação custo benefício e deve ser preferida. Pretende-se utilizar sempre que possível apenas uma draga para a execução das próximas obras de dragagem.

Assim, com o objetivo de estimar o tempo da obra e planejar um cronograma, considera-se para os cálculos a produtividade diária das dragas utilizadas nas operações de dragagem da 5ª e 6ª campanhas (fevereiro - março de 2006 e 2007). A campanha de 2008 não foi considerada, pois pode ser considerada atípica em termos de produtividade, com índices de paralisação mecânica altíssimos. Como as 2 dragas têm desempenho semelhante, e considerando-se que a próxima dragagem pode ser realizada por qualquer uma das duas, estipulou-se a média das duas para a obtenção do valor de produtividade diária do volume "in situ" dragado. A produtividade diária foi calculada em 2.301 m<sup>3</sup> "in situ" para cada draga.

Note que nesses valores de produtividade estão consideradas as paralisações que podem acontecer, seja da escala de risco, quebra de equipamentos e condição inadequada do mar.

As necessidades de tempo estimadas para a dragagem de manutenção são expostas na Tabela 3.6.3-4.

**Tabela 3.6.3-4 – Tempo estimado para a dragagem de manutenção**

<b>Dragas mobilizadas</b>	<b>Dias necessários</b>	<b>Data de término previsto considerando-se o início da obra de dragagem em 01 de novembro de 2008</b>
1 draga	106 dias	14 de fevereiro de 2009
2 dragas	53 dias	23 de dezembro de 2008

Ressalta-se que na 5ª e 6ª campanha, o tempo efetivo concedido pelo órgão ambiental foi de 45 e 47 dias, respectivamente. Considerando-se que os dias necessários de dragagem foram estimados apenas com as produtividades médias destas duas campanhas de dragagem, é adequada a solicitação de alguns dias de segurança para garantir a execução integral da obra. Assim, a Tabela 3.6.3-5 resume os períodos ideais de dragagem necessários para as alternativas de uma ou duas dragas em operação.

**Tabela 3.6.3-5 - Período de dragagem necessário**

<b>Dragas Mobilizadas</b>	<b>Período solicitado para as futuras manutenções</b>
1 draga	[Novembro a Fevereiro]
2 dragas	[Novembro a Dezembro]

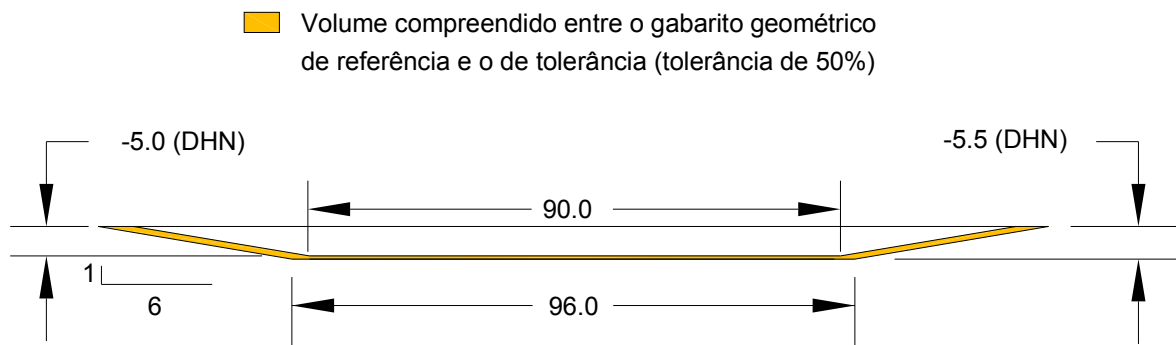
O Cronograma proposto da obra de dragagem é apresentado na Tabela 3.6.3-6:

**Tabela 3.6.3-6 – Cronograma proposto para as duas próximas obras de dragagem de manutenção**

	2008					2009												2010						
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
Pedido de autorização Marinha	█	█											█	█										
Pedido de licenciamento IBAMA		█	█											█	█									
Obra de dragagem (1 draga)				█	█	█	█									█	█	█	█					
Obra de dragagem (2 dragas)				█	█											█	█							

### 3.6.3.6 Gabaritos geométricos utilizados para a obra de dragagem

Para o controle da obra de dragagem serão adotados dois gabaritos. O gabarito de projeto e um gabarito de tolerância. O gabarito de tolerância (veja Figura 3.6.3-3) foi definido com cota de fundo de canal em -5,50 m (DHN) e com largura de fundo de 96 m. A função do gabarito de tolerância é propiciar controle, evitando dragagens não uniformes e desnecessárias por parte da empresa de dragagem contratada para a obra. Todo volume dragado além do gabarito de tolerância não é pago, e para o sedimento dragado entre o gabarito de projeto e o de tolerância se paga até o limite de 50 % do volume existente passível de dragagem entre os mesmos.



**Figura 3.6.3-3 – Gabarito geométrico utilizado**

### 3.6.3.7 Forma de Contratação

O Canal de Acesso encontra-se em uma área dinâmica de transporte de sedimentos. Na região do canal encontram-se os efeitos conjuntos das correntes induzidas pelas ondas, das correntes de maré e das correntes induzidas pelo vento local. Considerando-se os aspectos particulares do canal, assim como as limitações ambientais de tempo, a contratação por preço global não é a mais indicada, restando a alternativa de medição como melhor opção. Assim, recomenda-se que a contratação seja realizada por medição de batimetrias ou medição do volume dragado em cisterna. A medição por batimetria, ou resultado, é mais indicada para o contratante, pois há interesse do contratado na execução de um serviço de maior desempenho. Qualquer que seja a alternativa de medição escolhida, a evolução da obra de dragagem deverá ser acompanhada com devido monitoramento de batimetria e medição de cisterna, e com fiscalização capacitada 24 horas por dia a bordo da draga.

### 3.6.3.8 Equipamentos recomendados

Recomenda-se a utilização de dragas hopper para a execução desta dragagem.

A draga auto-transportadora de sucção e arrasto (trailing suction ou hopper) consiste em uma embarcação marítima auto-propelida em que os dragados são armazenados em uma cisterna interna para despejo posterior. A tecnologia e equipamentos propostos para a dragagem são expostos no item 3.6.4.

### 3.6.3.9 Método de Medição

Os volumes medidos em cisterna deverão seguir a metodologia consagrada pela Companhia Brasileira de Dragagem – CBD. A composição do volume de sedimentos

dragados na cisterna é dada pela soma do volume sedimentado e do volume em suspensão.

O volume de sedimento decantado no fundo da cisterna é medido através de um prumo aferido para uma densidade aproximada de  $1,7 \text{ g/cm}^3$ . Na Figura 3.6.3-4 é possível visualizar o Prumo de Medição e na Figura 3.6.3-5 a utilização deste equipamento.



**Figura 3.6.3-4 – Prumo de medição**



**Figura 3.6.3-5 – Utilização de prumo de medição**



Uma vez determinado o volume de material decantado no fundo da cisterna, deve-se calcular qual o volume de sedimento presente na mistura água/sedimento que preenche o restante da cisterna. Para tanto, amostras deste sobrenadante são coletas em provetas graduadas que deverão ser deixadas em repouso por 72 horas, para permitir a separação da água do sedimento e determinação do percentual de sedimento presente. Com este percentual conhecido calcula-se o volume de sedimentos em suspensão. A Figura 3.6.3-6 apresenta três provetas com diferentes amostras após 72 horas.



**Figura 3.6.3-6 – Provetas após 72 horas**

### **3.6.3.10 Monitoramento da Dragagem**

As atividades de descarte e as trajetórias das dragas deverão ser monitoradas através de DGPS. A título de exemplo, a Figura 3.6.3-7 e a Figura 3.6.3-8 apresentam as localizações dos descartes executados pelas dragas Volzee e Virgínia durante a obra de dragagem realizada entre fevereiro e março de 2007. A Figura 3.6.3-9 apresenta um ciclo completo de uma viagem da draga Volzee no dia 27 de fevereiro de 2007. Este monitoramento permite controle da área de dragagem, da atividade de overflow e da localização dos pontos utilizados para o descarte.

Área de Descarte

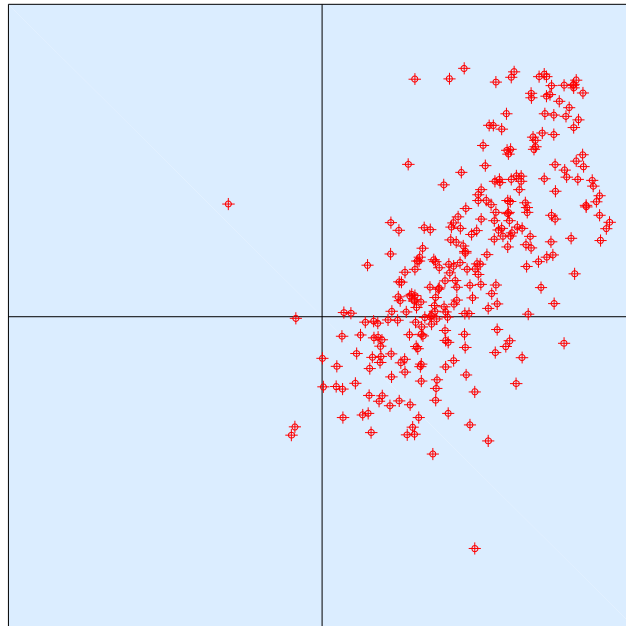


Figura 3.6.3-7 – Descartes da Draga Volzee – 6ª Campanha de Dragagem – fev-mar-2007

Área de Descarte

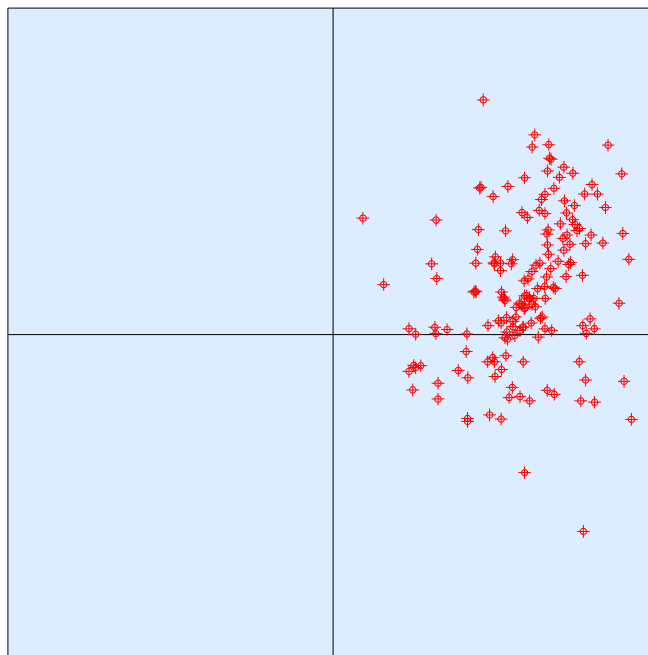
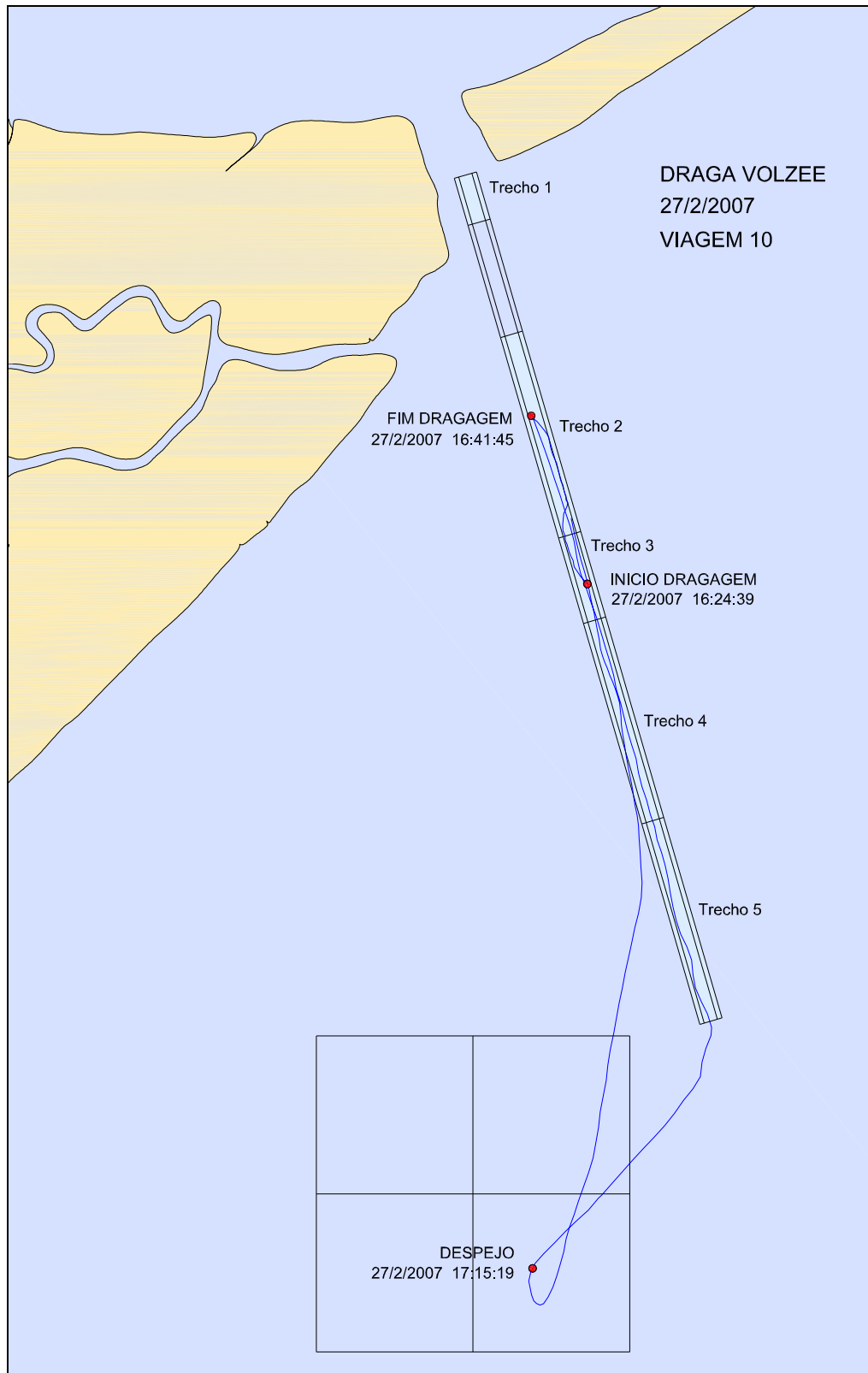


Figura 3.6.3-8 – Descarte da Draga Virgínia – 6ª Campanha de Dragagem – fev-mar-2007



**Figura 3.6.3-9 – Ciclo completo de uma viagem da Draga Volzee – 27/02/2007**

### 3.6.3.11 Operação de Descarte

Com o objetivo de melhorar a distribuição dos sedimentos dragados no interior da área de descarte, minimizando o impacto no leito submarino, os pontos de descartes serão previamente espaçados e demarcados. Pretende-se evitar a sobreposição de pontos de descarte e uniformizar a densidade do descarte nos quadrantes NE e SE, que possuem maiores profundidades. Estudos realizados por Nester & Rees (1988) *apud* Bray, *et al.* (1997), mostraram que para despejos de finas camadas realizados em Móbile Bay, Alabama, não houve detecção de nenhum impacto significativo nos parâmetros de qualidade da água durante as atividades de descarte e que nenhuma diferença detectável da comunidade de macrofauna foi notada que pudesse ser atribuída à atividade de descarte. A 6ª campanha de dragagem realizada em 2007 precisou de 767 descartes para uma dragagem de 236.252 m<sup>3</sup> “in situ”. Assim, para as próximas dragagens de manutenção, estima-se um total de 791 operações de descarte, que deverão ser convenientemente alocados.

## 3.6.4 Tecnologia Proposta para a Obra de Dragagem

### 3.6.4.1 Considerações Gerais

As alternativas tecnológicas para realização da dragagem consideram os equipamentos disponíveis na atualidade e as particularidades da obra de dragagem em estudo, como profundidade, largura, condições hidrodinâmicas e sedimentológicas, entre outras. A questão do impacto ambiental também é considerada, de forma que se procura propor uma alternativa tecnológica que seja compatível com a preservação do meio ambiente.

### 3.6.4.2 Equipamentos de Dragagem

Diversos equipamentos são utilizados nas operações de dragagem, os quais podem ser classificados em mecânicos, hidráulicos e mistos (mecânico-hidráulicos), sendo que cada um destes apresenta diferentes tipos de mecanismos e operação. A particularidade das obras e a habilidade dos engenheiros resultaram no surgimento de diversos equipamentos e sistemas de dragagem, com muitas variantes ao redor do mundo. A Tabela 3.6.4-1 mostra os principais tipos de dragas e suas respectivas categorias. A maior parte da descrição dos equipamentos de dragagem foi adaptada de Bray, *et al.* (1997) e Torres (2000).

**Tabela 3.6.4-1 – Principais tipos de dragas, denominação inglesa correspondente e categoria na qual está incluída**

Categoria	Tipo
Mecânica	Dragas de caçambas (grab dredger)
	Dragas escavadeiras (dipper dredger)
	Dragas de alcatruzes (bucket ladder dredger)
Hidráulica	Dragas de sucção e recalque (suction dredger)
	Dragas de sucção e recalque com desagregadores (cutter suction dredger)
	Dragas de sucção e recalque auto-transportadoras (trailing hopper dredger)

Fonte: adaptado de ALAD/CBD (1972) *apud* Torres (2000).

As dragas mecânicas são comumente utilizadas para a remoção de cascalho, areia e sedimentos muito coesivos, como argila, turfa, e silte altamente consolidado. Estas dragas removem sedimentos de fundo através da aplicação direta de uma força mecânica ao escavar o material, independente de sua densidade. Os principais tipos de dragas mecânicas são as escavadeiras flutuantes (tais como as de caçamba e as de garras) e as dragas de alcatruzes (também conhecidas por “bucket ladder”). As dragas de alcatruzes dispõem de uma corrente sem fim com caçambas que trazem o material de fundo até uma esteira montada em uma lança, que eleva e projeta o material dragado a certa distância ou o despeja em outra embarcação.

Os sedimentos escavados com a utilização de dragas mecânicas são geralmente transportados em barcaças, dependendo do volume a ser transportado. As dragas mecânicas podem ser vistas da Figura 3.6.4-1 à Figura 3.6.4-6 sendo que a Figura 3.6.4-5 apresenta em detalhe o sistema de escavação do material dragado na draga de Alcatruzes.



**Figura 3.6.4-1 - Draga de caçamba em operação - Baía de São Francisco, EUA**



**Figura 3.6.4-2 – Draga mecânica tipo escavadeira**



Figura 3.6.4-3 – Draga Mecânica New York (backhoe dredger) dragando na Baía de Newark, EUA

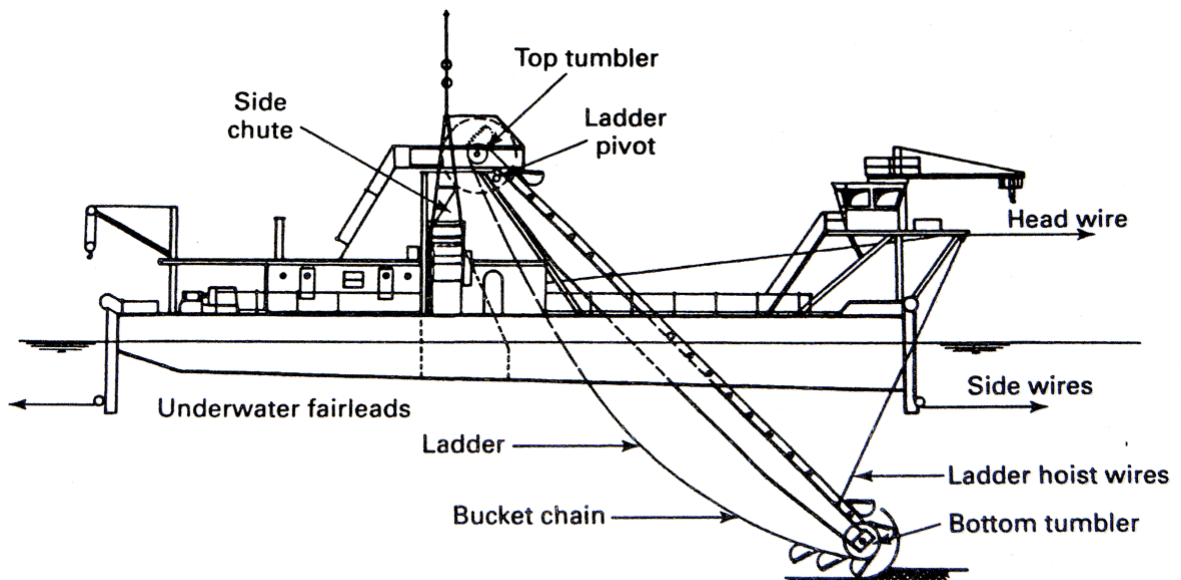


Figura 3.6.4-4 – Esquema da Draga de Alcatruzes, adaptado de Bray, et al. (1997)

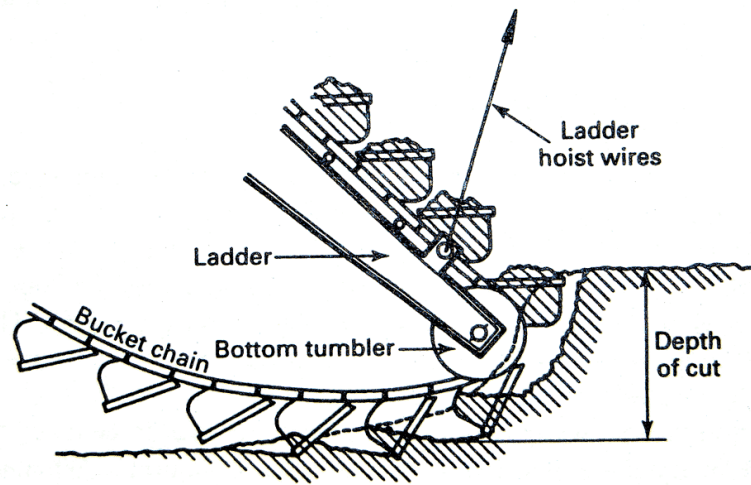


Figura 3.6.4-5 – Detalhe do sistema da draga de Alcatruzes, adaptado de Bray, et al. (1997)



Figura 3.6.4-6 - Draga de Alcatruzes

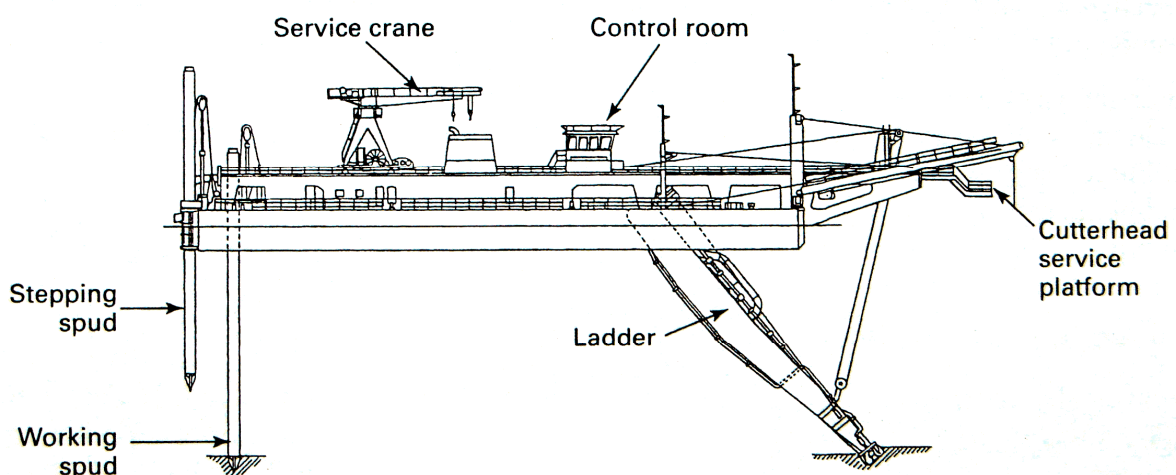


Nos Estados Unidos, as dragas hidráulicas respondem por aproximadamente 95% das atividades de dragagem segundo Bohlen (1990) *apud* Torres (2000).

As dragas de sucção e recalque (veja Figura 3.6.4-7 e Figura 3.6.4-8) podem ser divididas entre as de sucção simples, as equipadas com desagregadores mecânicos e as autotransportadoras. A draga autotransportadora constitui-se de uma variação das dragas de sucção e recalque. A draga autotransportadora de sucção e arrasto (trailing suction ou hopper) consiste em uma embarcação marítima autopropelida em que os sedimentos dragados são armazenados em uma cisterna interna para despejo posterior, dispensando o uso de barcaças ou tubulações de descarga (veja Figura 3.6.4-9 e Figura 3.6.4-10).

A forma mais simples de draga hidráulica consiste de um equipamento composto de uma bomba centrífuga, acionada por motor a diesel ou elétrico, montada sobre flutuante e que descarrega o material dragado por tubulações mantidas sobre a água através de flutuadores. Nas dragas de sucção e recalque, a sucção é feita por meio de um grande bocal de aspiração, chamado de boca de dragagem, que é posicionado e/ou arrastado junto ao fundo a ser dragado. Nas dragas com desagregadores, o material é desagregado com o auxílio de jatos de água e/ou desagregador mecânico, para posterior aspiração em meio à água, através do tubo de sucção.

As dragas hopper são consideradas o equipamento mais sofisticado existente, sendo praticamente auto-suficientes, podendo iniciar uma dragagem tão logo da sua chegada ao local da obra.



**Figura 3.6.4-7 – Esquema de draga de sucção e recalque, adaptado de Bray, et al. (1997)**



**Figura 3.6.4-8 – Draga de sucção e recalque Antea equipada com desagregador (cutter suction dredger), dragando no Porto de Avilés, Espanha**

As dragas hopper podem dispor de duas ou uma única tubulação articulada próxima do bordo do casco, que em sua extremidade possui uma boca de dragagem, a qual entra em arrasto com o fundo durante a operação de dragagem. A tubulação é ligada a uma potente bomba de sucção, que suga o material dragado e o distribui na cisterna da embarcação.

Podem operar com diversos tipos de escavação, promover engordamentos de praia, descarregar os sedimentos através de tubulações, como também permitem a execução do overflow, resultando em alto rendimento quando da dragagem de sedimentos arenosos. O overflow consiste no processo de descarga da água excedente durante o enchimento por transbordamento da cisterna.

No Brasil há uma grande carência de equipamentos de dragagem destinados a operações na zona costeira. O tipo mais empregado de dragas corresponde às dragas autotransportadoras. Como exemplo, pode-se se citar as dragas Macapá, Boa Vista, Leblon, Recreio dos Bandeirantes, Virgínia e Volzee. Dragagens com este tipo de draga têm sido realizadas com frequência em São Luís, Belmonte, Caravelas, Vitória, Santos, Rio Grande, entre outros portos e terminais.

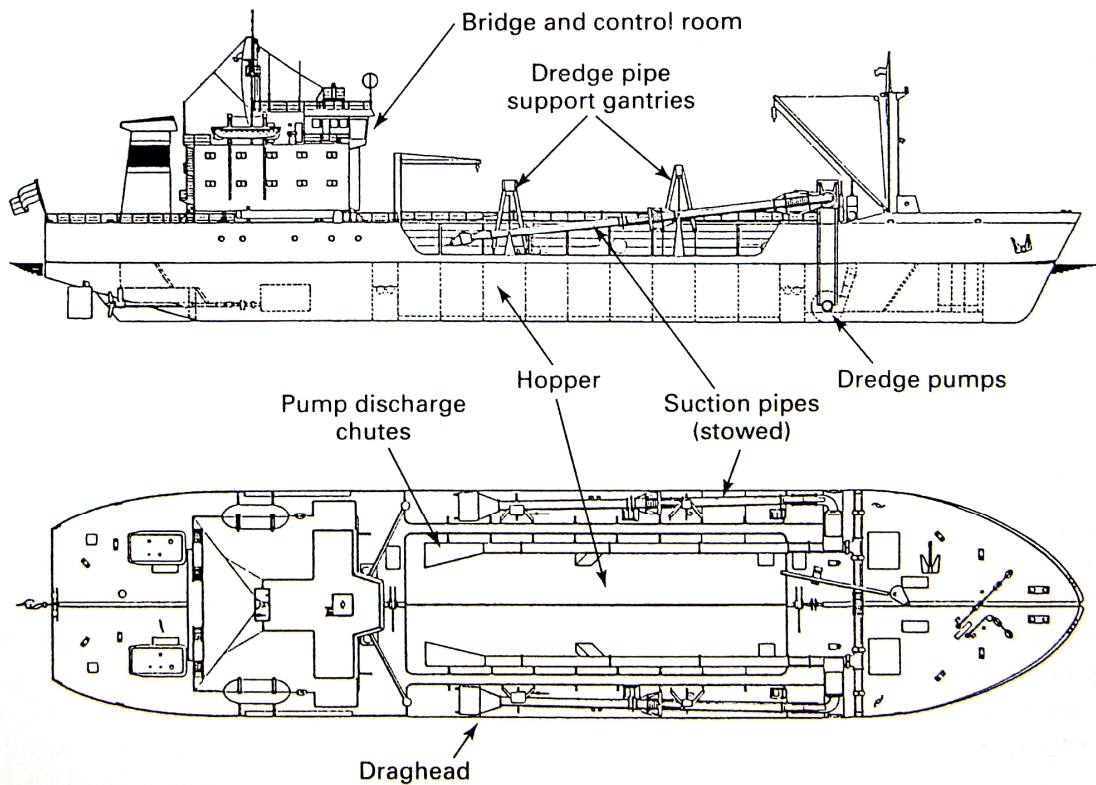


Figura 3.6.4-9 – Esquema de draga autotransportadora de sucção e arrasto (Hopper), adaptado de Bray, et al. (1997)



Figura 3.6.4-10 - Dragagem hopper Lelystad em Dubai, Emirados Árabes

### 3.6.4.3 Análise comparativa entre as alternativas de equipamentos de dragagem.

As dragas de caçamba (clamshell) ou escavadeiras montadas sobre flutuantes, que operam em conjunto com batelões, têm operação difícil e de baixa produção em zonas de mar aberto.

As dragas de alcatruzes são boas para dragagem de zonas portuárias, com fundos poluídos e com detritos que poderiam danificar as bombas de sucção das demais dragas, porém não há oferta deste tipo de equipamento no mercado nacional, e seu uso tem decaído no mundo em detrimento das dragas hopper.

Considerando-se as características do sedimento existente no acesso ao Canal do Tomba, pouco resistente, tem-se que as dragas hidráulicas são mais vantajosas que as dragas mecânicas.

Assim, propõem-se duas alternativas de utilização de dragas hidráulicas, consideradas as mais indicadas, para a execução de uma comparação direta entre seus equipamentos de dragagem, a fim de definir qual alternativa é mais adequada econômica, ambiental e tecnicamente.

- Utilização de dragas de sucção e recalque combinadas com o descarte em terra através de tubulações ou combinadas com batelões para descarte oceânico;
- Utilização de dragas autotransportadoras com descarte oceânico.

#### 3.6.4.3.1 Dragagem utilizando draga de sucção e recalque

Nesta alternativa a dragagem é executada por dragas de sucção e recalque, posicionadas e mantidas fixas através de sistemas especiais de ancoragem, com transferência dos sedimentos dragados através de tubulações flutuantes até à praia para descarte provisório ou disposição final. Cabe mencionar, que estas dragas também podem operar com batelões e até mesmo combinar estas duas opções (tubulação e batelão) para o descarte dos sedimentos dragados. A escolha da forma de descarte ideal depende da condição de mar do local e da distancia do ponto de dragagem ao ponto de disposição. No caso da dragagem na região da Boca do Tomba, será necessária uma draga preparada para as condições de mar encontradas no local, veja Figura 3.6.4-11.

As principais vantagens do uso de uma draga de sucção e recalque são:

- Capacidade de escavar diferentes tipos de materiais (desde materiais compactos até lama fluida) e disposição direta nos sítios de descarte através das tubulações;

- Capacidade de operar em baixas profundidades e produzir um fundo uniforme com altas taxas de produção;
- Maior precisão na execução do posicionamento da boca da draga resultando em taludes precisos quando da dragagem de canais de acesso.

As principais limitações são:

- Capacidade limitada de trabalhar sob condições de mar adversas;
- Necessidade do uso de sistemas especiais de ancoragem;
- Distância limitada para a qual os materiais dragados possam ser economicamente transportados;
- As tubulações flutuantes podem causar perigos a navegação, requerendo procedimentos especiais para instalação, como também podem afetar o tráfego de embarcações;
- Produção pequena quando se draga pequenas espessuras de material mole;
- Alto custo de mobilização



**Figura 3.6.4-11 – Desenho esquemático de uma draga de sucção e recalque de grande porte, concebida para a execução de serviços marítimos**

#### 3.6.4.3.2 Dragagem utilizando draga autotransportadora - hopper

Nesta alternativa a dragagem é executada por dragas autotransportadoras com bombas de sucção, cisterna com portas de fundo e sistema de posicionamento DGPS.

As principais vantagens do uso de uma draga do tipo hopper (Figura 3.6.4-12) são:

- Boa capacidade de trabalho mesmo em condições de mar com agitação moderada;
- Alta mobilidade, podendo mover-se facilmente e evitar a obstrução do tráfego de embarcações;
- Operação independente, podendo iniciar a dragagem imediatamente após a chegada ao local da obra;
- Capacidade de transportar o material dragado para locais distantes;
- Alta capacidade de produção;
- Equipamentos disponíveis em território nacional;
- Mobilização simples.

As principais limitações são:

- Restrições de dragagem de materiais rochosos ou muito consolidados;
- Restrições de dragagem em locais de baixa profundidade ou em áreas muito restritas;
- Não podem operar continuamente, necessitando deslocar-se para transporte do material até o descarte, interrompendo o ciclo de dragagem;
- Escavam com menos precisão que as dragas de sucção e recalque;
- A eficiência e ganhos econômicos são reduzidos quando o “overflow” é proibido;



**Figura 3.6.4-12 – Fotografia aérea da draga hopper Virgínia em Caravelas/BA**

#### *3.6.4.3.3 Conclusão da melhor alternativa de equipamento*

Nas últimas dragagens do canal de acesso da Boca do Tomba tem se utilizado dragas autotransportadoras tipo hopper. A draga Volzee com capacidade máxima de cisterna de 1.005 m<sup>3</sup> e a draga Virgínia de 753 m<sup>3</sup>. A draga Volzee sofreu reforma desde sua última operação no canal em 2006, o que possibilitou aumento da sua capacidade que antes era limitada em 790 m<sup>3</sup>.

Tanto a Volzee como a Virginia são do tipo “split hull” (Figura 3.6.4-13), isto é, o casco se abre para o descarregamento do material dragado no local de despejo e permitem a operação de dragagem com descarga de água por transbordamento da cisterna (overflow).



**Figura 3.6.4-13 – Draga do tipo “split hull”**

A restrição do overflow atinge a área do Canal em que os sedimentos não são essencialmente arenosos, e desta forma a quantidade de sedimentos colocados em suspensão quando o overflow é executado é bem pequena. A restrição do overflow atual não interfere de forma bastante significativa na operação, pois é proibido apenas nos locais de sedimentos em que tecnicamente o overflow não é tão vantajoso. Esta restrição é necessária para uma dragagem com a preocupação de causar a mínima ressuspensão de sedimentos possíveis.

Estudos conceituais foram realizados por Cepemar (2006) considerando-se a utilização de uma draga de sucção e recalque com a possibilidade de descarte em terra. Entretanto, pode-se verificar que a este tipo de dragagem não indica vantagens em termos de produção



e custos quando comparada com a dragagem executada atualmente com as dragas autotransportadoras, indicando que tal alternativa, se adotada, resultará em uma obra de dragagem mais demorada e cara.

Ainda, outros aspectos negativos desta alternativa são a problemática do descarte em terra (veja item 3.6.5.1), que seguramente geraria algum impacto ambiental terrestre, e a inexistência de equipamentos adequados em território nacional.

Eventualmente, a utilização de um desagregador hidráulico operando diretamente nos trechos de talude arenosos, em que o overflow é permitido, é interessante. Tal desagregador tem a função de desestabilizar e desagregar o consolidado sedimento arenoso presente no local, e assim facilitar sua remoção pelas dragas autotransportadoras. Na 7ª Campanha de dragagem em 2008, um pequeno desagregador montado em um flutuante operou pontualmente no talude do banco arenosos existente no trecho 3, que avança para o canal, no interior da área permitida para o overflow, veja Figura 3.6.4-14.



**Figura 3.6.4-14 – Flutuante F4 equipado com desagregador hidráulico**

Não há, em princípio, razão para abandonar o descarte oceânico realizado até o momento, que não indicou qualquer impacto de extensão significativa ou permanente ao meio ambiente, estando o mesmo restrito à área de descarte e área dragada conforme indicam os monitoramentos de longa duração executados até o presente.

Assim, para a dragagem do acesso ao Canal do Tomba, conclui-se que a melhor tecnologia na atualidade corresponde a que já vem sendo utilizada, isto é, dragas autotransportadoras com descarte oceânico.

### **3.6.5 Alternativas de locais para descarte e disposição do material dragado**

A eficiência do transporte e descarte dos sedimentos é parte importante de uma operação de dragagem.

A distância da área de dragagem até o local de descarte do material dragado determinará quais os tempos perdidos durante o transporte e disponíveis para a dragagem efetiva, quando se utilizam dragas autotransportadoras, por exemplo. No caso do transporte dos sedimentos hidraulicamente através de linhas de tubulação, a distância, em conjunto com o tipo de sedimento bombeado, também é fator preponderante no projeto, pois determinará o dimensionamento do diâmetro das tubulações, necessidade de bombas auxiliares intermediárias (boosters pumps) e produtividade, que integrarão a análise de viabilidade técnica deste sistema.

Obviamente, a definição do local de descarte não pode apenas se fundamentar sob a ótica econômica, tendo também que atentar para os impactos ambientais gerados pela disposição dos sedimentos.

Foram avaliadas alternativas considerando a disposição no mar e em terra.

#### **3.6.5.1 Alternativas de descarte em terra**

O sistema de dragagem através de corte e sucção e posterior bombeamento são operações que para se tornarem viáveis técnica e economicamente requerem algumas condições específicas:

- A não existência de uma grande extensão de bombeamento, (normalmente é economicamente viável até 1.500 m de distância para dragas autotransportadoras e até 3.000 m para dragas de sucção e recalque, quando o material é areia média);

- Existência de área de depósito junto à linha de costa para recepção e drenagem do material dragado.

O descarte em terra para posterior remoção do sedimento dragado no acesso ao Canal do Tomba, tendo em vista as condições existentes, enfrentará sérias dificuldades técnicas para sua viabilização:

- Não se identificou área em terra que apresenta condições ideais para o depósito provisório e drenagem do material dragado;
- A distância de bombeamento só será possível com a introdução de bombas intermediárias (boosters) com redução significativa de produção;
- Os flutuantes e equipamento auxiliares, na sua maioria, têm restrições de operação em condições de mar adversas;
- Para cada conjunto em operação (draga e boosters) haverá necessidade de uma tubulação de recalque com tramos flutuantes e/ou submersos, com todos os seus riscos de instalação e fatores de segurança e interferência na navegação;
- Para alcançar a retroárea será necessário obrigatoriamente atravessar o mangue;
- A drenagem do material dragado e bombeado na retroárea irá carrear para as margens do rio significativo volume de material fino em suspensão, podendo vir a alterar as condições naturais de turbidez da área;
- Esta situação poderá ser parcialmente reduzida através da criação de bacia de contenção, mas de elevado custo e pouca eficiência em função dos elevados volumes de água que estarão sendo transportados com o sedimento;
- A remoção do material da retroárea necessita ser muito eficiente em função da pequena capacidade de estocagem. Neste caso podem surgir dificuldades no manuseio do material dragado ainda com forte saturação;
- Calcula-se um trânsito elevado de caminhões cruzando Ponta de Areia sete dias por semana, 24 horas por dia, durante meses para a retirada do material dragado.

A consideração de descarte em terra visando o engordamento de praia da Ilha Pontal do Sul foi levantada como hipótese em estudo realizado por Cepemar (2006). Entretanto, esta solução não foi estudada mais profundamente, devido aos seguintes fatores:

- Riscos ao ecossistema terrestre com prejuízo à vegetação local;

- Expectativa baixa de vida útil do engordamento;
- Impactos visuais e de odor momentâneos;
- Aumento da turbidez local devido à drenagem da água decorrente do bombeamento;
- Ressuspensão e disponibilização da fração de material fino contido no sedimento descartado, uma vez que será exposto às ondas.

Como o material sedimentar a ser utilizado para o engordamento da praia precisa ter granulometria similar ou superior à existente naturalmente, apenas uma pequena parcela do material dragado seria adequada para este uso. Da observação da erosão que naturalmente ocorre nestas praias, conforme evidenciado pelos monitoramentos de perfis de praia, acredita-se que somente um material de granulometria significativamente superior pode propiciar um engordamento de vida útil satisfatória da praia da Ilha Ponta do Sul.

### **3.6.5.2 Alternativas de descarte no mar**

No momento do descarte, a maior parte dos sedimentos alcança rapidamente o fundo marinho, enquanto que a outra parte restante permanece em suspensão na coluna d'água, podendo ser transportada imediatamente pelas correntes existentes.

Embora o sedimento descartado não possua contaminações, existe a necessidade ambiental de se assegurar que este sedimento não será transportado para as áreas de recifes de corais, afetando as características de turbidez e sedimentação destes locais e, por conseguinte impactando o ecossistema presente.

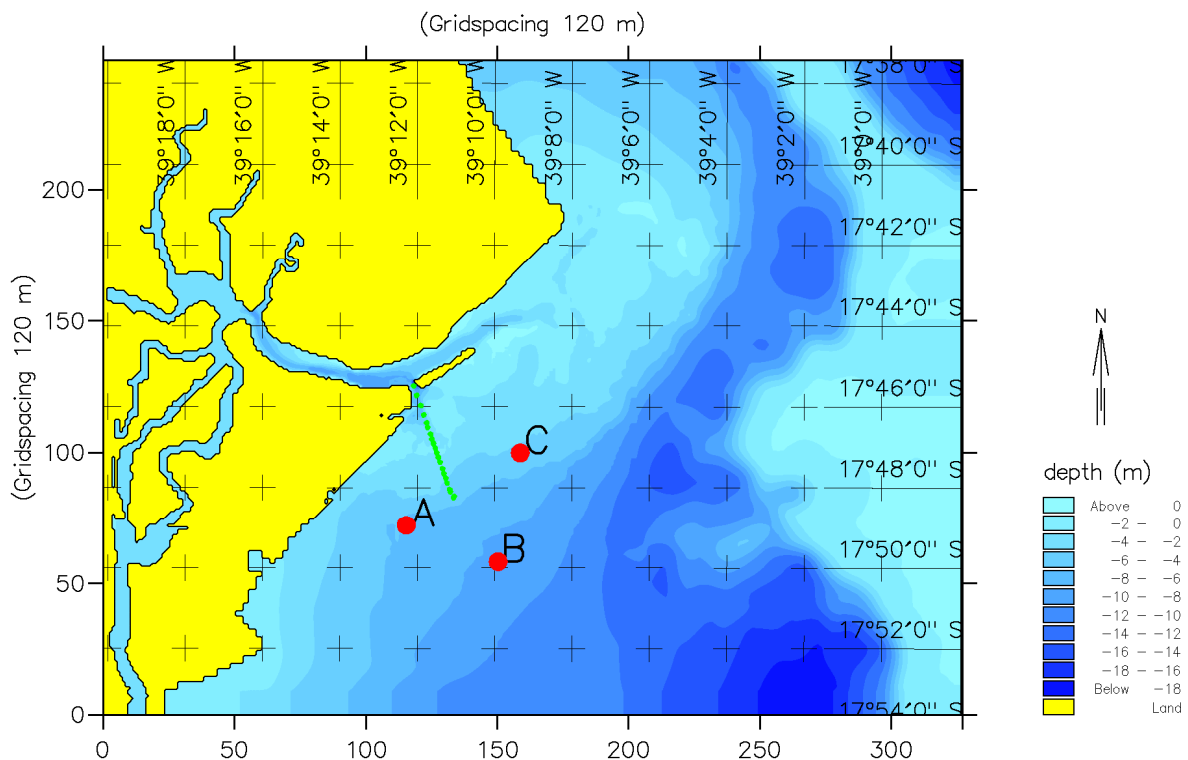
Assim, com o objetivo de obter resultados realistas do comportamento do material sedimentar após o descarte, incluindo efeitos de correntes, turbulência, cisalhamento do fundo devido às ondas, ressuspensão dos sedimentos depositados, advecção e dispersão, vários estudos foram executados até o presente, que incluíram modelações numéricas, hidrodinâmicas e sedimentológicas, como também um estudo de campo.

#### *3.6.5.2.1 Estudo de Impacto Ambiental das Atividades de Descarte – DHI – Novembro de 2000*

Neste primeiro estudo, o laboratório de hidráulica dinamarquês Danish Hydraulic Institute – DHI investigou a dispersão e sedimentação do despejo das atividades de descarte em conexão com a dragagem do canal de navegação, a fim de avaliar o impacto no meio ambiente considerando o volume de dragagem de implantação. Foram executadas simulações para três alternativas de locais para disposição, que permitiram definir a atual

área de descarte como a mais apropriada relativamente às questões de sedimentação e turbidez. O estudo completo encontra-se no Anexo I.

As áreas de descarte do material dragado consideradas são apresentadas na Figura 3.6.5-1, uma área situada a aproximadamente 3 km ao sul/sudoeste do canal de navegação (área A), outra situada após a área de dragagem no sentido perpendicular à linha de costa (contíguo ao canal do Tomba) e outra a aproximadamente 3 km para nordeste do canal de navegação. A Tabela 3.6.5-1 apresenta outras características das áreas alternativas para o descarte estudadas.



**Figura 3.6.5-1 – Localização das áreas de descarte (pontos vermelhos) e do canal de navegação (pontos verdes)**

**Tabela 3.6.5-1 – Características das áreas de descarte propostas**

Área de Descarte	A	B	C
Localização Central UTM-WGS84	478.298 E 8.030.170 N	482.500 E 8.028.500 N	483.500 E 8.033.500 N
Área (km <sup>2</sup> )	1	1	1
Profundidade (m DHN)	-6.3	-8.2	-4.5

A área de cobertura do modelo, indicada na Figura 3.6.5-2, foi representada em uma grade batimétrica com pontos espaçados em 120 m.

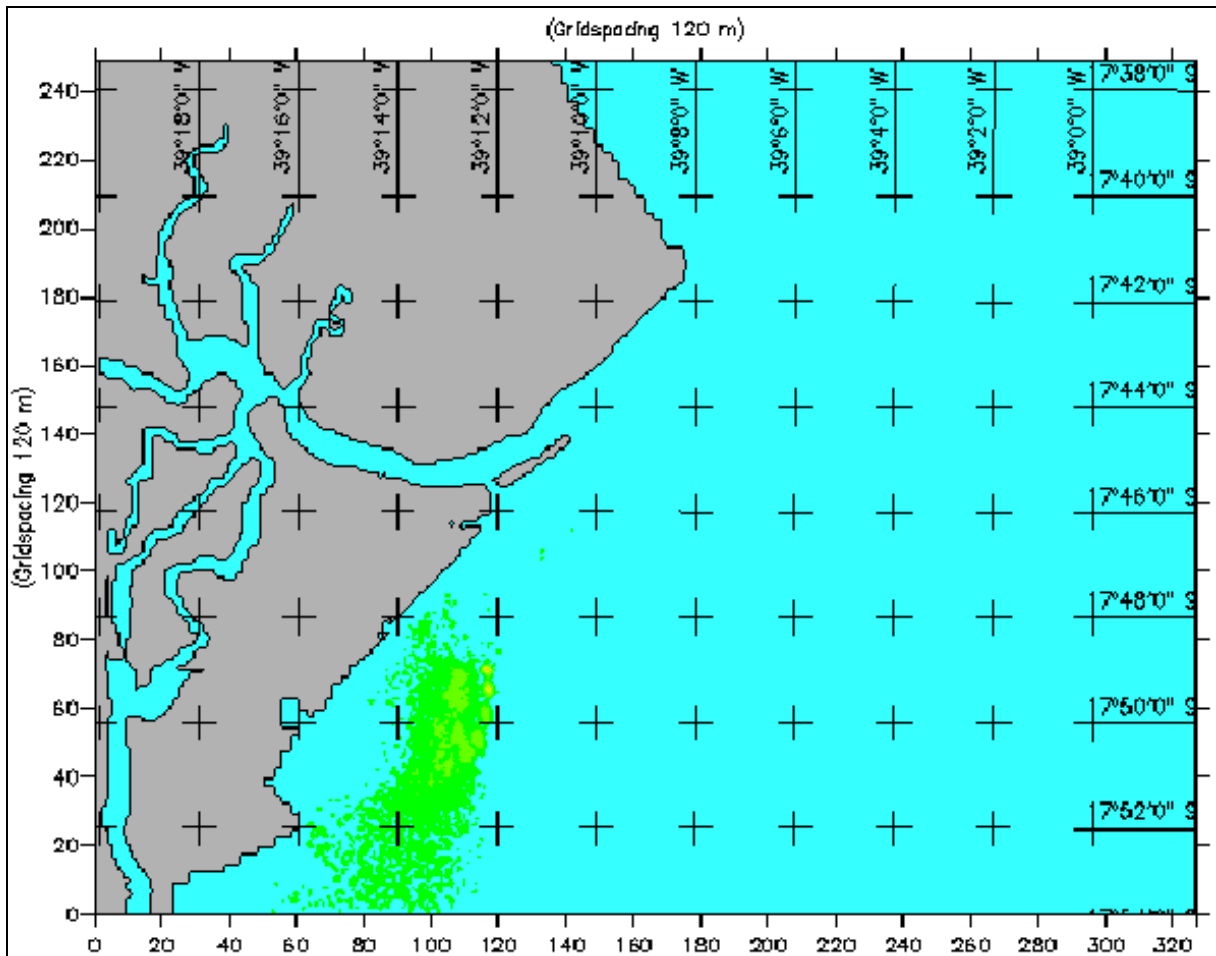
As condições hidrodinâmicas foram obtidas de um modelo global, que abrange desde Nova Viçosa ao sul até Cumuruxatiba ao norte. Para considerar a corrente gerada pelo vento durante o verão, somou-se 25 cm ao nível médio da borda norte do modelo numérico, de forma a criar um gradiente superficial e induzir um escoamento permanente para o sul, simulando a situação. O modelo foi calibrado com a situação de escoamento observada entre o continente e o Parcel das Paredes em janeiro de 1995. Para as ondas na zona costeira, foram adotados  $H_s$  (altura significativa) e  $T_s$  (período significativo) da ordem de 0,6 – 1,0 m e 6 s, respectivamente.

Para efeitos da modelação, considerou-se um diâmetro mediano de 0,01 mm para 70 % dos sedimentos e 0,12 mm para os 30 % restantes. Adotou-se que 85 % dos sedimentos despejados depositam-se no fundo enquanto que os 15 % restantes ficam em suspensão após a operação de descarte. Foi considerada uma operação de dragagem-descarte com 8 viagens diárias, despejando um total aproximado de 11.000 m<sup>3</sup> de sedimentos argilosos por dia, durante 20 dias consecutivos.



**Figura 3.6.5-2 – Área de cobertura da modelagem numérica**

A Figura 3.6.5-3 mostra o resultado da simulação com concentração de sedimentos em suspensão ao final de 20 dias de operação, no cenário mais pessimista, com ondas de 1 m de altura (intensa ressuspensão). Observa-se que a pluma de sedimentos em suspensão gerada pelo descarte tende a se deslocar rumo a SW, não alcançando o Parcel das Paredes e ultrapassando a área limite do modelo com uma concentração média de 5 mg/L (variando entre 1mg/L e 10 mg/L). A concentração de 5 mg/L representa apenas 16% da concentração naturalmente existente neste sistema.



**Figura 3.6.5-3 – Resultado na modelagem numérica mostrando a dispersão da pluma de sedimentos em suspensão após 20 dias de simulação. A área em verde representa concentrações de sedimentos em suspensão entre 1,0 mg/l e 10,0 mg/l, e a área em amarelo indica o local de lançamento, que apresenta concentrações entre 100 mg/l e 500 mg/l**

Os resultados obtidos pelo DHI apontam a área A como sendo a mais favorável para o descarte do material dragado, considerando o período das simulações, que corresponde ao verão. De uma maneira geral os resultados deste estudo podem ser assim sumarizados:

- A tendência da direção do transporte de sedimentos e, portanto, a direção de deposição é SSW para o período simulado (verão);
- No caso de disposição na Área "A", em uma situação com média para alta condição de ondas, o canal de navegação não será afetado pela sedimentação do material lançado. Com baixas velocidades de corrente os sedimentos depositarão próximo ao canal de navegação;



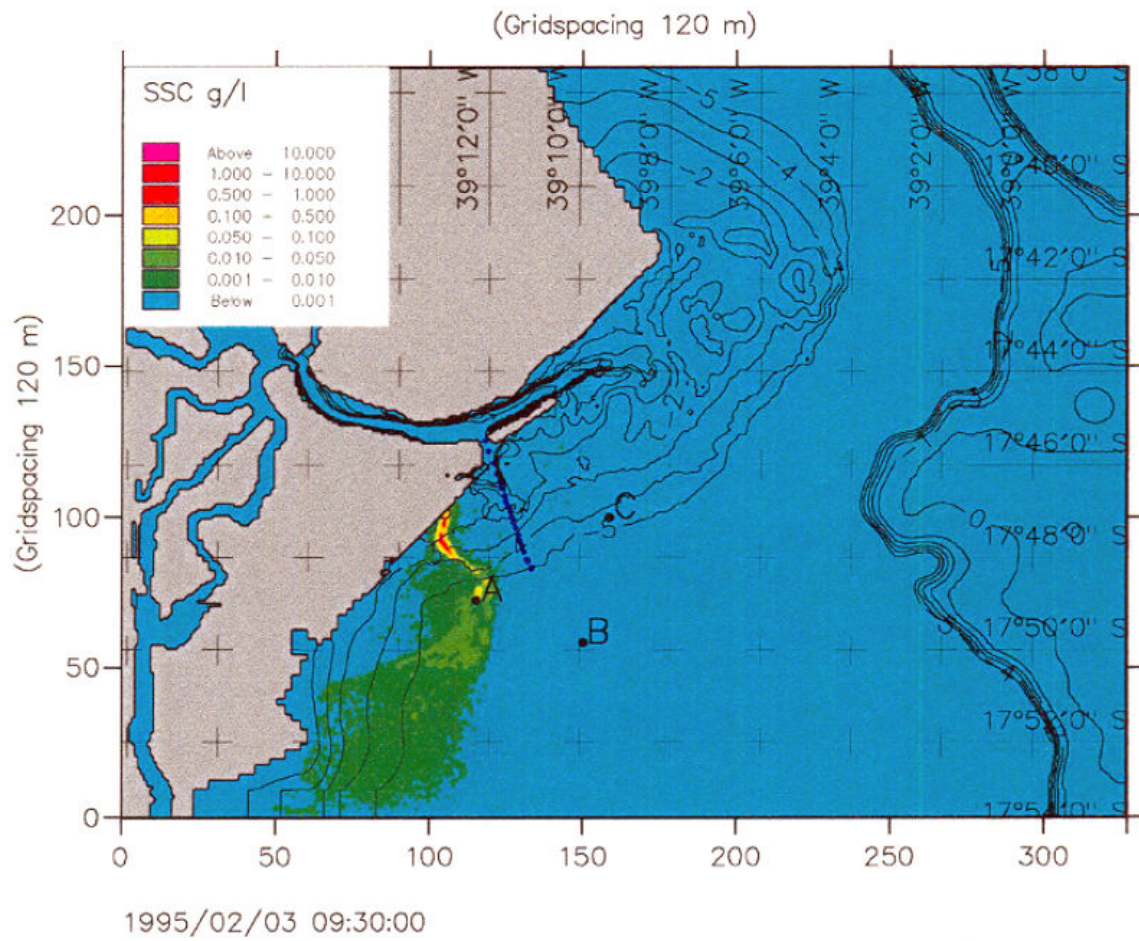
- Nas Áreas "B" e "C", a tendência de dispersão do material descartado é a mesma observada na Área "A", porém as concentrações de sólidos suspensos no limite sul da área modelada podem atingir valores acima de 50 mg/L, o que representa um maior risco de impacto sobre os recifes de corais situados ao sul desta área;
- O extenso recife de coral Parcel das Paredes, localizado a leste das Áreas de Descarte propostas, não será afetado pelas atividades de disposição em nenhuma das alternativas de disposição;
- Concluiu-se que nenhuma das alternativas investigadas causará deposição significativa no canal de navegação. Para minimizar possíveis efeitos da sedimentação/decréscimo na penetração da luz nos recifes de coral localizados ao sul da área modelada, a Área de Descarte "A" é recomendada, pois produzirá a pluma mais bem definida com as menores concentrações de sedimentos.

#### *3.6.5.2.2 Estudo de Impacto Ambiental das Atividades de Descarte – Simulações Adicionais - DHI – Março de 2001*

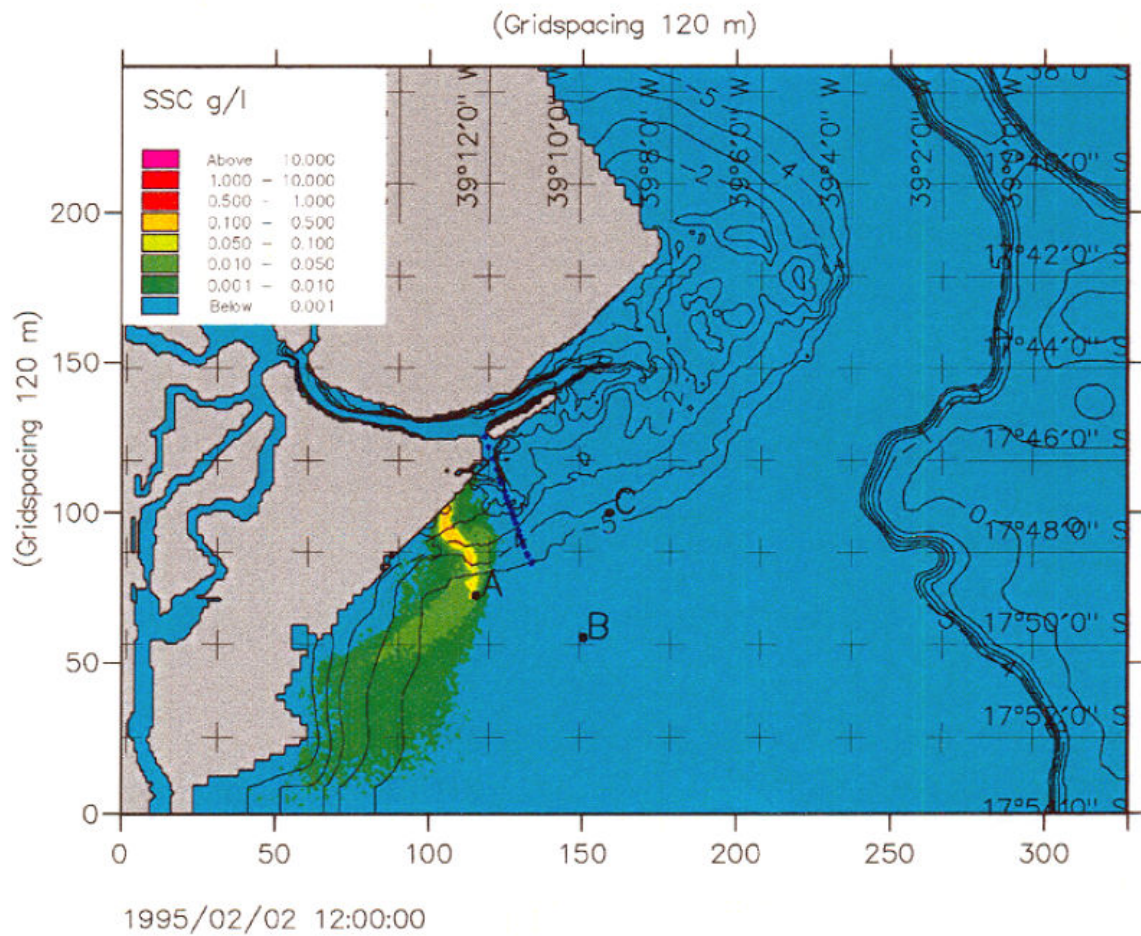
As simulações do estudo anterior consideram parâmetros da obra de dragagem que não se confirmaram. Assim, foram necessárias simulações de modelação numérica adicionais das atividades de descarte com valores alterados dos parâmetros relativos à capacidade de dragagem, volume do descarte e duração da atividade, que em síntese ocasionaram uma redução dos volumes de descarte.

Os resultados obtidos comparados com as simulações do estudo anterior, relativamente à disposição dos sedimentos na área A, indicaram pouca diferença relativamente à extensão afetada pelos sedimentos em suspensão, entretanto, as concentrações do sedimento em suspensão sofreram uma marcante redução devido à diminuição do montante de material descartado.

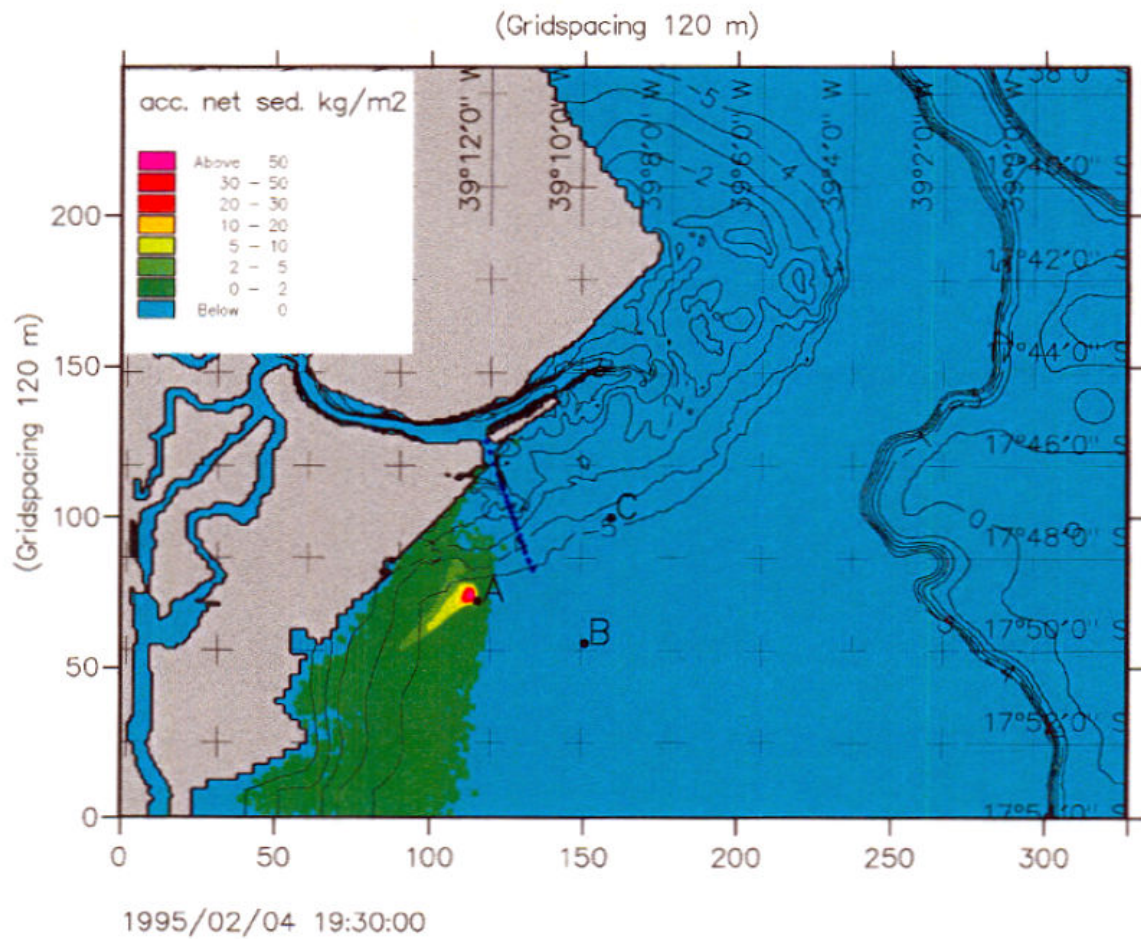
Os resultados confirmaram que o atual local escolhido não afeta os recifes de corais próximos da área de descarte, pois mesmo em condições de hidrodinâmica severa, a pluma não atinge os recifes. A Figura 3.6.5-4, Figura 3.6.5-5, Figura 3.6.5-6 e Figura 3.6.5-7 apresentam os resultados das atividades de descarte na área A para condições de ondas de alta energia. O estudo completo encontra-se no Anexo J.



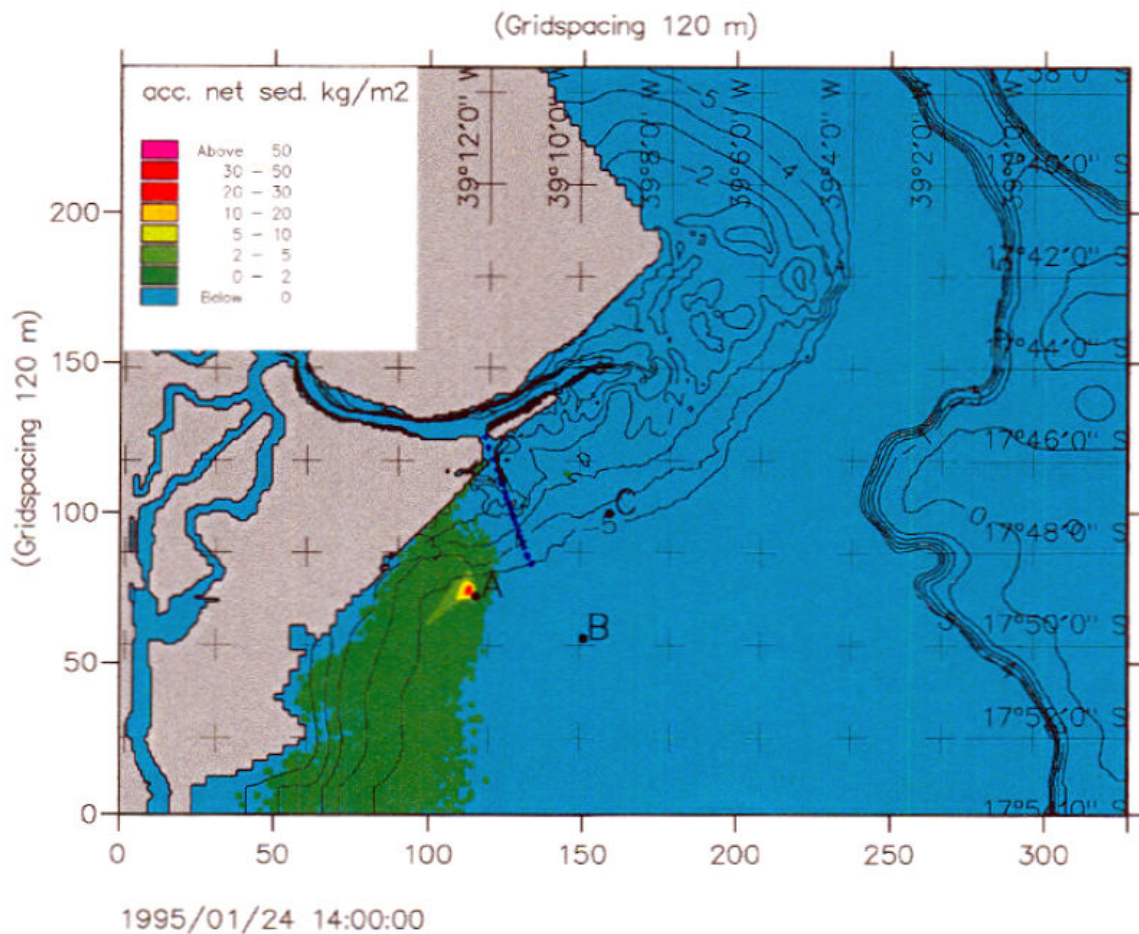
**Figura 3.6.5-4 – Máxima concentração de sedimento em suspensão como resultado das atividades de descarte na área A para condições de ondas de alta energia**



**Figura 3.6.5-5 – Máxima área afetada pelo sedimento em suspensão como resultado das atividades de descarte na área A para condições de ondas de alta energia**



**Figura 3.6.5-6 - Máxima acumulação resultante como resultado das atividades de descarte na área A para condições de ondas de alta energia**



**Figura 3.6.5-7 - Máxima área afetada pela acumulação de sedimentos como resultado das atividades de descarte na área A para condições de ondas de alta energia**

### 3.6.5.2.3 Estudo de Impacto Ambiental das Atividades de Descarte – Simulações Adicionais II - DHI – Maio de 2001

Este estudo inclui os resultados das simulações numéricas relativas à alteração do número de ciclos de dragagem por dia e uma análise de sensibilidade relativa ao tamanho dos grãos do sedimento considerado nas modelações. Também apresenta simulações numéricas da dispersão e sedimentação do sedimento descartado na área de descarte, representando as condições hidrodinâmicas durante o inverno.

O estudo conclui que a alteração do número de ciclos não altera as condições de deposição e da concentração de sedimentos em suspensão durante o verão.

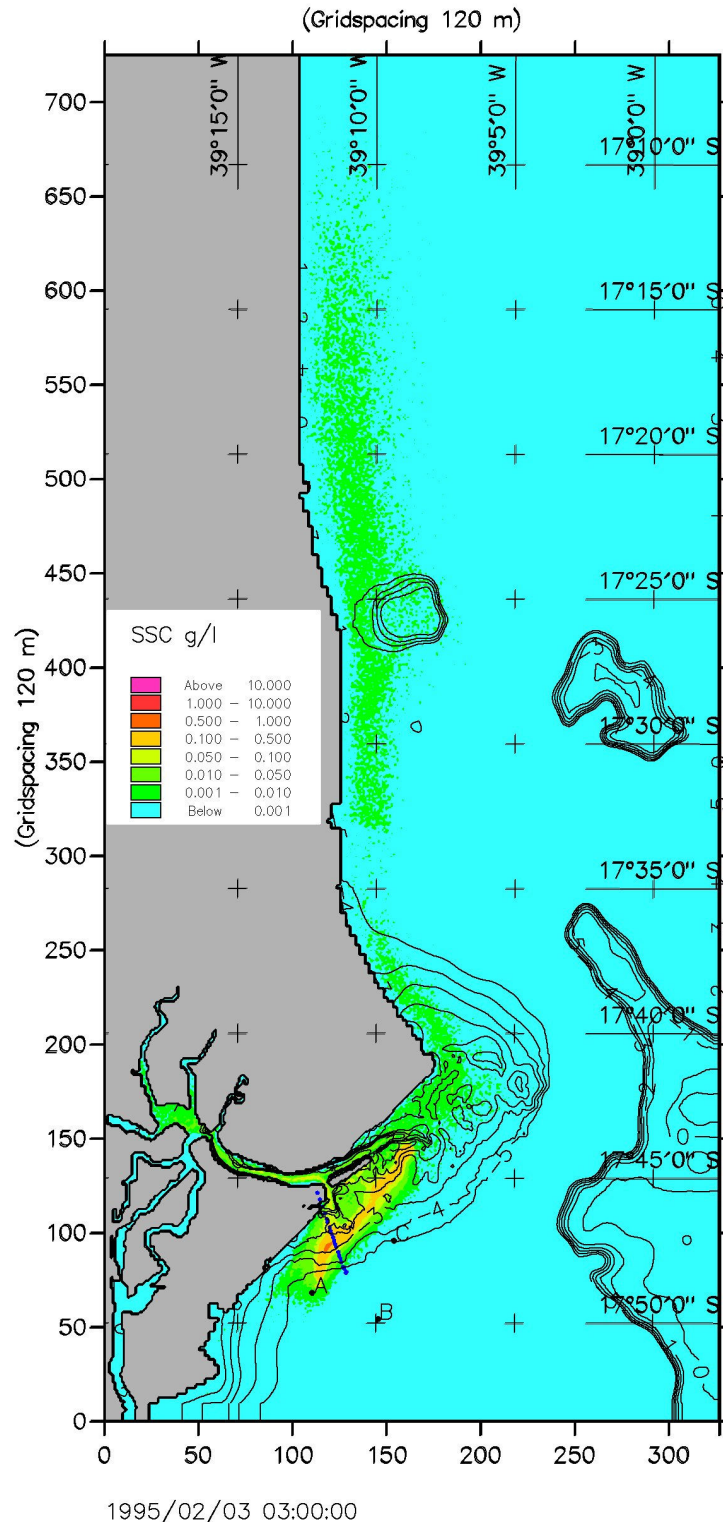
A comparação dos resultados da dispersão de sedimentos para diferentes granulometrias mostra que apenas um ligeiro aumento do tamanho dos grãos resulta em uma diminuição acentuada da área afetada pelos sedimentos em suspensão.

A concentração de sedimentos suspensos no limite sul do modelo reduz-se acentuadamente com a consideração de um diâmetro mediano de 0,015 mm ao invés de 0,010 mm para a fração fina do sedimento. Para um diâmetro mediano de 0,020 mm, os sedimentos em suspensão nem mesmo alcançam a borda sul do modelo numérico.

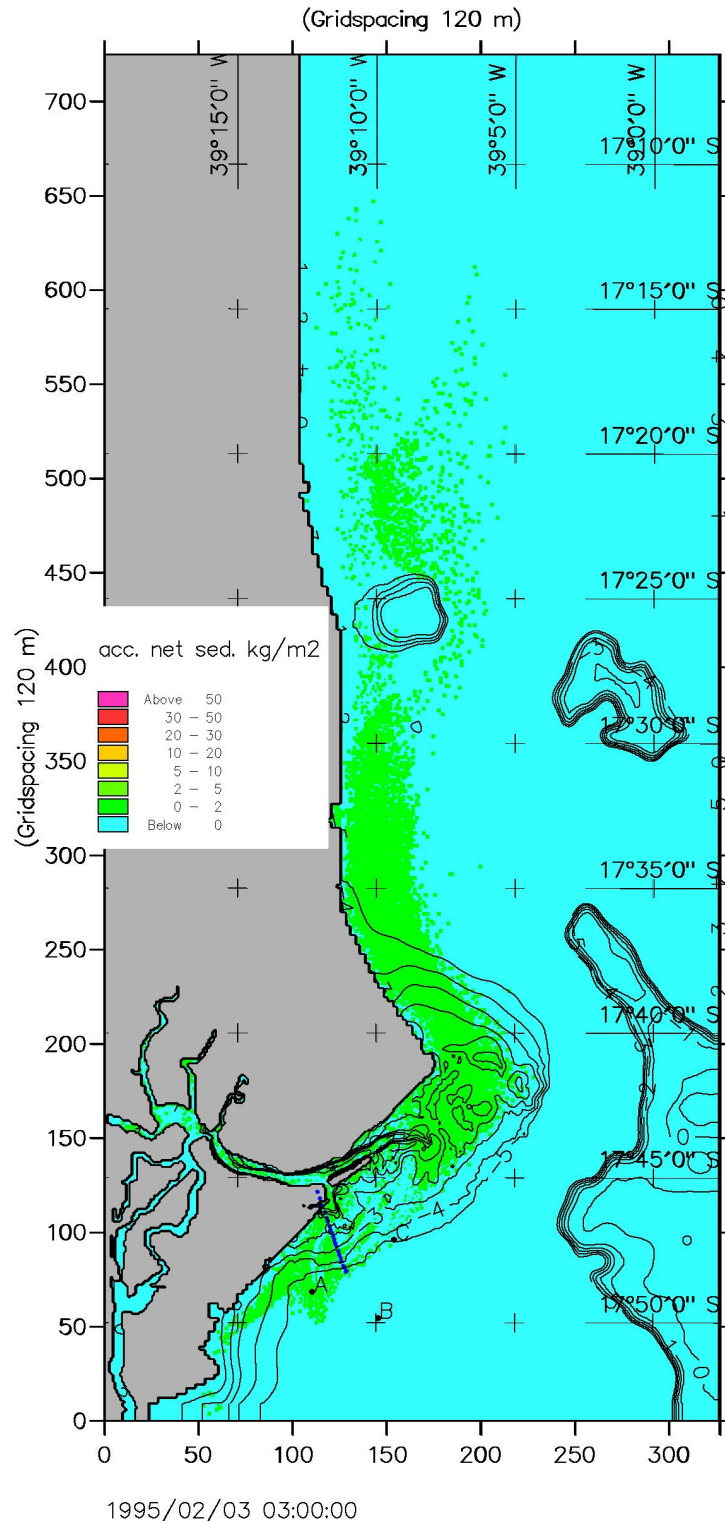
Quanto ao descarte durante o período de inverno, conclui-se que a pluma tem direção predominante norte, mantendo-se próxima da linha de costa sem qualquer indicação de aproximação dos recifes de corais. A Figura 3.6.5-8 e a Figura 3.6.5-9 apresentam os resultados para a condição de alta energia de ondas na época do inverno, a Figura 3.6.5-10 e a Figura 3.6.5-11 apresentam os resultados para a condição de baixa energia de ondas durante o inverno.

As atividades de descarte durante o inverno são viáveis, resultando em condições de área afetada e concentrações de sedimentos em suspensão tão boas quanto às condições verificadas durante o verão, sem qualquer indicação de impacto.

O estudo completo encontra-se no Anexo K.

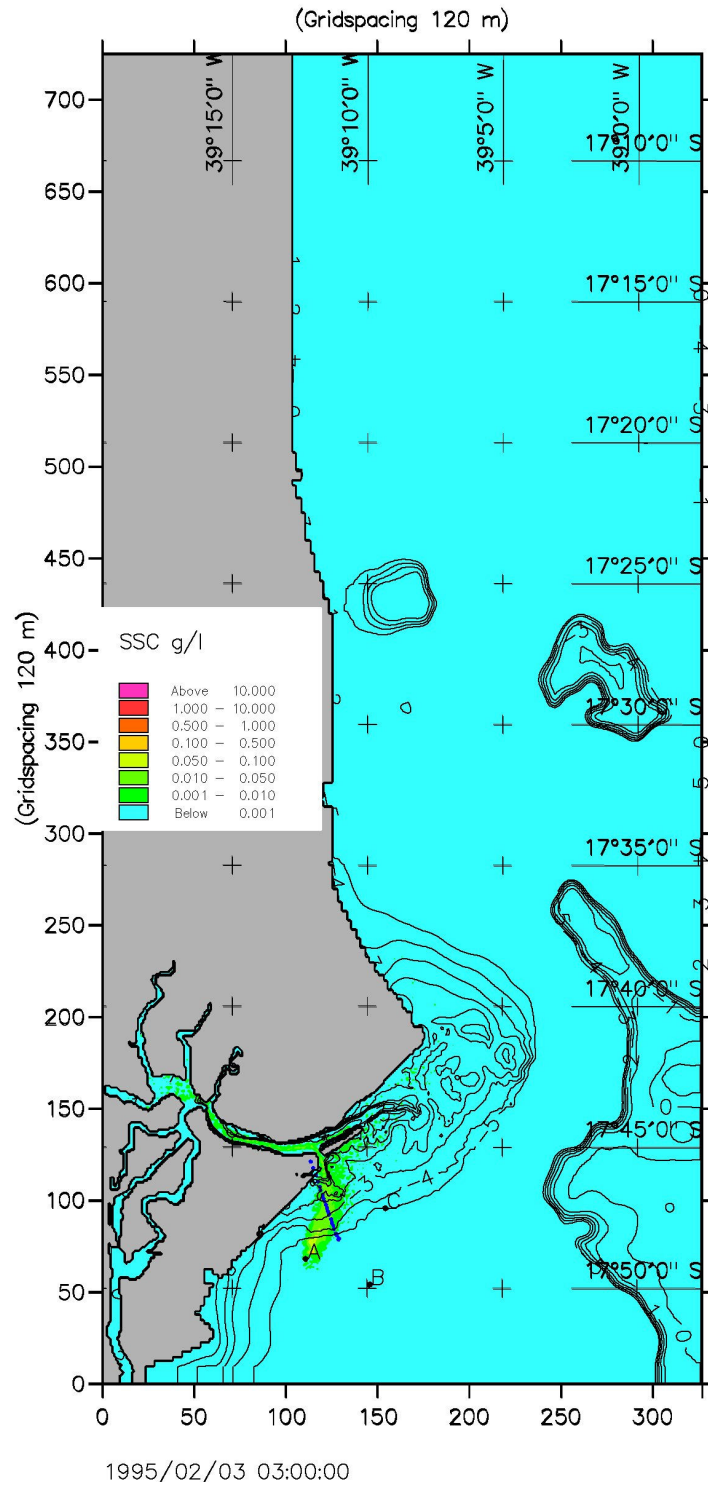


**Figura 3.6.5-8 – Sedimentos em suspensão (g/L) como resultado das atividades de despejo na área de descarte A para condições de ondas de alta energia durante o inverno**



**Figura 3.6.5-9 – Acumulação máxima de sedimentos (kg/m<sup>2</sup>) como resultado das atividades de despejo na área de descarte A para condições de ondas de alta energia durante o inverno**





**Figura 3.6.5-10 – Sedimentos em suspensão (g/L) como resultado das atividades de despejo na área de descarte A para condições de ondas de baixa energia durante o inverno**

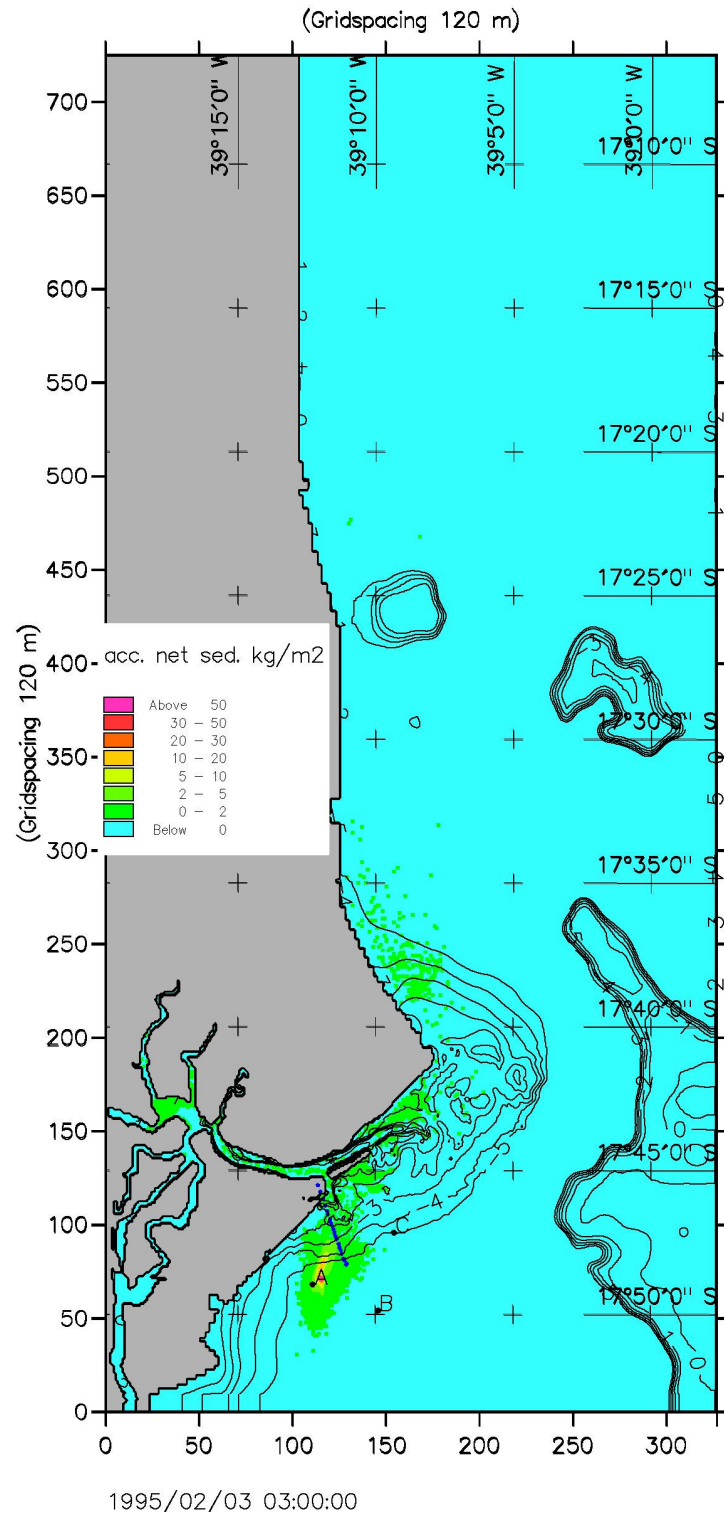


Figura 3.6.5-11 – Acumulação máxima de sedimentos (kg/m<sup>2</sup>) como resultado das atividades de despejo na área de descarte A para condições de ondas de baixa energia durante o inverno

#### 3.6.5.2.4 Avaliação do Impacto Ambiental das Atividades de Descarte de Sedimentos Oriundos da Dragagem do Canal de Acesso ao Canal do Tomba – Março de 2002

Este estudo consistiu de uma campanha intensiva de monitoramento em campo da pluma originada pelo despejo dos sedimentos na área de descarte. Através de medições em campo das concentrações durante e após a dragagem pôde-se detalhar a extensão, intensidade e deslocamento da pluma em condição de baixa e alta hidrodinâmica.

Conforme previsto no EIA-RIMA (2001), durante a operação de dragagem, haveria a necessidade de confirmação dos resultados das modelações numéricas realizadas, relativamente à questão do descarte dos sedimentos.

O rastreamento intenso da pluma e medições de concentração foram conduzidos de 20 a 24 de fevereiro. Foram monitoradas quatro plumas em cada dia.

Durante o período da pesquisa de campo, os ventos estavam soprando de nordeste, com velocidade variando entre 8 e 10 m/s. A velocidade das correntes medidas durante a pesquisa variou entre 0,28 e 0,47 m/s.

Durante o mesmo período, a concentração natural dos sedimentos em suspensão na área de descarte variou entre 10 e 30 mg/L para o dia 21 de fevereiro e entre 60 e 80 mg/L durante o período de 22 a 24 de fevereiro. Durante o período de 22 a 24 de fevereiro, as correntes e a ação das ondas causaram a ressuspensão do material do fundo por toda a área costeira. Isto foi claramente documentado pelas fotos aéreas, mostrando águas claras e verdes no dia 20 de fevereiro (veja Figura 3.6.5-12) e água de cor marrom com turbidez muito mais alta nos dias seguintes (veja Figura 3.6.5-13).



**Figura 3.6.5-12 – Descarte realizado pela Draga Virgínia  
no dia 20 de fevereiro de 2002 às 13h59min**



**Figura 3.6.5-13 – Descarte realizado pela Draga Virgínia  
no dia 23 de fevereiro de 2002 às 10h33min**

Os resultados da pesquisa de campo documentaram que o tamanho da pluma real liberada devido ao descarte é relativamente restrito. Fotos aéreas documentam que a pluma tem uma dimensão original de cerca do comprimento da draga, isto é, menos que 60 m. Após algum tempo a forma da pluma torna-se alongada permanecendo relativamente estreita em largura, tipicamente com cerca de 100 m após 10 a 25 minutos.

Durante a descarga do sedimento, a draga para as hélices evitando com isso uma exacerbação da ressuspensão do material e desta forma reduzindo a possibilidade de aumento do tamanho da pluma.

As plumas de descarte monitoradas apresentaram uma forma relativamente restrita com um máximo de 300 m de largura e uma extensão não superior a 1,4 km de comprimento.

A pesquisa de campo verificou que, em geral, uma hora após o descarte as concentrações das plumas igualaram-se à concentração ambiente, não sendo mais detectadas.

As velocidades de queda do sedimento medidas durante a pesquisa de campo variaram entre 0,15 e 0,90 mm/s, o que equivale a granulometria dos grãos entre 0,012 e 0,03 mm. Nas simulações numéricas realizadas, as velocidades de queda foram estimadas em 0,05 mm/s, equivalente a um diâmetro mediano de 0,010 mm para o sedimento. No local de descarte, as velocidades de queda são influenciadas pelas altas taxas de concentração iniciais e pela floculação. Portanto, os valores utilizados nas modelações numéricas estão muito abaixo dos valores reais medidos, o que significa que o material descartado no ambiente real se deposita muito mais rapidamente que o estimado pelas modelações numéricas.

Durante a campanha de campo todas as plumas de sedimento mantiveram-se muito afastadas das áreas dos recifes de corais. Isto foi documentado tanto através de medições de turbidez, como também por fotos aéreas do mesmo período.

O estudo completo encontra-se no Anexo L.

#### *3.6.5.2.5 Comparação das Modelações Numéricas versus Campanha de Campo*

As simulações originais de sedimentos previram o comprimento máximo da pluma como sendo de 8,4 km, com uma concentração caindo de 500 mg/L imediatamente após e no local de descarte para até 10 mg/L em sua distribuição máxima.

Os resultados da pesquisa de campo apresentada mostram que o tamanho real da área afetada pelas plumas de descarte e as concentrações de sedimentos em suspensão são realmente muito inferiores aos estimados a partir das simulações de modelação numérica.

Esta discrepância pode ser explicada principalmente pela grande diferença da velocidade de queda do sedimento utilizada no modelo numérico relativamente ao valor real, medido durante a campanha. De fato, no estudo de simulações adicionais II, Anexo K, uma análise de sensibilidade deste parâmetro já havia detectado que uma pequena variação do diâmetro mediano do sedimento ocasionava alterações marcantes na concentração de sedimentos em suspensão. Embora o modelo numérico tenha fornecido resultados demasiadamente conservativos, considera-se que cumpriu sua função, garantido margem de segurança necessária para o estudo.

Assim, fundamentando-se nas investigações de campo em conjunto com os resultados das modelações numéricas realizadas, conclui-se que, nenhum sedimento das plumas de descarte alcançará os recifes de corais Sebastião Gomes, Coroa Vermelha, Nova Viçosa e o Parcel das Paredes e demais recifes presentes na região em qualquer época do ano que se efetue a dragagem.

O DHI ainda recomenda que nenhuma medição adicional relativamente ao despejo do material dragado seja executada, porém recomenda que os monitoramentos de ondas, correntes e turbidez tenham continuidade.

Em princípio, não há motivos para alteração locacional da área de descarte oceânica que vem sendo utilizada. A área de descarte atual é propícia por:

- Localizar-se em local distante dos recifes de corais, em região de hidrodinâmica favorável, uma vez que as plumas geradas pelo descarte não atingem os recifes de corais próximos em qualquer época do ano;
- Ter profundidade rasa, de forma que os sedimentos alcançam o fundo rapidamente, diminuindo a área de fundo afetada, como também profunda o suficiente para o trânsito das dragas;
- Estar próxima do local de dragagem.

### **3.6.5.3 Análise comparativa entre as alternativas de descarte**

O descarte em terra apresenta uma série de dificuldades técnicas e impactos ambientais que preliminarmente já apontam sua inferioridade perante a alternativa de disposição oceânica. A disposição oceânica, profundamente estudada e monitorada, tem-se apresentado como uma alternativa viável econômica, técnica e ambientalmente. Assim, em função dos estudos expostos, conclui-se que a continuidade da disposição dos sedimentos dragados no mar representa a melhor alternativa na atualidade.

### **3.6.6 Previsão de periodicidade da dragagem de manutenção**

A obra de dragagem em questão tem as seguintes particularidades:

- Baixo volume de dragagem;
- Local de pouca profundidade que restringe a oferta de equipamentos capacitados para execução da obra;
- Tempo limitado de dragagem;
- Assoreamento cíclico, com elevado retorno de material durante o inverno e primavera, principalmente localizado no trecho arenoso.

Assim, tendo em vista o alto custo de mobilização/desmobilização de dragas, a pouca oferta no mercado nacional de equipamento compatível com a obra, como também os volumes de assoreamento esperados para o canal de acesso, conclui-se ideal uma periodicidade anual para a dragagem. A época mais propícia para a dragagem é de 01 de novembro a 31 de março, conforme explanado anteriormente no item 3.6.3.5.

### **3.6.7 Overflow**

O desempenho de uma obra de dragagem realizada com dragas autotransportadoras é fortemente dependente da distância entre o local de dragagem e a área de descarte, e da capacidade de carregamento máximo de sedimento que se pode conseguir na cisterna.

O material dragado é despejado na cisterna diluído como uma mistura de água e sedimento. As partículas mais pesadas de sedimento decantam no fundo da cisterna e as menores e mais leves permanecem em suspensão devido à turbulência e à baixa velocidade de queda que possuem. É prática comum, no caso de sedimentos não coesivos, a continuação da dragagem por determinado tempo mesmo após o enchimento da cisterna, permitindo o transbordamento da mistura de baixa densidade que contém o sedimento que não decantou rapidamente. Desta forma, objetiva-se que a cisterna atinja uma alta concentração de sólidos, diminuindo o carregamento de água e aumentando o volume de sedimentos a serem despejados por viagem realizada. O procedimento acima descrito é comumente chamado de Overflow.

A duração ótima do overflow é dependente essencialmente de dois fatores: a distribuição granulométrica do sedimento que está sendo dragado e o tempo de navegação entre o local de dragagem e a área de descarte.

No caso de uma distância curta entre o local de dragagem e a área de descarte, o tempo perdido com o overflow pode não compensar o aumento da concentração de sedimentos obtidos na cisterna, sendo mais vantajoso efetuar um maior número de viagens para a área de descarte, ao passo que, para situações de tempo de navegação longo entre o local de dragagem e a área de descarte, o overflow pode-se tornar muito importante no rendimento da obra.

Independentemente da distância entre o local de dragagem e a área de descarte, o overflow somente é vantajoso quando o sedimento que está sendo dragado é adequado. Com materiais de maior granulometria e não coesivos, o overflow pode resultar em um significativo aumento de carregamento. Por outro lado, o overflow realizado na dragagem de sedimentos moles e com granulometria baixa não é conveniente, pois a densidade da



mistura transbordada da cisterna fica próxima da densidade da mistura que está sendo bombeada para a mesma, não acarretando aumento do carregamento.

Assim, considerando-se a curta distância entre o local de dragagem e a área de despejo, a prática de overflow somente é conveniente nos trechos fundamentalmente arenosos do acesso ao Canal do Tomba, não sendo de interesse para obra de dragagem a prática do overflow em áreas de sedimentos finos.

Há preocupação ambiental relativamente à prática do overflow, pois quando ocorre o transbordamento da mistura de baixa densidade, que contém o sedimento que não decantou na cisterna, ocorre a geração de uma pluma que disponibiliza sedimentos em suspensão. Esta preocupação é grande quando a dragagem ocorre em áreas de sedimentos contaminados, pois os sedimentos da pluma podem liberar, principalmente, metais pesado para a coluna d'água, contaminando áreas próximas ao local de dragagem.

O problema de contaminação do sedimento felizmente não existe em Caravelas, porém assim como há a preocupação das plumas da área de descarte atingirem as áreas de recifes próximas, há a preocupação da pluma de overflow poder causar algum impacto.

Em 2004, dois estudos foram realizados com o objetivo de avaliar a possibilidade da execução do overflow na obra de dragagem, do ponto de vista técnico e ambiental, sendo que desde 2005, a prática do overflow vem sendo autorizada na área compreendida pelo polígono com as seguintes coordenadas UTM-WGS84 (veja Figura 3.6.7-1):

- (479.143 E ; 8.034.526 N);
- (479.325 E ; 8.034.577 N);
- (479.463 E ; 8.033.448 N);
- (479.684 E ; 8.033.370 N).

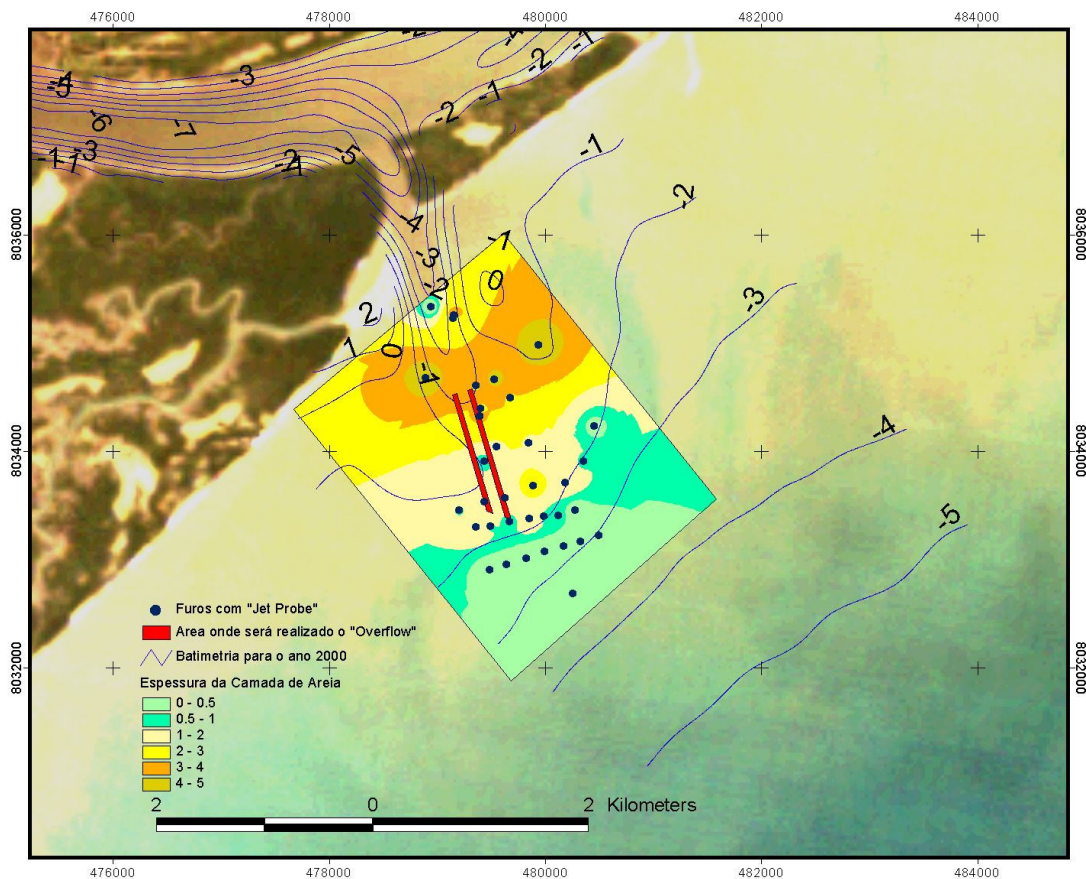
Os dois estudos que deram a segurança necessária para esta tomada de decisão são sumarizados a seguir.

- Estudo da caracterização geológica do fundo marinho no canal de acesso da Barra do Tomba, Cepemar (2004b).

Este estudo apresentou uma caracterização geológica do fundo marinho da região, incluindo a elaboração de mapas de distribuição superficial dos teores de areia e lama no fundo marinho e mapa de isópacas da camada de areia mais superficial.

O estudo conclui que a barra de maré vazante do Canal do Tomba é constituída essencialmente por sedimentos arenosos, particularmente nas áreas de menor profundidade. Observa-se que o trecho autorizado para a operação de overflow está situado inteiramente sobre a porção mais próxima da barra de maré vazante, onde a espessura da camada de areia mais superficial varia entre 0,5 a 3,0 m.

A Figura 3.6.7-1 apresenta o mapa de isópacas construído a partir dos dados de sondagens “jet probe” realizadas no ano de 2000 (pontos azuis). As duas linhas vermelhas delimitam a área onde é efetuada a dragagem com overflow. Esta área está inteiramente contida no trecho do fundo marinho onde a espessura média da camada de areia mais superficial é de aproximadamente 2,0 m.



**Figura 3.6.7-1 – Mapa de isópacas construído a partir dos dados de sondagens “jet probe” realizadas no ano de 2000 (pontos azuis)**

Ainda que nas camadas de areia possam existir intercalações decimétricas de sedimentos lamosos, o seu eventual derramamento durante as operações de overflow, não gera maiores impactos na área de dragagem, tendo em vista serem

estas áreas normalmente já caracterizadas por elevados níveis de turbidez. Esta afirmativa é corroborada pelos resultados obtidos no estudo de Avaliação da dispersão da pluma de sedimentos proveniente do overflow.

- Avaliação da dispersão da pluma de sedimentos proveniente do overflow da operação de dragagem do canal de acesso ao terminal da Aracruz Celulose S/A em Caravelas, Bahia, Cepemar (2004c)

Este experimento de campo foi realizado no dia 9 de março de 2004, consistindo do acompanhamento da turbidez da água nas imediações da draga durante a prática do overflow.

Para avaliar a dispersão da pluma de material particulado em suspensão gerada pelo overflow, foram utilizados três sensores de turbidez de reflexão ótica de radiação infravermelha. As condições hidrodinâmicas foram obtidas por um correntômetro S4ADW que foi fundeado entre o local de dragagem e a barra do Canal do Tomba.

As medições de turbidez ao redor da draga foram realizadas com o auxílio de duas embarcações; uma com registro contínuo de dados de turbidez a um metro abaixo da superfície e posição geográfica através de sinal de DGPS; e outra que realizou medições de perfis verticais de turbidez. Foram também realizadas medições de turbidez a partir da draga.

Foram executados três acompanhamentos da pluma gerada pelo overflow. Os dois primeiros foram realizados em condições de correntes de maré de sizígia, de vazante e enchente, respectivamente, enquanto que o último foi realizado próximo à estufa de preamar. Assim, os resultados obtidos nestes experimentos foram bem representativos das condições de circulação da área em sizígia, que representa a pior condição possível ambientalmente, o que foi confirmado pelas medições hidrodinâmicas obtidas do correntômetro fundeado.

A Figura 3.6.7-2 apresenta o carregamento da cisterna durante a dragagem sobre o trecho arenoso, em que é possível notar a coloração esbranquiçada da mistura dragada sendo despejada na cisterna. A Figura 3.6.7-3 apresenta a situação de overflow subsequente ao carregamento supramencionado.

A Figura 3.6.7-4 apresenta a distribuição espacial da concentração de sedimentos em suspensão durante o primeiro acompanhamento, a 1 m abaixo da superfície, no período das 10:15 até as 10:40, em situação de dragagem com overflow de sedimentos lamosos.



**Figura 3.6.7-2 - Carregamento da cisterna com sedimentos arenosos**



**Figura 3.6.7-3 – Overflow sendo executado**

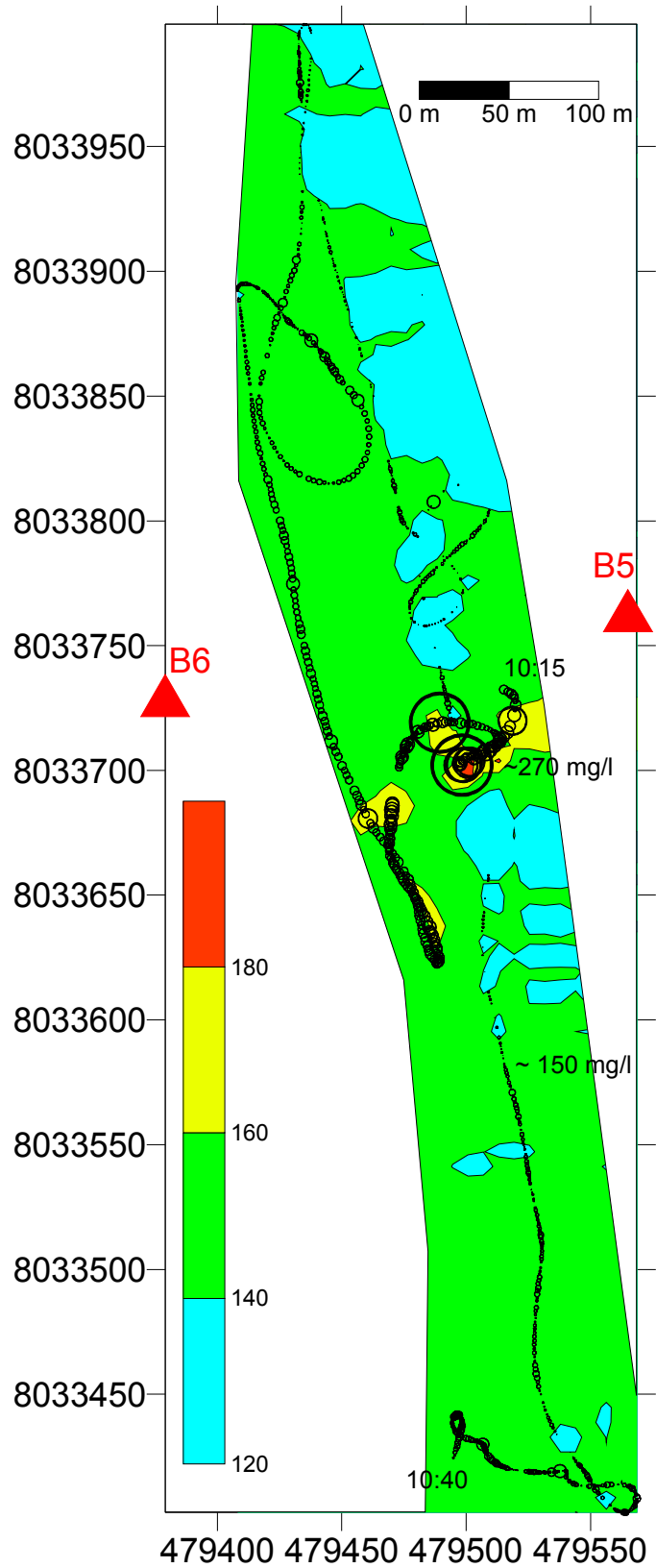


Figura 3.6.7-4 - Distribuição espacial da concentração de sedimentos em suspensão

A partir das observações obtidas durante os experimentos foi possível concluir que:

1 – A pluma gerada pelo overflow é bem definida, não sendo detectado um gradiente entre as baixas e altas concentrações, indicando mistura limitada entre o material despejado pelo overflow e a água circundante, sendo que a maior parte desloca-se para o fundo como corrente de densidade.

2 – A pluma do overflow é bastante limitada espacialmente na circunvizinhança da draga, não excedendo uma distância de 500 metros no sentido das correntes, mesmo em condições de pico de correntes de maré de sizígia, vigentes na ocasião do experimento. Esta distância será tanto quanto menor durante os períodos de maré de quadratura ou durante as estofas de maré;

3 – A pluma do overflow quando a draga está trabalhando sobre sedimentos arenosos é muito menor do que a observada quando há mistura com sedimentos finos.

4 – Mesmo operando com mistura de sedimentos arenosos e finos, as concentrações observadas da pluma do overflow são da mesma ordem de grandeza das concentrações de sedimento em suspensão observadas naturalmente na região de dragagem.

5 – Os valores de concentração de sedimento em suspensão nas plumas geradas pelo overflow quando a draga operou sobre sedimentos lamosos foi da ordem de 500 mg/l;

6 – Os valores de concentração de sedimento em suspensão nas plumas geradas pelo overflow quando a draga operou sobre sedimentos arenosos foi da ordem de 150 mg/l;

7 – Os valores de concentração de sedimento em suspensão gerados pelas plumas em ambos os casos estão dentro da mesma ordem de grandeza dos valores observados naturalmente no ambiente, contudo ocorrendo em escala espacial e temporal reduzidas e muito limitada.

A partir das conclusões dos dois estudos apresentados, não existem impedimentos para a realização de overflow durante as operações de dragagem na área autorizada para este fim, do ponto de vista técnico e ambiental.

No polígono delimitado há sedimento adequado, e a pluma gerada tem alcance muito limitado com concentrações compatíveis às naturalmente observadas no local.

O overflow praticado desde 2005 sempre tem sido interrompido ao serem encontradas camadas de lama de espessura significativa. A dragagem deste tipo de material com overflow é contraproducente do ponto de vista da engenharia de dragagem, como também ocasiona perda de material e formação de plumas mais concentradas.

### **3.7 INSERÇÃO REGIONAL**

#### **3.7.1 Inter-relação do empreendimento com programas em andamento e propostos na área de influência**

##### **3.7.1.1 Considerações Gerais**

A ARCEL tem como preocupação o desenvolvimento sócio-econômico sustentável, de forma que suas atividades estejam aliadas ao meio-ambiente.

Assim, desde que iniciou os estudos da implantação do Terminal Marítimo de Caravelas, a ARCEL tem financiado e participado de programas socioeconômicos e ambientais na área de abrangência do empreendimento, a fim de contribuir socialmente e ambientalmente.

Além da participação nos programas, a ARCEL tem procurado auxiliar no desenvolvimento do município de Caravelas. O dinamismo da economia do município de Caravelas esteve por várias décadas estreitamente ligado aos fluxos comerciais e de pessoas provenientes da ferrovia e do porto existentes no município. Após o encerramento das atividades da ferrovia e conseqüente diminuição da utilização do porto, a cidade passou por décadas de estagnação econômica. De acordo com levantamentos sócio-econômicos realizados desde 2002 pela empresa Consumeta Consultoria e Pesquisas, contratados pela ARCEL, pode-se concluir que a implantação do Terminal Marítimo trouxe novo vigor à cidade, aumentando o desenvolvimento econômico da região e a geração de impostos.

Dentre os benefícios trazidos ao município resultantes da instalação do terminal, destacam-se:

- Emprego de mão-de-obra local;
- Compra de materiais e serviços na região além do previsto;
- Qualificação profissional de moradores de Caravelas;
- Melhoria da segurança do acesso ao Canal do Tomba através da dragagem e sinalização náutica do canal, que serve também à comunidade pesqueira e às embarcações de turismo;
- Construção de novo acesso de 3,7 km de extensão à cidade para o tráfego de carretas, evitando a interferência com o trânsito local;



- Reforma e ampliação da sede da colônia de pescadores Z-25 (veja Figura 3.7.1-1);
- Aquisição da sede da APA da Ponta da Baleia (veja Figura 3.7.1-2);
- Recuperação do cais da cidade de Caravelas, beneficiando os pescadores, o turismo e a Marinha do Brasil (Figura 3.7.1-3).



**Figura 3.7.1-1 – Reforma e ampliação da sede da Colônia de Pescadores de Caravelas**



**Figura 3.7.1-2 – Aquisição da sede da APA da Ponta da Baleia**



**Figura 3.7.1-3 – Recuperação do cais da cidade de Caravelas, beneficiando os pescadores, o turismo e a Marinha do Brasil**

Especificamente à obra de dragagem, ressalta-se o benefício gerado para a comunidade pesqueira da região e a frota turística pela manutenção da sinalização e de profundidades seguras no acesso ao Canal do Tomba.

Não foram identificados programas governamentais estabelecidos no âmbito federal, estadual e municipal que pudessem sofrer alguma relação relevante com o empreendimento proposto.

### **3.7.1.2 Programas Sócio-Ambientais**

Destacam-se os programas relacionados com o empreendimento conduzidos por ONG's (organizações não governamentais) ligadas à defesa das questões ambientais e sociais, em projetos que promovem, além da educação e informação ambiental, o desenvolvimento sustentável como forma de preservar importantes ecossistemas.

Com sede em Caravelas, o Instituto Baleia Jubarte – IBJ foi criado em abril de 1996 e tem como objetivo o desenvolvimento das atividades do Projeto Baleia Jubarte, que estão relacionadas à realização de pesquisas e monitoramento das baleias na região de Abrolhos.

A equipe do IBJ, em parceria com a ONG Conservation International do Brasil e com o apoio da ARCEL, vem realizando atividades de educação ambiental em Caravelas, especialmente em escolas, junto à tripulação das embarcações que realizam passeios a Abrolhos, turistas, pescadores, associações de bairro e comunidade em geral.

Dos projetos e programas realizados pelo IBJ em parceria com a ARCEL, destacam-se o Projeto Boto Sotalia, o Programa de Resgate de Mamíferos Marinhos, o Projeto de Monitoramento de Cetáceos e o Programa de Educação e Informação Ambiental.

Outro programa de destaque constitui-se no Projeto Integrado de Manejo e Monitoramento para Uso Sustentável pela População Ribeirinha no Manguezal de Caravelas – Projeto Manguezal.

O Projeto Manguezal teve início em outubro de 2002, decorrente do esforço concentrado da parceria entre o IBAMA, através do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste (CEPENE) coordenador da execução e a Prefeitura Municipal de Caravelas. Participa com a contrapartida de custos básicos de pessoal e infra-estrutura a ARCEL, principal agente financiador e o Instituto de Apoio e Preservação Ambiental (IAPA), como administrador dos recursos financeiros. Além destas instituições, o projeto conta com o apoio do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e do Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA.

Como principais subprojetos realizados dentro do Projeto Manguezal, citam-se:

- Levantamento do perfil sócio-econômico e ambiental da população potencialmente afetada (moradores do manguezal e pescadores do litoral de Caravelas);
- Estudos sobre a biologia e potencial do camarão marinho e fauna acompanhante da pesca motorizada no município de Caravelas;
- Estudos sobre a biologia e potencial dos crustáceos (carangueijo-uçá, aratu, guaiamum e siri-uçá) nos manguezais de Caravelas;
- Cultivo de ostras nos estuários do manguezal de Caravelas;
- Projeto de informação e educação ambiental;
- Inserção da comunidade ribeirinha na atividade eco-turística no manguezal de Caravelas;
- Recuperação de áreas degradadas.

O desenvolvimento do trabalho tem gerado bons resultados, os quais permitem ampliar os conhecimentos relativos a este ecossistema tão importante; além disso, vale destacar os resultados obtidos com a educação ambiental como, por exemplo, a realização de palestras, atividades e dinâmicas de grupo em todas as escolas sediadas no manguezal de Caravelas e em algumas localidades na sede do município e em seus distritos. Com estas atividades,

foi possível sensibilizar a comunidade estudantil sobre a importância do manguezal e como auxiliar na sua preservação.

Quanto à recuperação de áreas degradadas, foram realizadas técnicas de revegetação, com a finalidade de estabelecer condições de reabilitação com características mais próximas possíveis da estrutura dinâmica da vegetação natural. Destaca-se a implementação de um viveiro e a ampliação de áreas degradadas recuperadas. Estas são estabelecidas a partir da caracterização da área em estudo, detalhando e delineando o cenário para definir áreas com vegetação remanescente e a distinção, mapeamento e classificação das novas áreas destinadas à recuperação. Nas figuras a seguir é possível verificar a recuperação de áreas degradadas de mangue em Caravelas (veja Figura 3.7.1-4), com mudas do viveiro criado especialmente para o projeto (veja Figura 3.7.1-5).



**Figura 3.7.1-4 – Plantio de mudas em áreas degradadas**



**Figura 3.7.1-5 – Viveiro de mudas nativas (vegetação de mangue)**

Segundo os estudos realizados, CEPENE (2004), as principais conclusões obtidas pelo Projeto Manguezal relativas ao empreendimento de dragagem, são:

- Quanto à biologia e o potencial do camarão marinho, proveniente de arrasto da pesca motorizada, constatou-se a não interferência da dragagem na produtividade dos bancos camaroneiros de camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*);
- Quanto à biologia e o potencial da fauna acompanhante proveniente do arrasto da pesca motorizada, não foi verificado dano ao banco pesqueiro, constituído pela ictiofauna acompanhante e do siri (*Callinectes ornatus*);
- Quanto ao caranguejo aratu (*Goniopsis cruentata*), os dados indicam que esta população no Rio Pontinha não sofreu alterações com a instalação do Terminal de Barcaças, assim como com as atividades de dragagem.

### **3.7.2 Compatibilização do Empreendimento com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**

A obra de dragagem realizada é compatível com as normas de gestão ambiental da zona costeira e com a conservação e proteção dos bens naturais preconizados pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC.

O PNGC não apresenta normas específicas que regulamentam as obras de dragagem, cabendo à Resolução 344/04 do CONAMA regulamentar esta atividade. Neste contexto, o empreendimento vem atuando de acordo com a resolução supracitada e cumprindo todas as exigências estabelecidas pelo órgão ambiental competente, de maneira a mitigar, evitar e monitorar os possíveis impactos advindos da atividade de dragagem.

Através do fornecimento de dados obtidos dos monitoramentos realizados, que são disponibilizados para o governo federal e demais instituições de ensino sempre que solicitados, a ARCEL contribui para um melhor entendimento dos processos costeiros e oceanográficos vigentes na região, criando um banco de dados que auxilia no desenvolvimento e aprimoramento das ações de gestão da zona costeira.

### 3.8 ÓRGÃO FINANCIADOR E VALOR DA ATIVIDADE

O empreendimento de transporte marítimo da ARCEL representa um investimento total de aproximadamente R\$ 130 milhões. Este valor corresponde à época de implantação do empreendimento.

O investimento realizado em Caravelas consistiu na construção do terminal, operações de dragagem, monitoramentos ambientais e compensações. A Tabela 3.8-1 apresenta os custos associados ao empreendimento até o presente em Caravelas. A ARCEL é responsável por todo o aporte de recursos financeiros.

**Tabela 3.8-1 – Custos associados ao empreendimento**

	<b>CUSTO TOTAL ATÉ DEZ/2007</b>	<b>% DO INVESTIMENTO TOTAL</b>
Dragagem	R\$ 34.650.000,00	26,7 %
Monitoramentos Ambientais	R\$ 17.000.000,00	13,1 %
Compensação	R\$ 2.865.000,00	2,2 %
Terminal	R\$ 35.000.000,00	27,1 %
Barcaças/Empurradores	R\$ 40.000.000,00	30,9 %
Total	R\$ 129.515.000,00	100,0 %

Pode-se observar o alto custo resultante dos monitoramentos ambientais comparativamente ao custo do empreendimento como um todo.

A Tabela 3.8-2 apresenta os custos atuais para as operações de dragagem e monitoramentos ambientais.

**Tabela 3.8-2 – Custos anuais para as operações de dragagem e monitoramentos ambientais**

<b>CUSTOS ANUAIS ATUAIS</b>	<b>CUSTOS ANUAIS ATUAIS</b>
Dragagem	R\$ 5.000.000,00
Monitoramentos Ambientais	R\$ 1.500.000,00

## 4 ÁREA DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO

### 4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A Resolução CONAMA 01/86, em seu artigo 5º, dispõe que a realização de um estudo de impacto ambiental deve obedecer a algumas diretrizes gerais, dentre as quais se destaca a delimitação da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos decorrentes do empreendimento, denominada de área de influência do projeto.

Por definição, a área de influência do projeto consiste no espaço geográfico afetado direta ou indiretamente pelos impactos positivos ou negativos, decorrentes do empreendimento em todas as suas fases. Normalmente, os impactos nos meios físico, biótico e sócio-econômico têm abrangências distintas. Assim, as áreas de influência podem ter tamanhos diferenciados dependendo do meio considerado.

A área de influência é dividida em dois níveis: área de influência direta e área de influência indireta, em função das relações de causalidade dos impactos e efeitos decorrentes das atividades do empreendimento. Assim, as áreas de influência caracterizam-se como:

- Área de Influência Direta – AID: é aquela que recebe os impactos diretos da implantação e operação do empreendimento proposto.
- Área de Influência Indireta – AII: é definida como sendo a área onde são esperados efeitos indiretos decorrentes das atividades do empreendimento.

Assim, as áreas de influência foram definidas considerando-se o alcance dos impactos esperados e potenciais decorrentes das atividades previstas para a manutenção por dragagem do acesso ao Canal do Tomba sobre os sistemas ambientais da região, tanto de natureza física e biótica, quanto de natureza sócio-econômica. A seguir elecam-se as atividades consideradas:

- Mobilização de Equipamentos;
- Mobilização de Pessoal;
- Circulação de embarcações;
- Remoção de Sedimentos;
- Modificação geométrica do canal;

- Deposição na cisterna com execução de overflow;
- Posicionamento e abertura da cisterna na área de descarte;
- Deposição do sedimento na área de descarte;
- Sobrelevação do fundo marinho na área de descarte;
- Atividades de manutenção das dragas e equipamentos.

As áreas identificadas como de influência direta e indireta, são apresentadas a seguir.

## **4.2 ÁREA DE INFLUENCIA DIRETA (AID)**

Corresponde a área que está sujeita aos impactos diretos do desenvolvimento da atividade. A delimitação desta área é função das características físicas, bióticas e sócio-econômicas dos ecossistemas e das características da atividade.

### **4.2.1 AID – Meio Sócio-econômico**

Do ponto de vista sócio-econômico, são esperados alguns efeitos a partir do processo de operação do empreendimento, como por exemplo:

- Possível redução na produção de alguns pesqueiros situados nas áreas adjacentes aos locais de dragagem e descarte;
- Aumento na demanda de insumos para atender as dragas, e procura de hospedagem para os técnicos envolvidos na obra;

Assim, considerou-se parte integrante da área de influência direta as áreas de operação de dragagem e descarte incluindo seu entorno. Estas áreas foram incluídas na área de influência direta devido à restrição ao desenvolvimento da atividade pesqueira nas mesmas, uma vez que se entende que esta situação afeta diretamente o interesse e as atividades das comunidades pesqueiras da região no caso de uma possível redução de pesca.

Também foram considerados pertencentes à área de influência direta o distrito sede do município de Caravelas, e os distritos de Ponta da Areia e Barra de Caravelas, regiões em que reside a população tradicional de pescadores que pesca nas proximidades do local de dragagem, e que são utilizadas como base das operações em terra relativas ao empreendimento de dragagem.



O Mapa 1 do Anexo M apresenta o mapa de localização da Área de Influência Direta – AID do empreendimento relativamente à sócio-economia.

#### **4.2.2 AID – Meio Físico e Biótico**

Alguns dos efeitos identificados que podem vir a influenciar diretamente o meio físico e biótico devido aos processos de dragagem e descarte são:

- A diminuição de organismos nas áreas dragadas e na área de descarte;
- Ressuspensão de sedimentos;
- Afugentamento da ictiofauna nas áreas do canal dragado e na área de descarte;
- Alterações momentâneas na qualidade das águas devido às atividades de dragagem e descarte;
- Alteração temporária na morfologia do fundo marinho na área de descarte;
- Possibilidade de derramamento de óleo durante o abastecimento da draga.

Considera-se que a área de incidência desses efeitos no ambiente marinho está associada principalmente às áreas de dragagem e descarte, que podem ser consideradas como as áreas diretamente afetadas da área de influência direta. A pluma sedimentar gerada pela dragagem e pela atividade de descarte do material dragado afetam secundariamente a área, até uma distância de aproximadamente 3 km. A consideração desta distância resulta da análise dos monitoramentos físicos, químicos e biológicos realizados, que indicam este raio de influência.

Assim, para o meio físico e biótico, a área de influência direta corresponde àquelas onde ocorrerão as atividades de dragagem e descarte e seus entornos, além da região de navegação até o Pier Municipal de Caravelas, local em que ocorre o reabastecimento da draga com óleo combustível.

O Mapa 2 do Anexo M apresenta o mapa de localização da Área de Influência Direta – AID do empreendimento relativamente aos meios físico e biótico.

#### **4.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)**

Caracteriza-se como a área potencialmente ameaçada pelos impactos do desenvolvimento da atividade, abrangendo os ecossistemas e os meios físico, biótico e sócio-econômico que

podem ser impactados por alterações ocorridas na área de influência direta, assim como áreas susceptíveis de serem impactadas por possíveis acidentes decorrentes da atividade.

#### **4.3.1 All – Meio Sócio-econômico**

Para o meio sócio-econômico, foi considerado determinante o impacto do empreendimento em relação à arrecadação de impostos municipais. Uma vez que a dragagem é essencial para a manutenção do Terminal Marítimo de Barcaças de Caravelas, sua execução traz um grande impacto positivo nas finanças do município de Caravelas na medida em que possibilita a continuidade do transporte marítimo.

Assim, considera-se que a área de influência indireta do empreendimento contempla toda a extensão do município de Caravelas.

O Mapa 1 do Anexo M apresenta o mapa de localização da Área de Influência Indireta – All do empreendimento relativamente à sócio-economia.

#### **4.3.2 All – Meio Físico e Biótico**

A determinação da área de influência indireta, para o meio físico e biótico, fundamentou-se na existência do arquipélago dos Abrolhos e dos complexos recifais próximos da região de Caravelas, que são bens naturais de grande importância de preservação.

Fundamentando-se nos resultados dos monitoramentos ambientais em andamento na área desde 2002, não se verifica qualquer possibilidade de impacto ao arquipélago de Abrolhos, que se situa a aproximadamente 70 km de distância de Caravelas. Entretanto, dada a grande sensibilidade ambiental desta área, estendeu-se a área de influência indireta até o mesmo.

Assim, considerou-se como área de influência indireta uma extensa área englobando o estuário do rio Caravelas e os recifes de corais próximos à costa até o arquipélago dos Abrolhos.

O Mapa 3 do Anexo M apresenta o mapa de localização da Área de Influência Indireta (All) do empreendimento relativamente aos meios físico e biótico.

## 5 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 5.1 MEIO FÍSICO

#### 5.1.1 Metodologia Aplicada

Nesse capítulo é apresentado o diagnóstico ambiental do meio físico da área de influência e entorno do empreendimento, abrangendo:

- Clima;
- Geologia e geomorfologia;
- Recursos hídricos;
- Oceanografia e hidrodinâmica costeira;
- Processos de assoreamento e caracterização de sedimentos costeiros.

Este diagnóstico tem como objetivo retratar a qualidade ambiental do meio físico, de forma a permitir o entendimento da dinâmica e das interações existentes entre o mesmo com o meio biótico e o meio socioeconômico.

O diagnóstico foi realizado com base em dados primários e complementado com fontes secundárias.

Os dados primários obtidos podem ser divididos em duas partes principais:

- Dados de levantamentos realizados para o EIA/RIMA e que ainda apresentam validade;
- Dados de levantamentos e monitoramentos do meio físico realizados no decorrer do empreendimento, entre os anos de 2002 e 2007.

Os dados secundários tiveram como fontes principais o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, a Marinha do Brasil, o BNDO – Banco Nacional de Dados Oceanográficos, a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Organizações Não Governamentais, Publicações Acadêmicas entre outras.

A fim de facilitar o entendimento, as metodologias empregadas no levantamento dos dados e informações, que subsidiaram cada item relacionado ao meio físico, são apresentadas detalhadamente em conjunto com os dados dos respectivos trabalhos de campo.

## **5.1.2 Condições Climáticas**

### **5.1.2.1 Introdução**

Este capítulo apresenta uma caracterização geral do clima da área, sendo abordadas a circulação atmosférica, direção e velocidade dos ventos, precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, insolação, radiação solar, evaporação e evapotranspiração. Descrevem-se detalhadamente a circulação atmosférica e os ventos por serem estes os principais agentes climáticos atuantes na circulação de água, geração de ondas e conseqüentemente no transporte de sedimentos na zona costeira.

Para melhor compreensão dos processos climáticos da área em estudo, foram considerados fatores com bases fundamentais tanto de ordem estática (posição latitudinal, maritimidade e topografia) como de ordem dinâmica (mecanismo atmosférico), que atuam simultaneamente em constante integração.

### **5.1.2.2 Base de dados e Metodologia Aplicada**

A caracterização das condições climáticas foi realizada com base em dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia e da Aracruz Celulose S.A. – ARCEL.

O INMET e a ARCEL possuem estações meteorológicas em Caravelas/BA. A estação meteorológica de propriedade da ARCEL forneceu a maior parte dos dados utilizados. A estação está localizada a aproximadamente 12 km da costa em uma área descampada de 75 x 75 metros.

Quando da época da execução do Estudo de Impacto Ambiental – Terminal de Barcaças para Embarque e Desembarque de Toras de Eucalipto da Aracruz Celulose S.A. em Caravelas/BA – em 2001, a maior parte dos dados meteorológicos da estação da ARCEL tinha no máximo 4 anos de registro. Atualmente os dados meteorológicos desta estação já apresentam uma série temporal de dados considerável, acima de 10 anos para todos os parâmetros. Assim, neste trabalho, utilizaram-se prioritariamente os dados da base meteorológica da ARCEL, que dispõe de dados meteorológicos mais atuais que os disponibilizados pelo INMET. Entretanto, na análise climática, consideram-se ambas as bases, sendo que para alguns parâmetros uma análise comparativa foi executada.

A Tabela 5.1.2-1 apresenta a localização e as características do registro de dados das estações meteorológicas do INMET e da ARCEL. A Figura 5.1.2-1 apresenta a localização geográfica das estações na área de estudo.

**Tabela 5.1.2-1 – Características das estações meteorológicas do INMET e da ARCEL**

	INMET	ARCEL
Localização (Datum WGS 84)	17°44'00" S - 39°15'00" W	17°33'58" S - 39°18'20" W
Altitude do local em relação ao nível médio do mar	2,9 m	69,3 m
Altura do equipamento em relação ao solo	15,0 m	45,0 m
Intervalo entre os registro	-	30 min
Intervalo de varredura para composição do registro	-	5 s

A Tabela 5.1.2-2 apresenta os parâmetros registrados e seus respectivos períodos de dados.

**Tabela 5.1.2-2 - Parâmetros registrados e períodos de dados**

Parâmetro climático	INMET	ARCEL
Pluviosidade	[1961 – 1970]	[Maio/1988 – Maio/2007]
Temperatura	[1980 – 1990]	[Maio/1988 – Maio/2007]
Insolação	[1980 – 1990]	-
Radiação solar	-	[Janeiro/1997 – Maio/2007]
Direção e velocidade dos ventos	[1980 – 1990]	[Janeiro/1997 – Maio/2007]
Umidade Relativa	[1980 – 1990]	[Janeiro/1997 – Maio/2007]
Evaporação	[1980 – 1990]	-

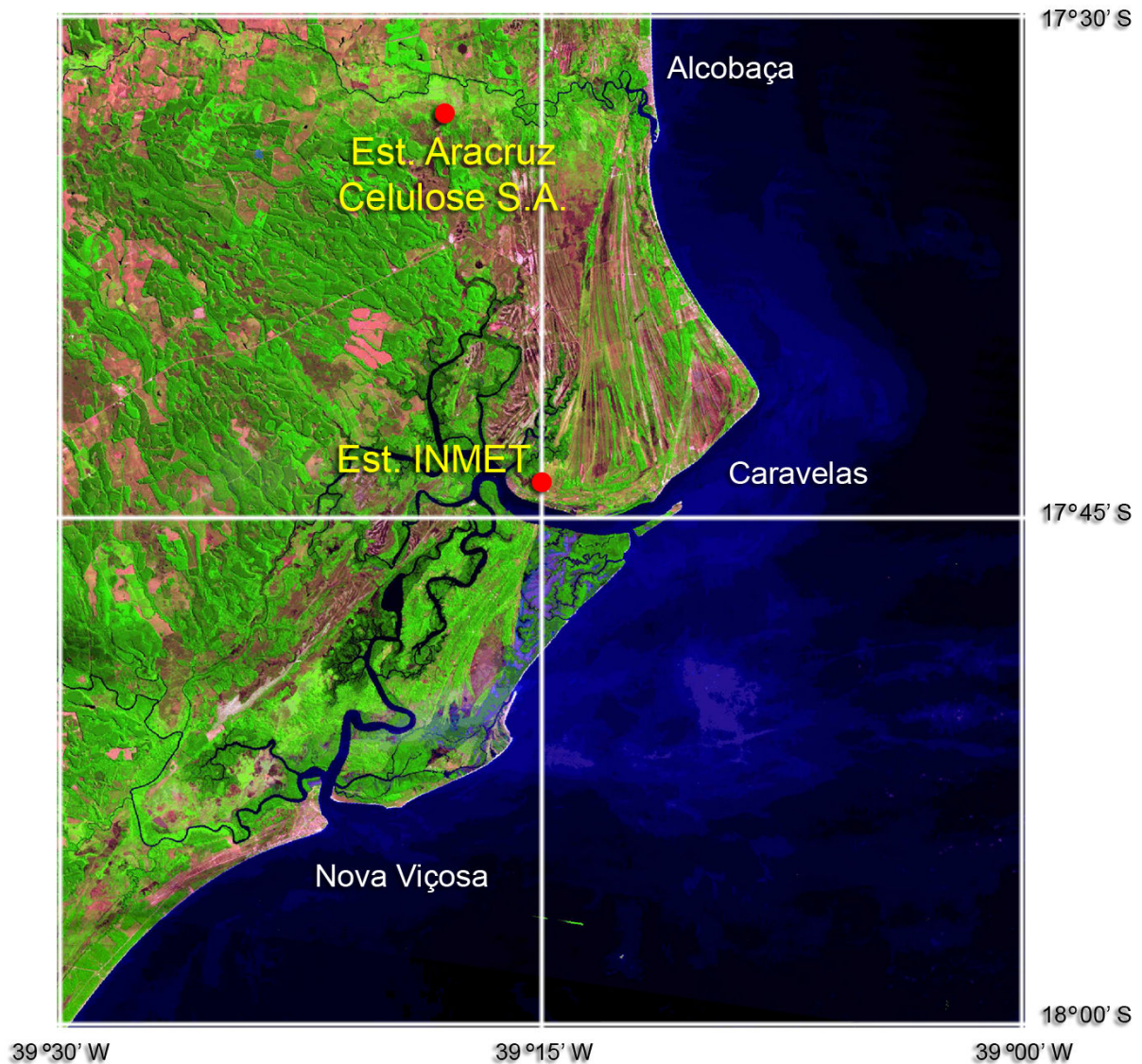


Figura 5.1.2-1 – Localização da Estação Meteorológica da ARCEL e do INMET em Caravelas/BA

### 5.1.2.3 Classificação climática

O clima do litoral de Caravelas é classificado como quente, super-úmido e sem seca pelo IBGE (2005), veja mapa climático na Figura 5.1.2-2. A região de Caravelas apresenta temperaturas médias anuais superiores a 23°C, e uma pluviosidade média anual de aproximadamente 1.600 mm/ano. Essas características correspondem ao clima tipo Af na classificação de Koppen.



**Figura 5.1.2-2 – Mapa climático da região do empreendimento**

A faixa úmida estende-se por uma largura de aproximadamente 140 km paralelamente à linha de costa, sendo que à medida que se adentra para o interior, o clima torna-se cada vez mais seco, sendo classificado como um clima semi-árido a aproximadamente 250 km da costa.

#### 5.1.2.4 Circulação atmosférica

Localizada entre as latitude 15° e 18° S, a região costeira do sul da Bahia está incluída na zona intertropical. De maneira geral, as regiões tropicais caracterizam-se pela ausência de um verdadeiro inverno térmico e pela abundância relativamente grande das precipitações. A distribuição das precipitações no espaço e no tempo, ou ainda a variabilidade dessas características, constituem assim os principais critérios de diferenciação climática. Segundo Martin, *et al.*, (1999), a evolução dessas características ao longo do ano está ligada à circulação atmosférica, que é caracterizada pela existência, na baixa troposfera, de fluxos de leste ligados aos alísios e por advecções de ar polar e, na alta troposfera, por fluxos de oeste. Anualmente, as variações na trajetória e na intensidade desses diferentes fluxos em função da insolação e, portanto das estações, são materializadas pelos deslocamentos da Zona de Convergência Inter-Tropical – ZCIT no oceano e do Equador Meteorológico no continente. A ZCIT é o resultado da convergência dos alísios, que provêm das altas



pressões subtropicais dos dois hemisférios, para o talvegue equatorial das baixas pressões. Dessa convergência resulta uma descontinuidade térmica, cuja posição varia com o movimento geral do sol na eclíptica.

Em julho, o resfriamento do Hemisfério Sul e o aquecimento do Hemisfério Norte mantém a ZCIT a cerca de 10° N; em janeiro, ao contrário, o resfriamento do Hemisfério Norte e o aquecimento do Hemisfério Sul causa seu deslocamento para o sul. Suas posições extremas se dão no fim do verão e do inverno, quando é maior a diferença de temperatura entre os hemisférios (março-abril para o Hemisfério Sul e setembro-outubro para o Norte), (Nimer, 1989 *apud* Martin, *et al.*, 1999). No verão, quando a ZCIT e o Equador Meteorológico encontram-se em posição sul, a Massa de Ar Equatorial Continental – EC, geradora de chuvas convectivas, ocupa praticamente todo o território entre o equador e o paralelo de 27° S, exceto o saliente nordestino. Ao contrário, no inverno, quando a ZCIT encontra-se em posição norte, a EC limita-se ao alto Amazonas e ao alto Rio Negro, que constituem áreas de instabilidade permanente, com aguaceiros quase diários (Andrade, 1972, *apud* Martin, *et al.*, 1999).

Os ventos alísios que alcançam as costas leste e nordeste do Brasil procedem de duas direções principais: E-SE (alísios *sensu stricto*) e NE (alísios de retorno). A região onde se manifesta a mudança de direção dos ventos é conhecida sob o nome de Zona de Divergência dos Alísios – ZD. Ela está localizada, em média, em torno de 15° S. Entretanto, essa posição varia durante o ano. Entre os meses de abril e agosto ela se localiza abaixo de 15° S, posicionando-se próximo a 20° S em julho. A ZD sobe para o norte em setembro e, entre os meses de outubro e março, localiza-se acima de 15° S, posicionando-se próximo a 13° S na latitude próxima da cidade de Salvador, em janeiro (Martin, *et al.*, 1997 e 1998 *apud* Martin, *et al.*, 1999).

Assim, no inverno, quando a ZD encontra-se na sua posição mais ao sul, a costa sul da Bahia é varrida por ventos de E-SE. Na primavera, no verão e no outono, quando a ZD está posicionada mais ao norte, a região encontra-se sob a influência dos ventos de NE. Entretanto, eventualmente, sobretudo no inverno e no outono, essa região é varrida por ventos de SSE ligados à passagem das frentes frias. Este modelo pode ser perturbado por variações de natureza e duração diferentes. Em uma escala de tempo de alguns anos, por exemplo, as características da circulação atmosférica e das precipitações sobre a América do Sul tropical podem ser perturbadas pelo fenômeno El Niño (Enfield, 1989 *apud* Martin, *et al.*, 1999). Essa perturbação do sistema oceano-atmosfera, entre outras conseqüências, provoca a formação de uma zona de bloqueio das frentes-frias no sul do Brasil, gerando um excesso de precipitação nesta zona e um déficit ao norte (Kousky, *et al.*, 1984 *apud* Martin, *et al.*, 1999). Por outro lado, esse bloqueio provoca também no litoral leste o desaparecimento dos ventos de SSE e das ondas associadas às frentes-frias e,

conseqüentemente, uma perturbação na dinâmica litorânea controlada pelos ventos (e.g., modificações localizadas no sentido do transporte litorâneo de sedimentos arenosos) (Martin, *et al.*, 1984 *apud* Martin, *et al.*, 1999). Ressalta-se que a posição dessa zona de bloqueio se desloca em direção ao norte no decorrer do tempo de sua duração. Da mesma maneira, a posição inicial da zona de bloqueio pode variar em função do El Niño.

O padrão geral da circulação eólica na primavera, verão, outono e inverno pode ser observado da Figura 5.1.2-3 a Figura 5.1.2-6, as quais também apresentam a intensidade média e direção dos ventos no Atlântico Sul (Baptista, 2000). Os dados utilizados para esta modelação compreendem o período entre dezembro de 1991 e novembro de 1998. Os resultados representam dados agrupados em campos de 3 dias. A resolução da grade de modelação numérica, que é apresentada na figura, é de 1° x 1°.

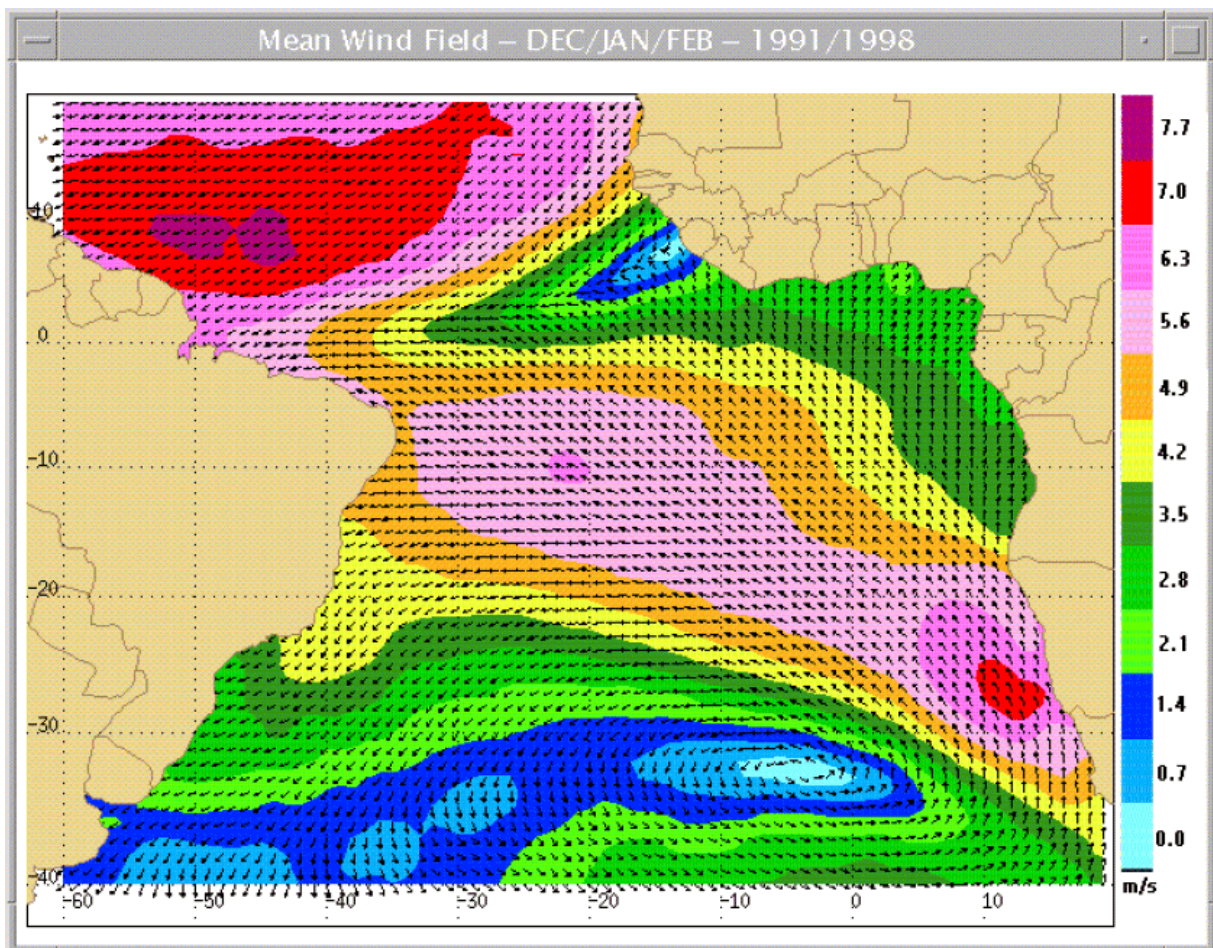


Figura 5.1.2-3 – Campo de ventos médio para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

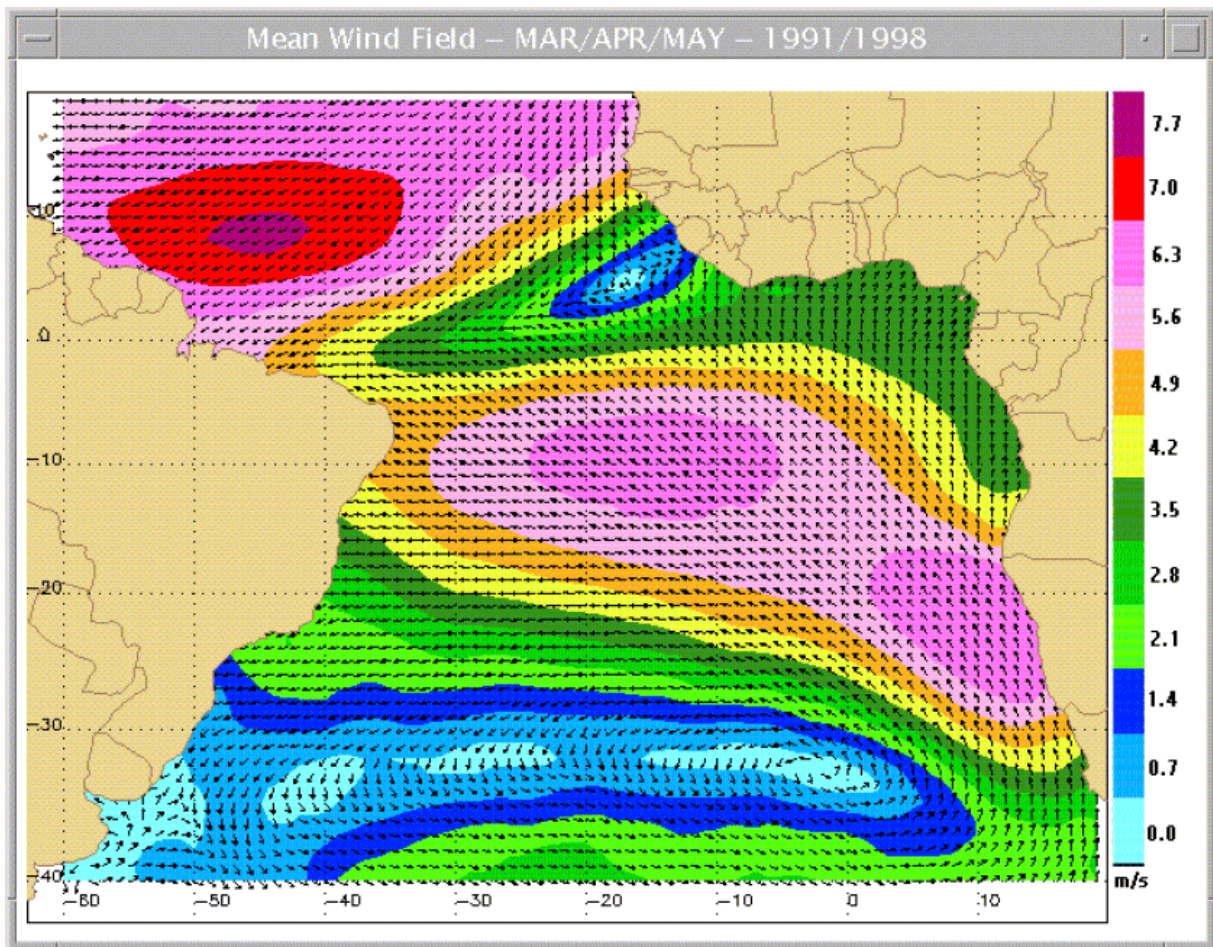


Figura 5.1.2-4 – Campo de ventos médio para os meses de março, abril e maio

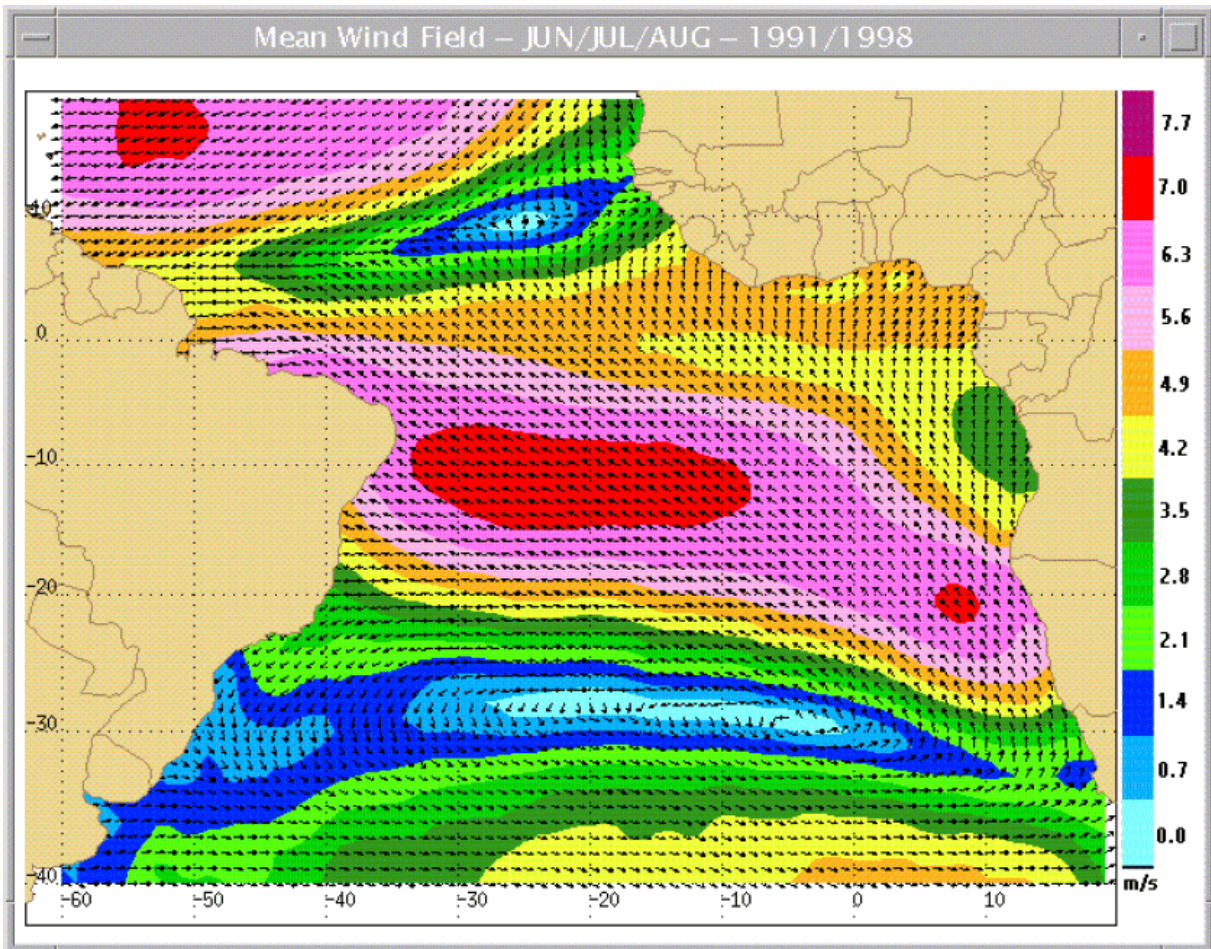
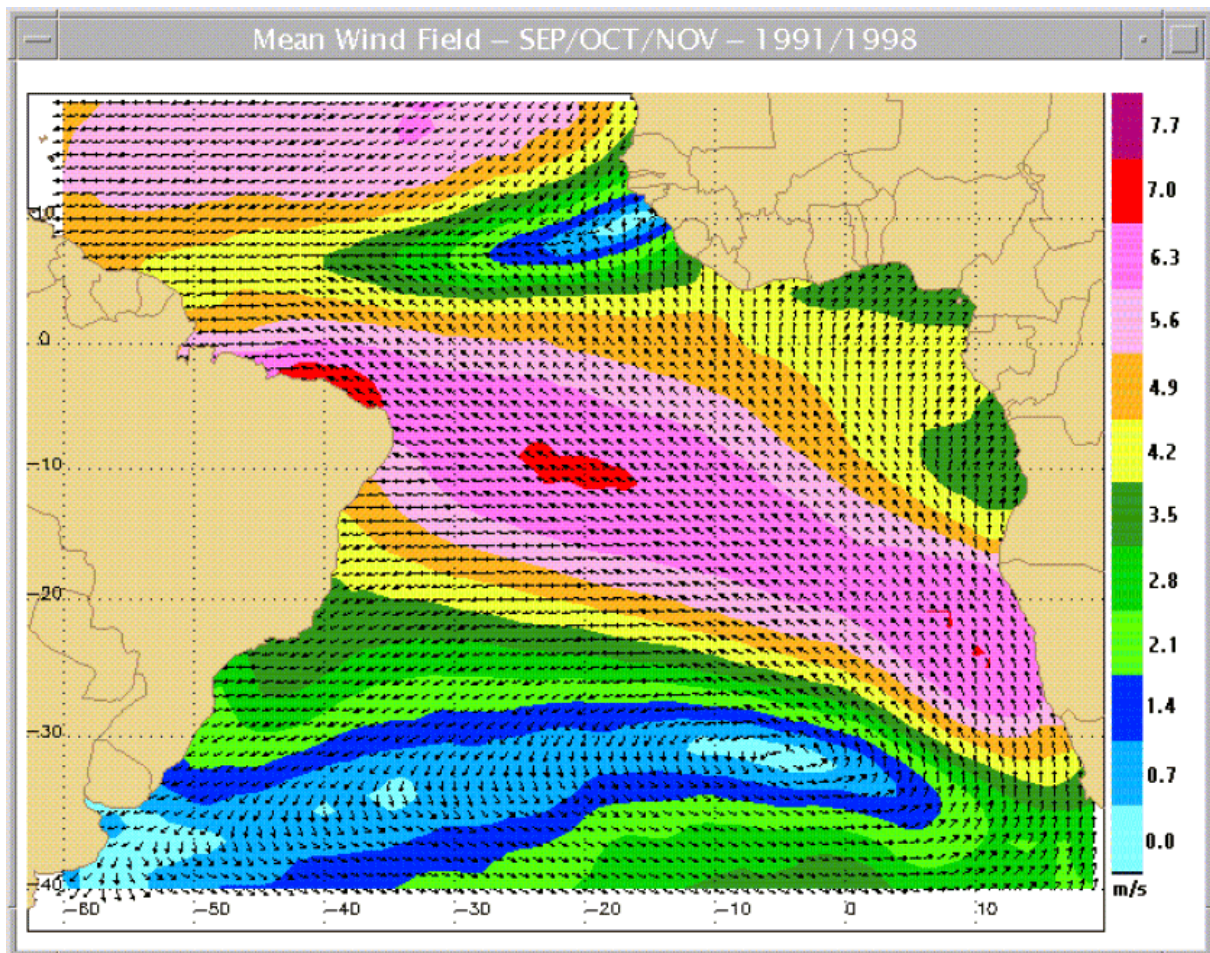


Figura 5.1.2-5 – Campo de ventos médio para os meses de junho, julho e agosto



**Figura 5.1.2-6 – Campo de ventos médio para os meses de setembro, outubro e novembro**

Conforme exposto, conclui-se que a região de Caravelas apresenta um padrão de circulação atmosférica complexo, com a conjunção de diferentes correntes de circulação, que sofrem alterações ao longo do ano devido ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e à passagem de frentes frias. Em síntese, os ventos ocorrentes na região apresentam velocidades moderadas e usualmente duas direções principais: NE durante a primavera e o verão e SE durante o outono e o inverno.

#### **5.1.2.5 Direção e velocidade dos ventos**

A estatística apresentada para a direção e velocidade dos ventos utilizou os dados da estação meteorológica da ARCEL em Caravelas. A Figura 5.1.2-7 apresenta a velocidade média mensal dos ventos e a Figura 5.1.2-8 a média de rumos, executadas com dados do período entre 1997 e 2007. Devido à característica complexa da circulação, apenas as médias não são suficientes para caracterizar o vento da região, portanto, apresentam-se rosas de ventos e a distribuição de frequência das velocidades. A Figura 5.1.2-9 apresenta a

rosa de ventos para todo o período de medição e a Figura 5.1.2-14 sua distribuição de freqüência de velocidades. A Figura 5.1.2-10 apresenta a rosa de ventos para a primavera e a Figura 5.1.2-15 sua distribuição de freqüência de velocidades; a Figura 5.1.2-11 apresenta a rosa de ventos para o verão e a Figura 5.1.2-16 sua distribuição de freqüência de velocidades; a Figura 5.1.2-12 apresenta a rosa de ventos para o outono e a Figura 5.1.2-17 sua distribuição de freqüência de velocidades; a Figura 5.1.2-13 apresenta a rosa de ventos para o inverno e a Figura 5.1.2-18 sua distribuição de freqüência de velocidades.

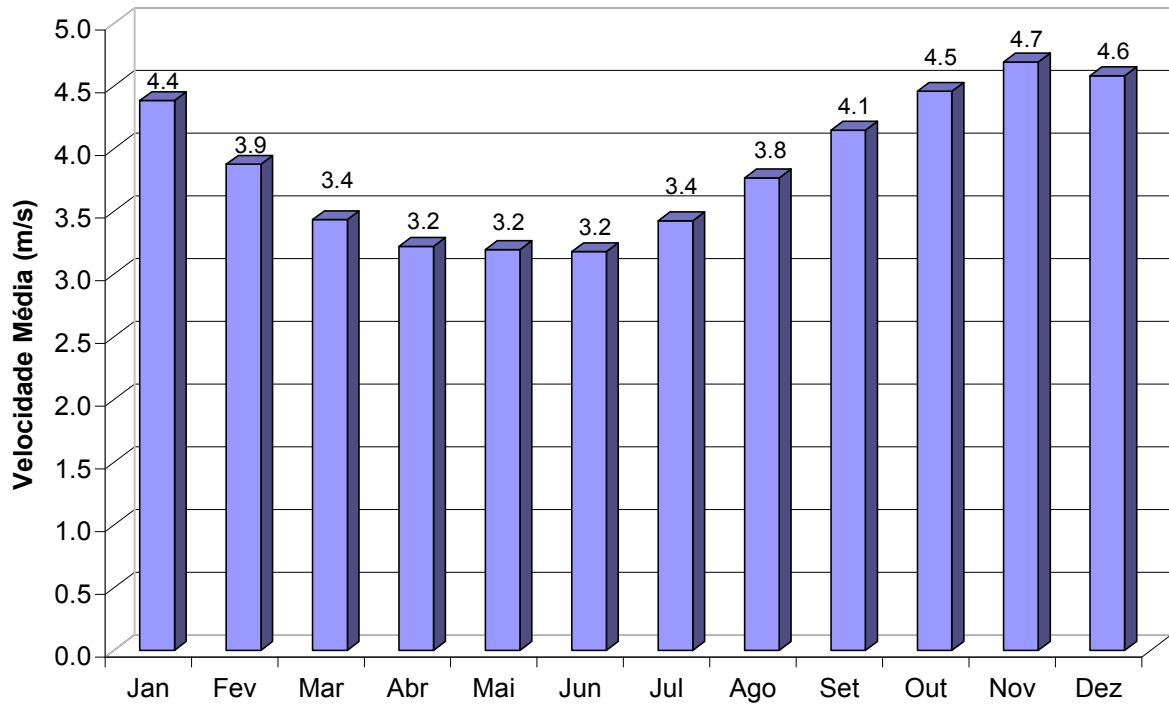


Figura 5.1.2-7 – Velocidade média mensal dos ventos no período de 1997 a 2007

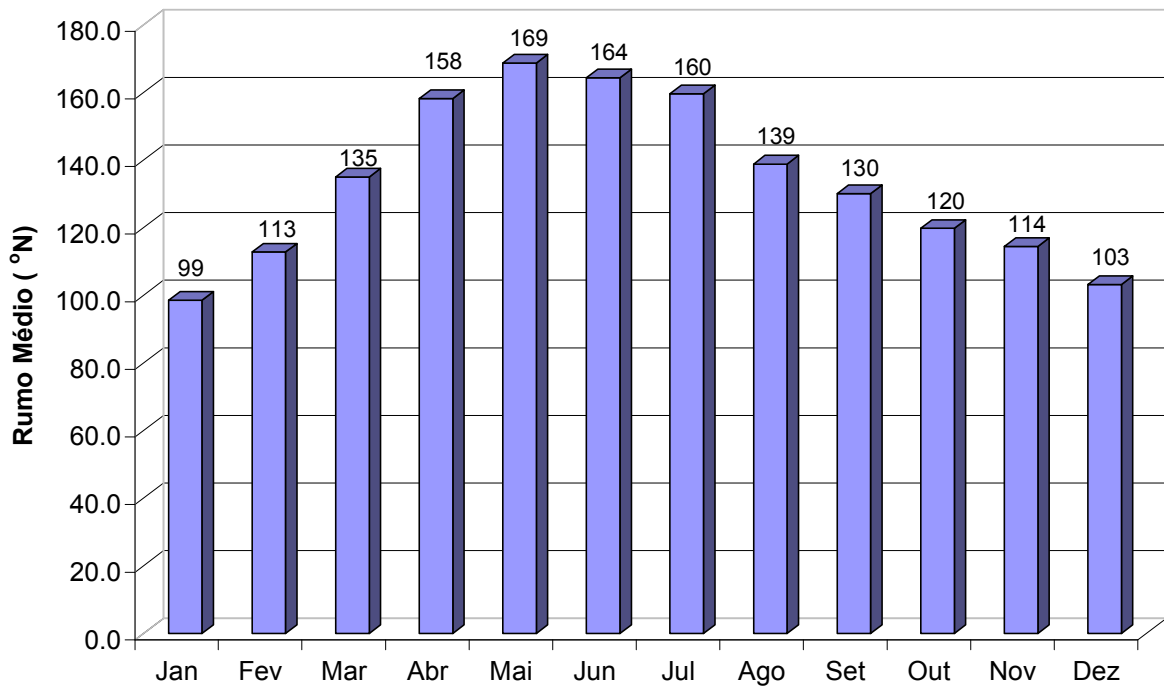


Figura 5.1.2-8 – Rumo médio mensal dos ventos no período de 1997 a 2007

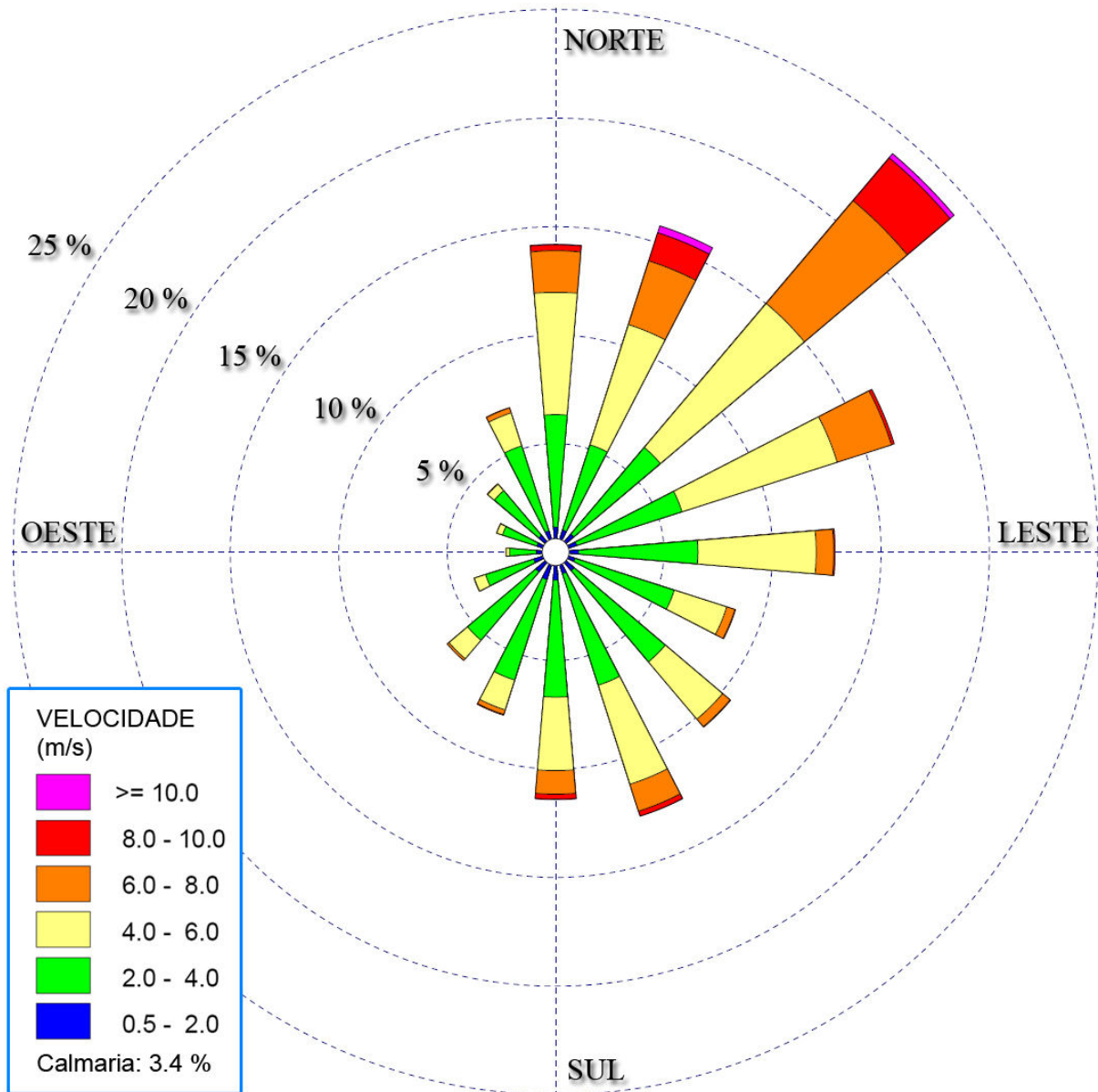


Figura 5.1.2-9 – Rosa de ventos para todo o período total medido



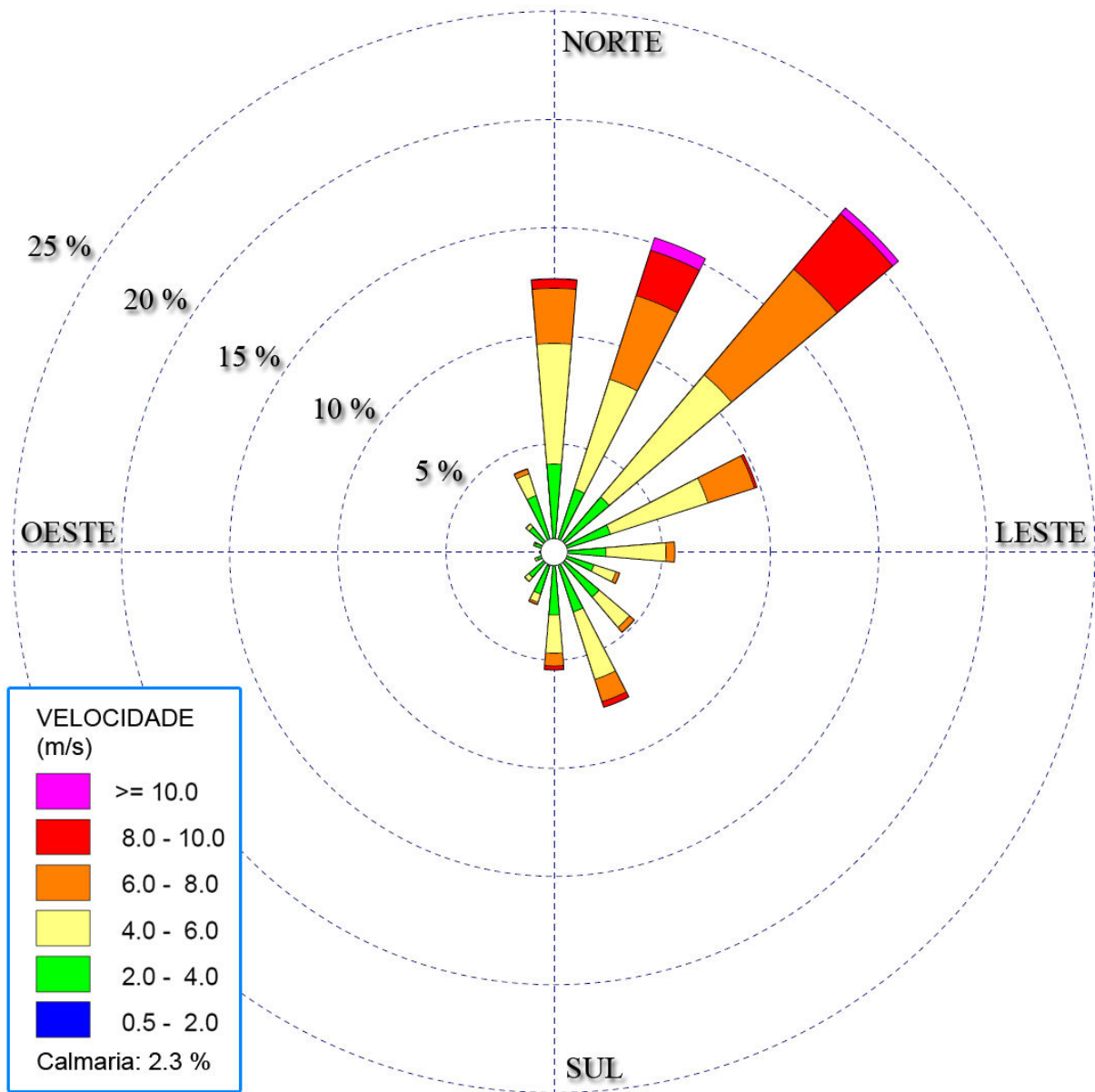


Figura 5.1.2-10 – Rosa de ventos para a primavera

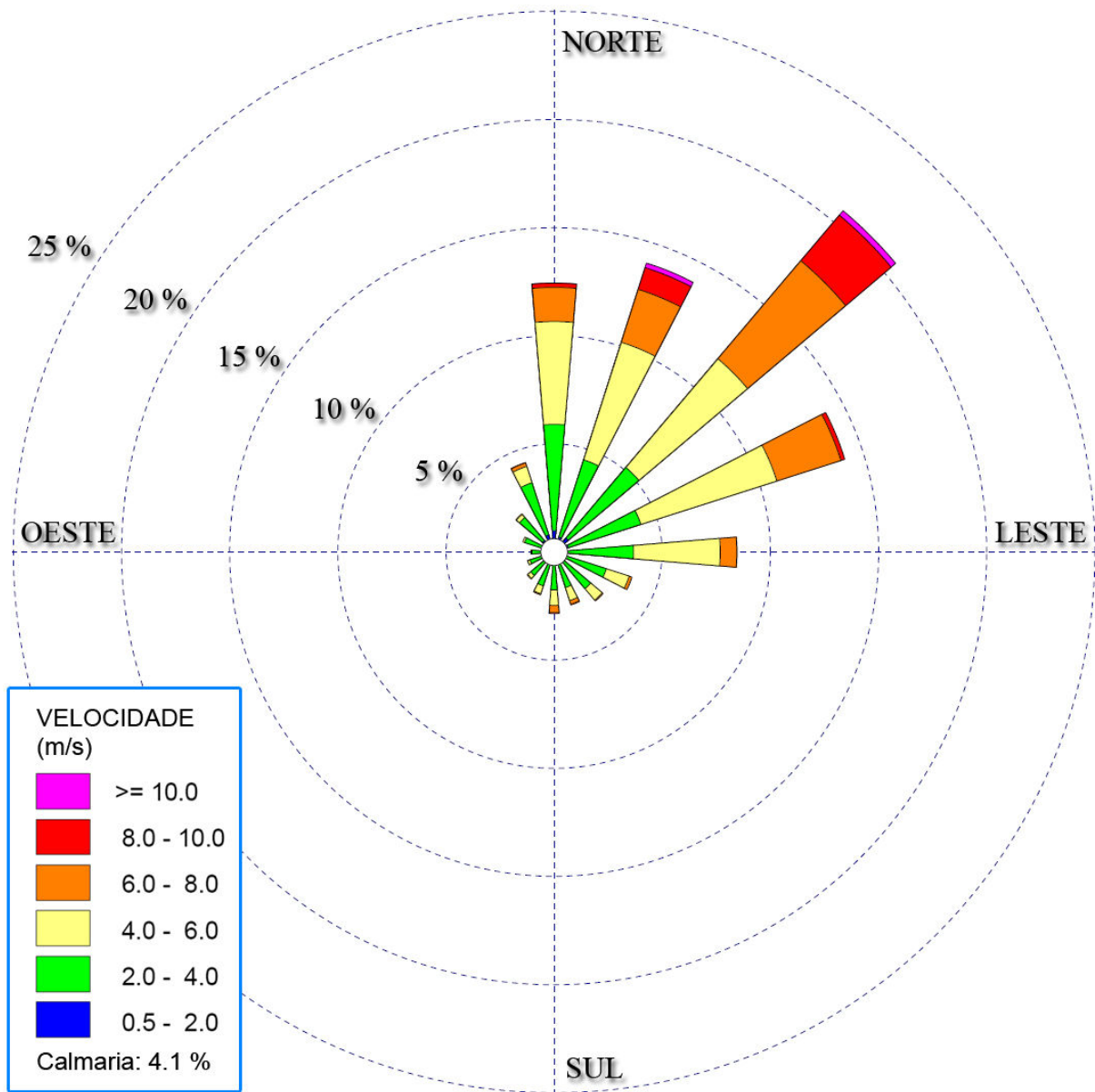


Figura 5.1.2-11 – Distribuição da frequência do vento para o verão

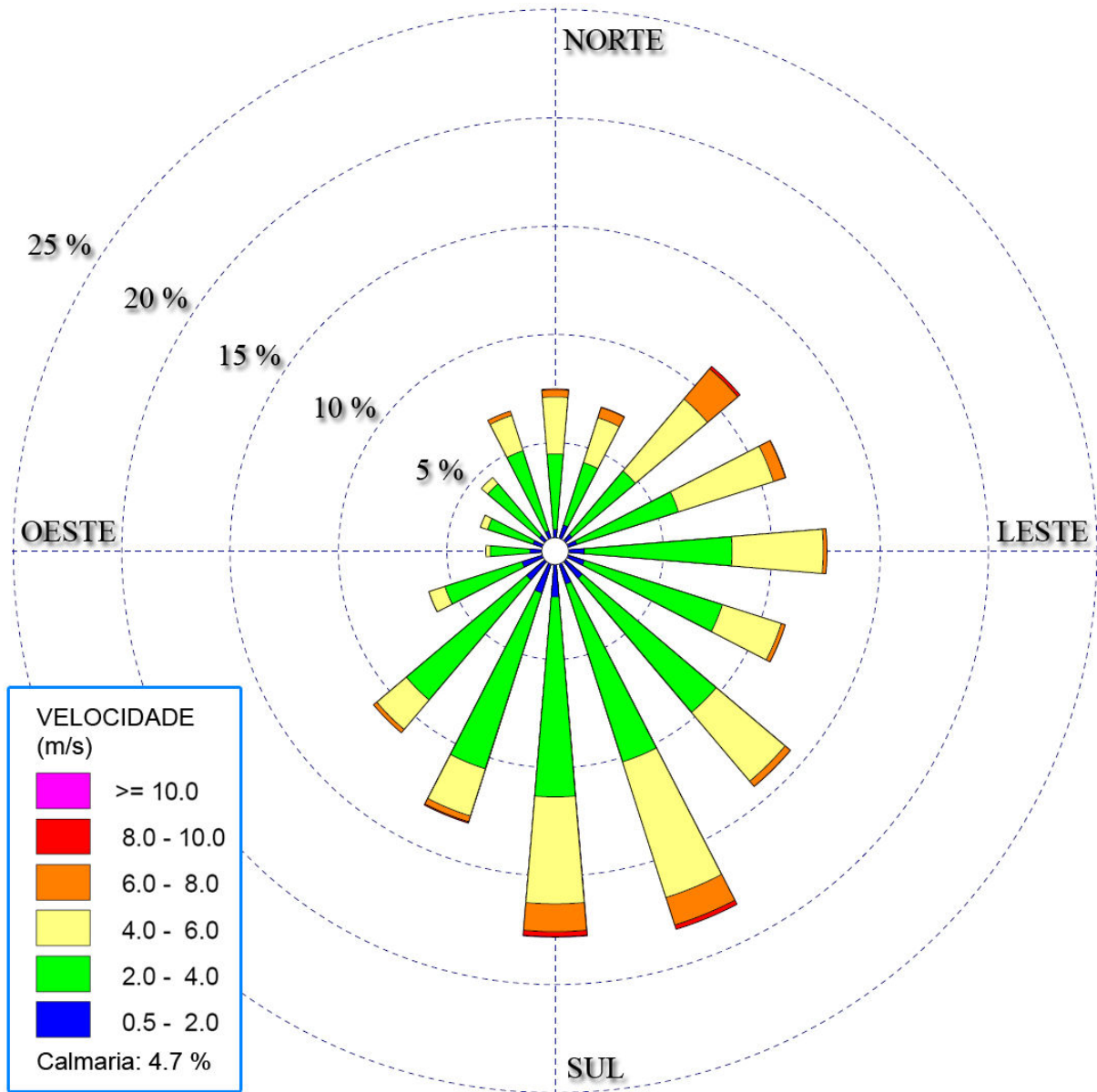
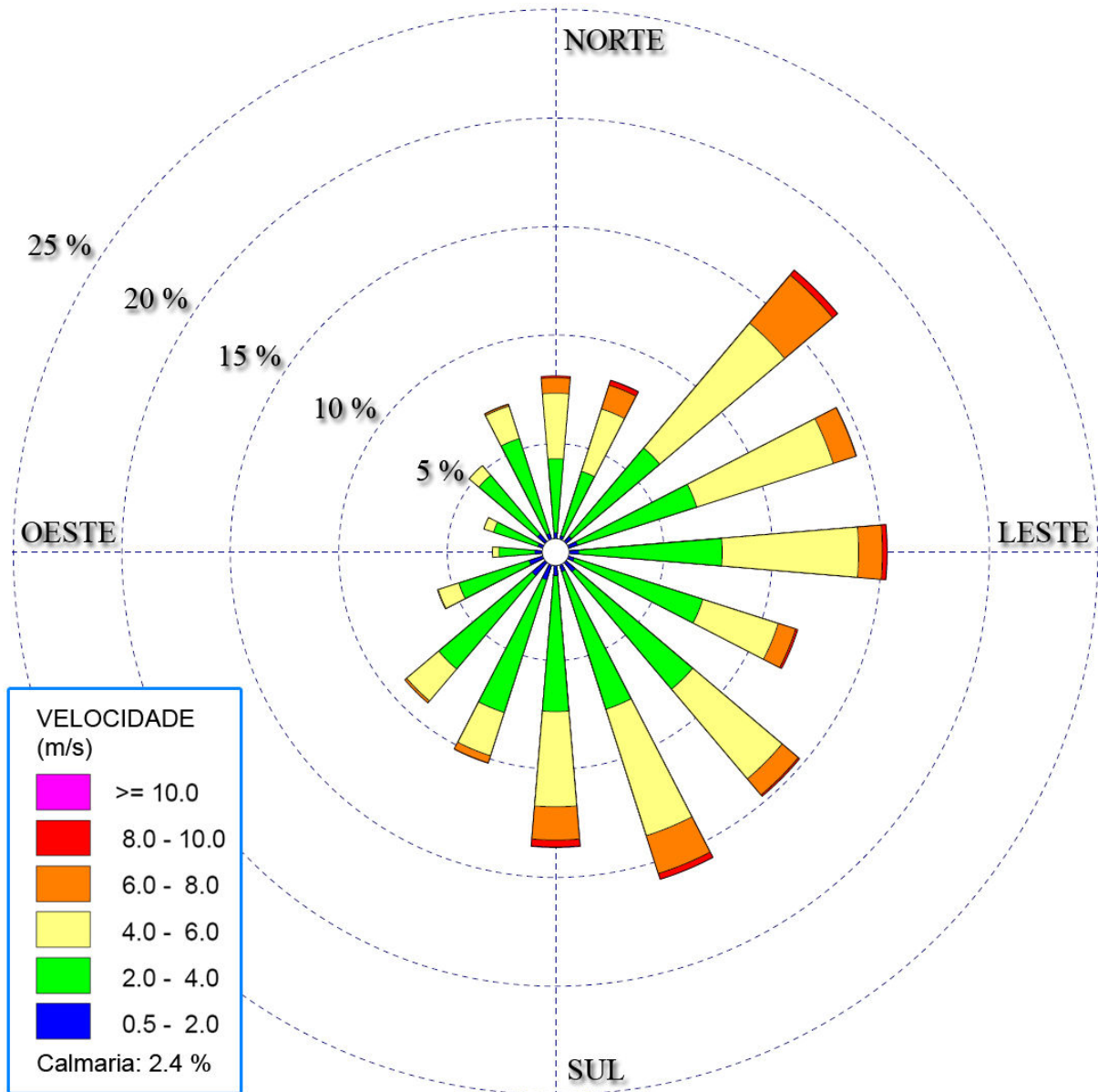


Figura 5.1.2-12 – Distribuição da frequência de velocidades do vento para o outono



**Figura 5.1.2-13 – Distribuição da frequência de velocidades do vento para o inverno**

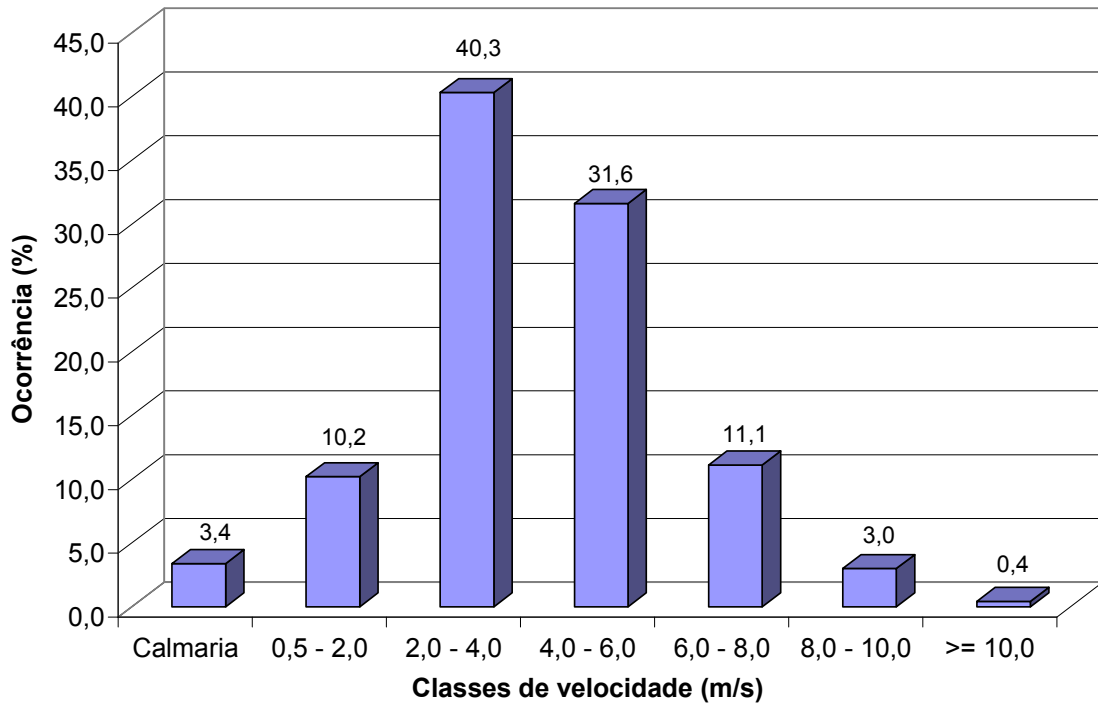


Figura 5.1.2-14 – Distribuição da frequência de velocidades do vento do período total medido

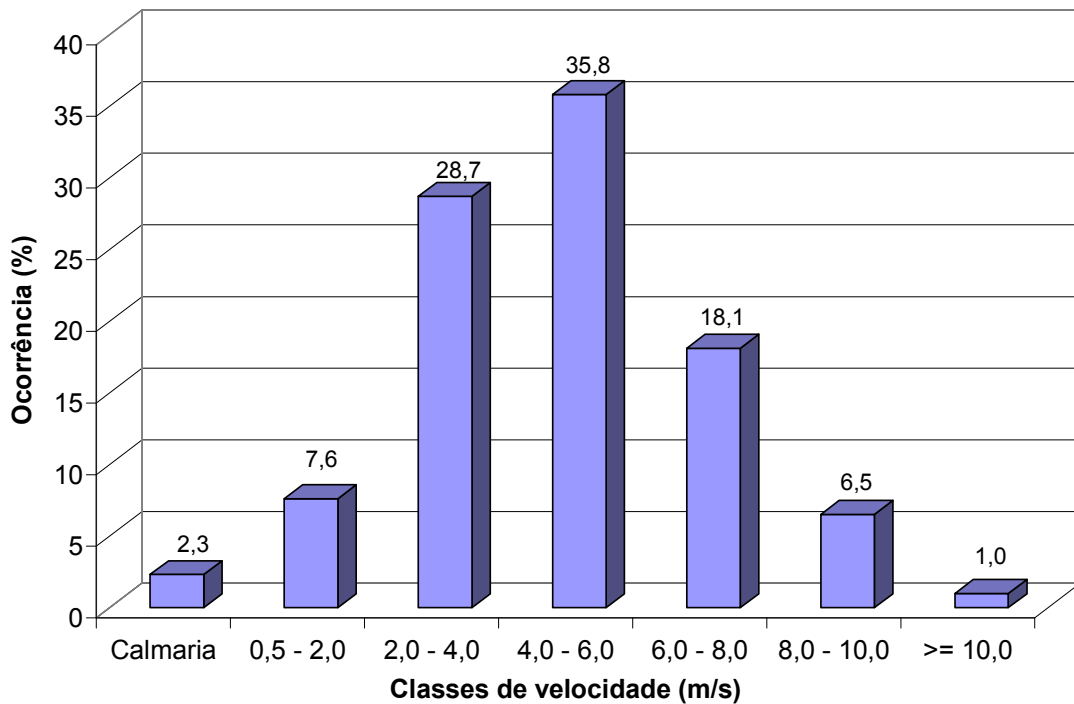


Figura 5.1.2-15 – Distribuição da frequência do vento para a primavera

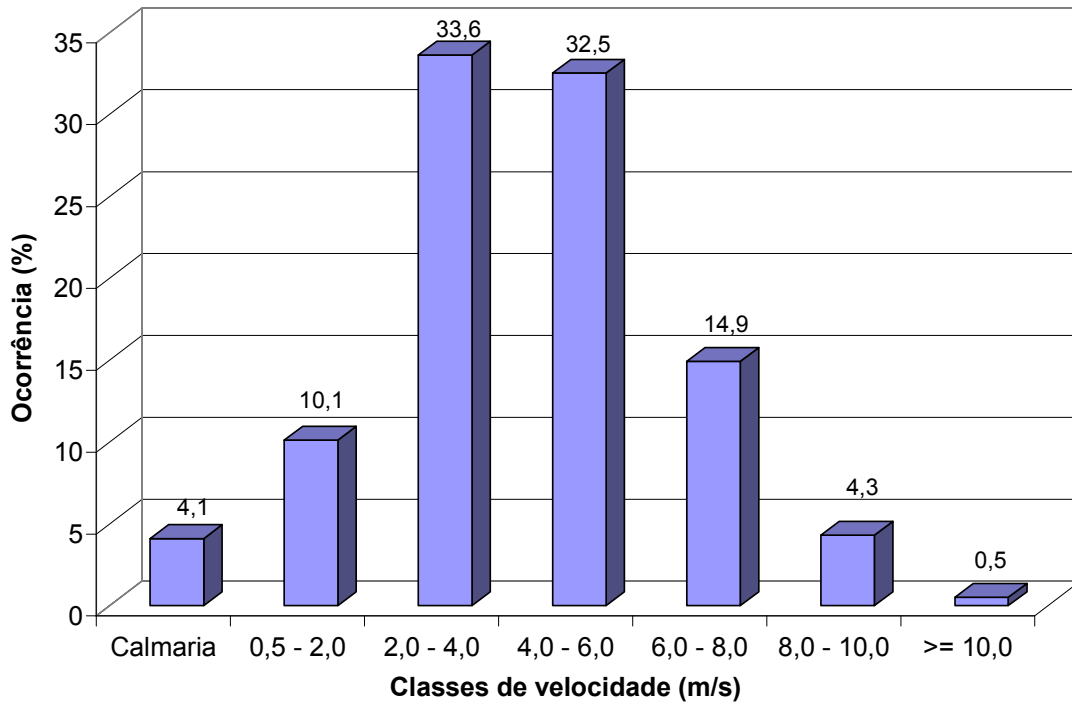


Figura 5.1.2-16 – Distribuição da frequência de velocidades do vento para o verão

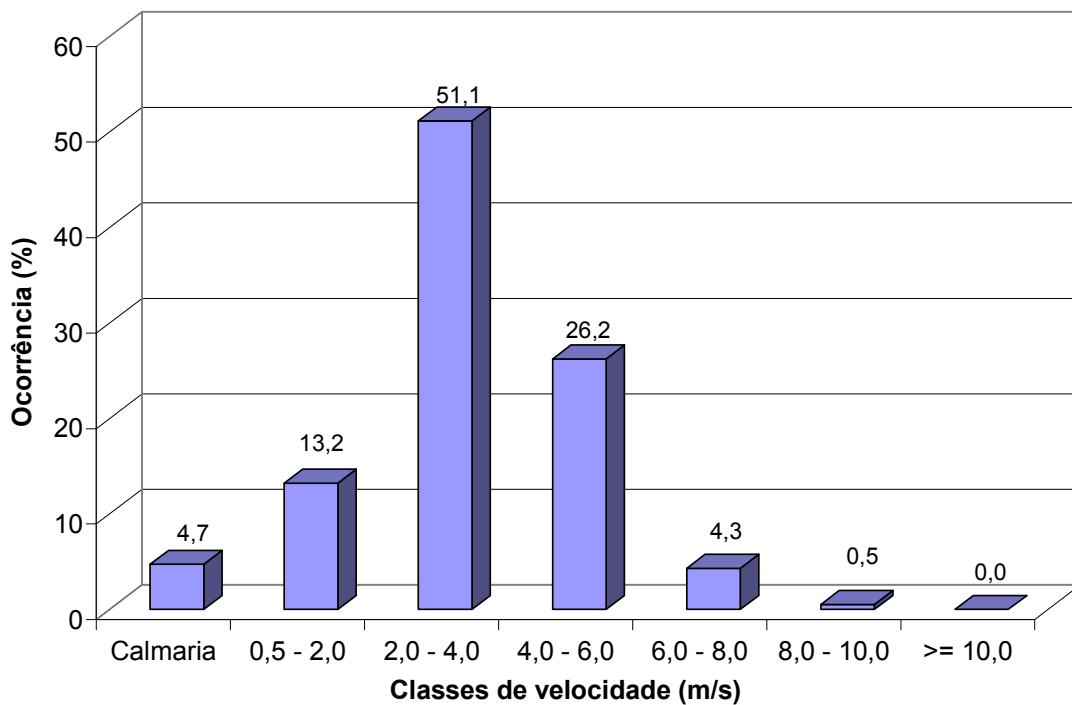
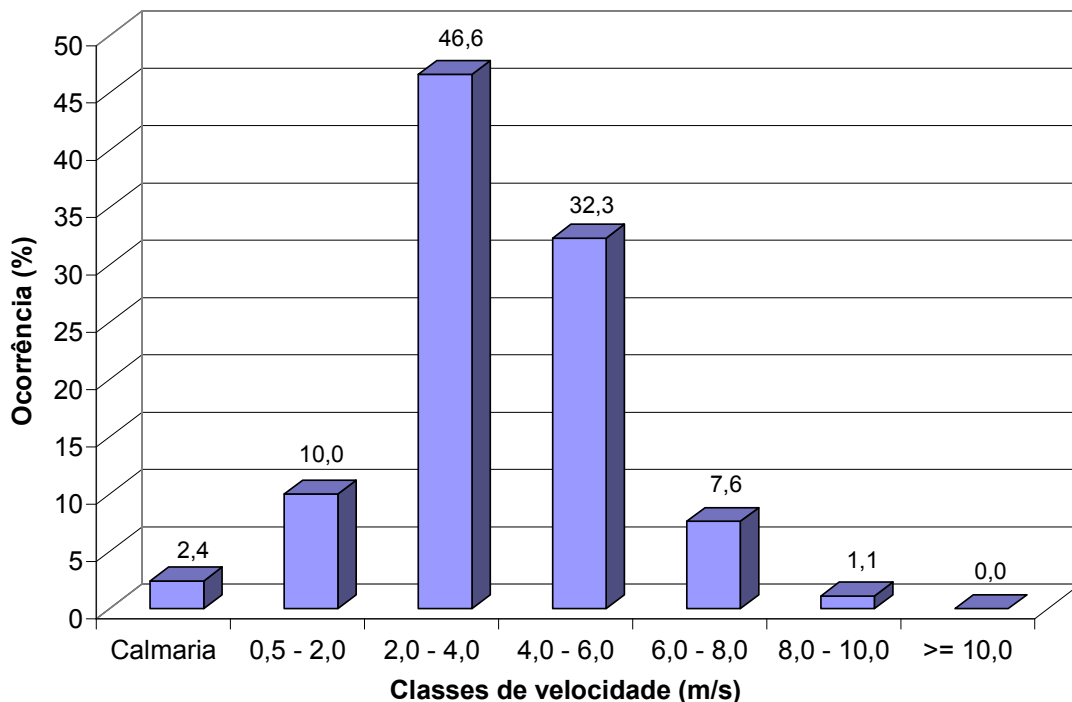


Figura 5.1.2-17 – Distribuição da frequência de velocidades do vento para o outono



**Figura 5.1.2-18 – Distribuição da freqüência de velocidades do vento para o inverno**

Considerando-se todo o período de dados, tem-se que a velocidade média do vento foi de 3,4 m/s e a direção predominante foi de NE.

Com relação à sazonalidade, os ventos apresentaram-se mais intensos durante os meses de primavera e verão, com uma velocidade média de 4,4 m/s. Para esse período, os ventos podem ser classificados como moderados, sendo novembro o mês com maior velocidade dos ventos e junho o de menor velocidade, devido à predominância do vento S.

Em Caravelas observa-se também a prevalência dos ventos do octante NE nos meses de verão (36% dos registros) e de S e SE nos meses de outono e inverno (35% dos registros). Se for considerado todo o ano, os ventos de NNE-NE-ESE ocorrem por 33% do tempo, enquanto que os de ESE-SE-SSE incidem durante 19% do período. A velocidade dos ventos nos meses de verão é maior que nos meses de inverno, assim como existe menor variabilidade de direção.

De acordo com Lessa & Cirano (2004) *apud* Cepemar (2004a), o regime de brisas é bem marcado em Caravelas, especialmente no verão, quando uma aceleração contínua da velocidade dos ventos é normalmente observada entre as 7 horas da manhã (média de 3,1 m/s) e às 3 horas da tarde (média máxima de 6,7 m/s). Um perfil de velocidades similar ocorre no inverno, porém com velocidades ligeiramente menores (média máxima de 4,7

m/s). A brisa terrestre só é observada no inverno e início da primavera (setembro), ocorrendo entre 2:00 e 8:00 horas da manhã, com velocidades médias máximas de 3,6 m/s.

Servindo de análise comparativa para a distribuição de frequência da direção dos ventos, pode-se citar os dados obtidos junto ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Marinha do Brasil, referente ao arquipélago marinho de Abrolhos (aproximadamente 70 km costa afora) para o período de 1957 a 1997 (medições a cada 3h). Os dados mostram que as direções de vento mais freqüentes são as de NE (30% de ocorrência), E (24% de ocorrência), SE e S (14% de ocorrência) e N (12% de ocorrência). Ventos de N, NE e E (ventos associados a tempo estável) são característicos do verão, ocorrendo por mais de 69% do tempo entre outubro e março (frequência máxima de 85% em janeiro). Ventos de SE, S e SW, considerados ventos de tempestade prevalecem no outono e início do inverno, ocorrendo por mais de 42% do tempo entre abril e julho (frequência máxima de 52% em maio), (Cepemar, 2004a).

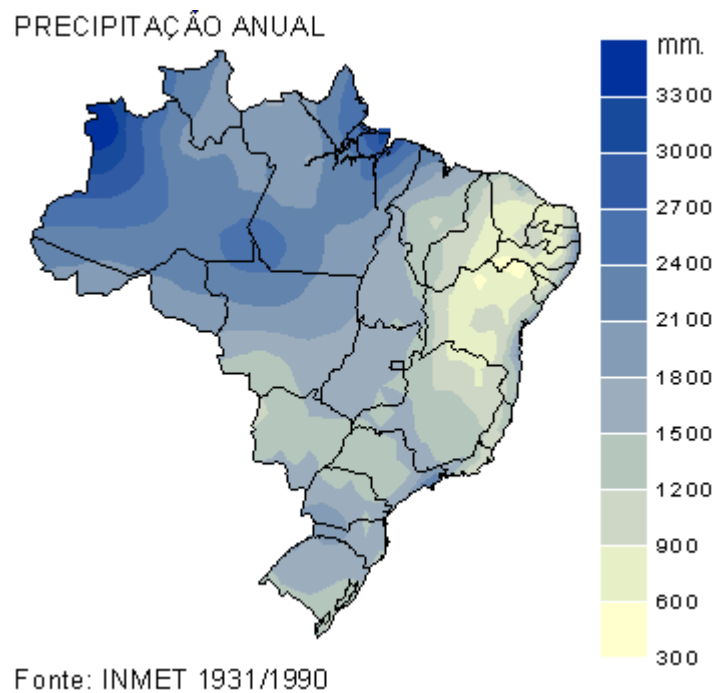
Comparando-se os dados do período de 1997 a 2007 da estação de Caravelas com os dados que compreendem o período de INMET 1980 a 1990, nota-se que a estação da ARCEL registra velocidades maiores e menor participação dos ventos do quadrante sul. Entretanto, as diferenças observadas não são significativas e ocorrem possivelmente pelo fato de a estação meteorológica da ARCEL estar localizada um pouco afastada da costa.

#### **5.1.2.6 Precipitação**

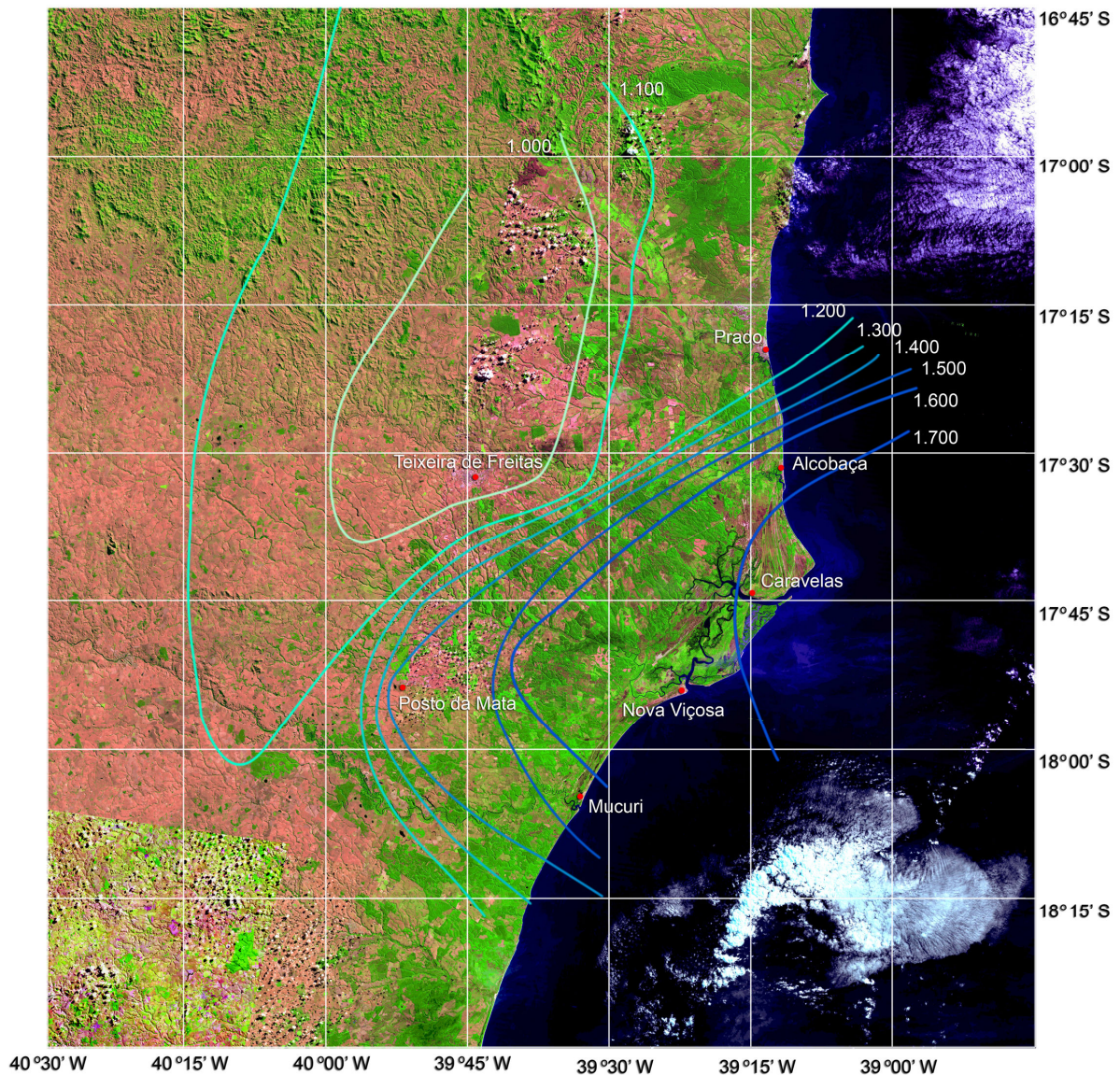
Face à sua situação geográfica, o litoral sul da Bahia encontra-se sob o regime de chuvas de verão e de seca de inverno. Entretanto, a estação seca de outono-inverno é amenizada pelas precipitações frontais ligadas às advecções de ar polar que, nesta época do ano, atingem freqüentemente a região. Disso resulta a aparência "equatorial sem estação seca" (Andrade, 1972 *apud* Martin, *et al.*, 1999) com chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Assim, a região do sul da Bahia caracteriza-se por precipitações superiores a 1.000 mm, onde existe influência dos ventos úmidos no litoral. As isoietas se desenvolvem paralelamente à costa, mostrando um aumento gradativo em direção ao mar, como pode ser observado na Figura 5.1.2-20.

A Figura 5.1.2-19 apresenta mapa de precipitação anual do Brasil, a partir do qual pode-se observar o trecho litorâneo sul da Bahia.





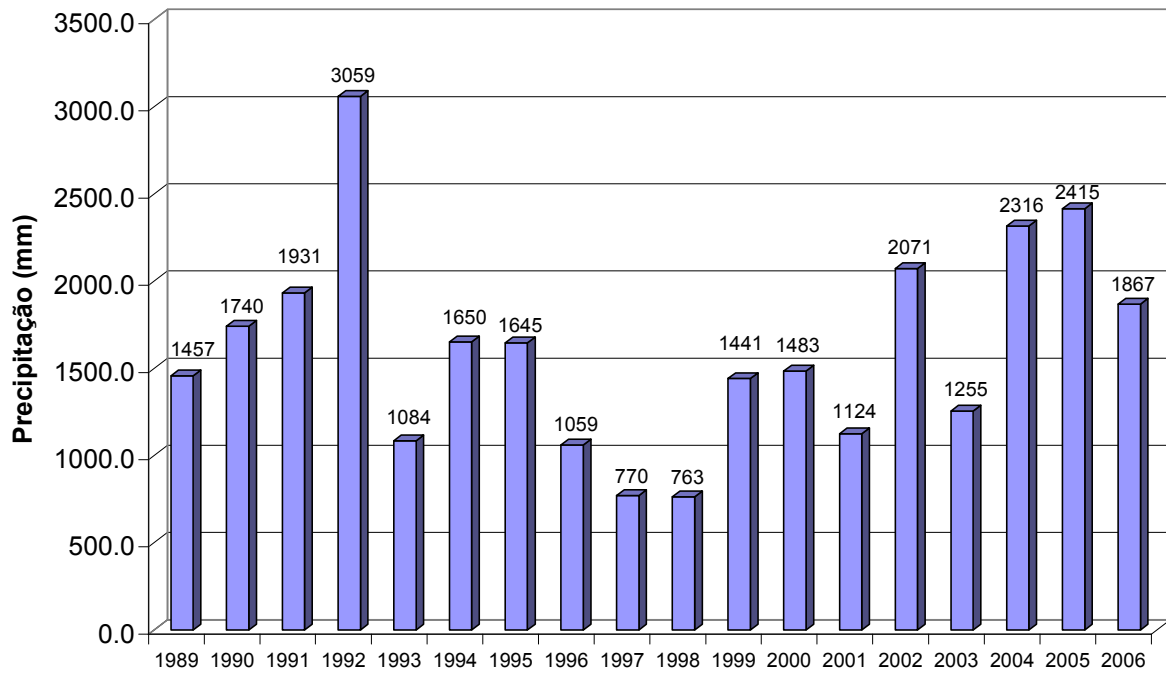
**Figura 5.1.2-19 – Precipitação anual no Brasil – Período de 1931 a 1990**



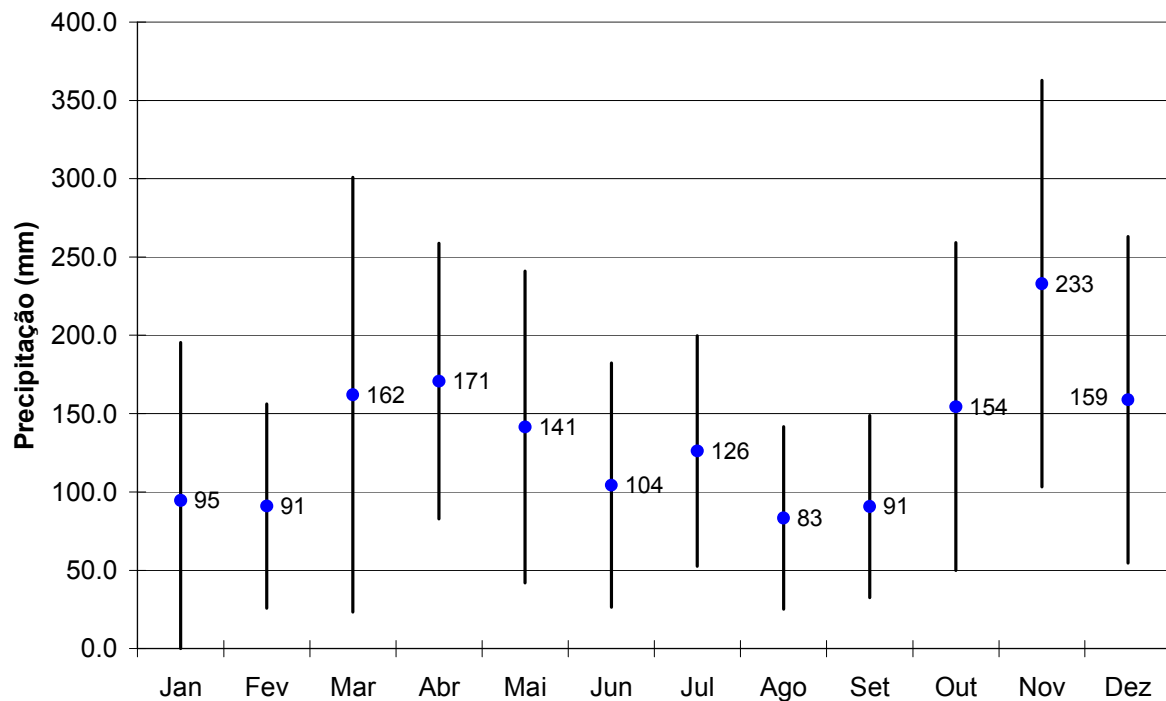
**Figura 5.1.2-20 – Distribuição das isoietas na região de Caravelas-BA**

Para a análise dos dados de precipitação foram utilizados os dados da estação da ARCEL no período entre janeiro de 1997 e maio de 2007.

Os dados mensais e anuais de precipitação utilizados para definição do clima são apresentados na Figura 5.1.2-21 e Figura 5.1.2-22 respectivamente.

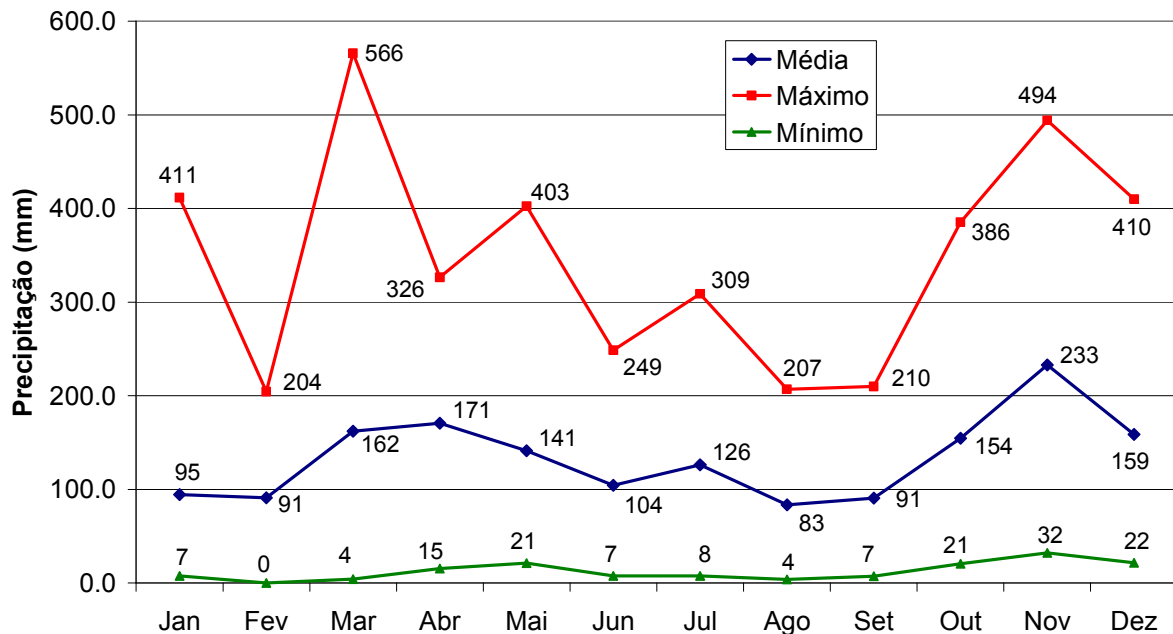


**Figura 5.1.2-21 – Precipitação anual**



**Figura 5.1.2-22 – Precipitação mensal média e desvio padrão associado**

A Figura 5.1.2-23 apresenta, além da média mensal já apresentada na figura anterior, os valores de precipitação mensal máxima e mínima do período entre 1997 e 2007.



**Figura 5.1.2-23 – Precipitações mensais mínimas, médias e máximas**

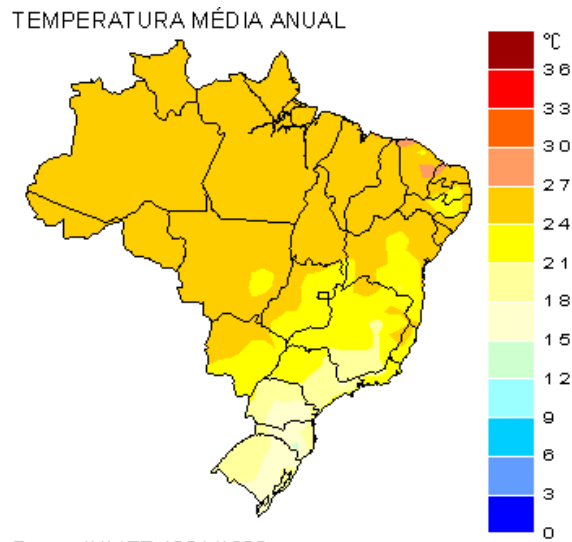
O trimestre mais chuvoso envolve os meses de outubro a dezembro, sendo novembro o mês de maior pluviometria média. Nestes meses mais chuvosos, a área total recebe aproximadamente 34% das precipitações ocorridas durante o ano.

O trimestre mais seco em Caravelas é julho/agosto/setembro, sendo agosto o mês mais seco, com sua média pluviométrica de 83 mm.

Dada as características apresentadas de precipitação, a zona costeira do sul da Bahia pertence ao domínio da Mata Atlântica.

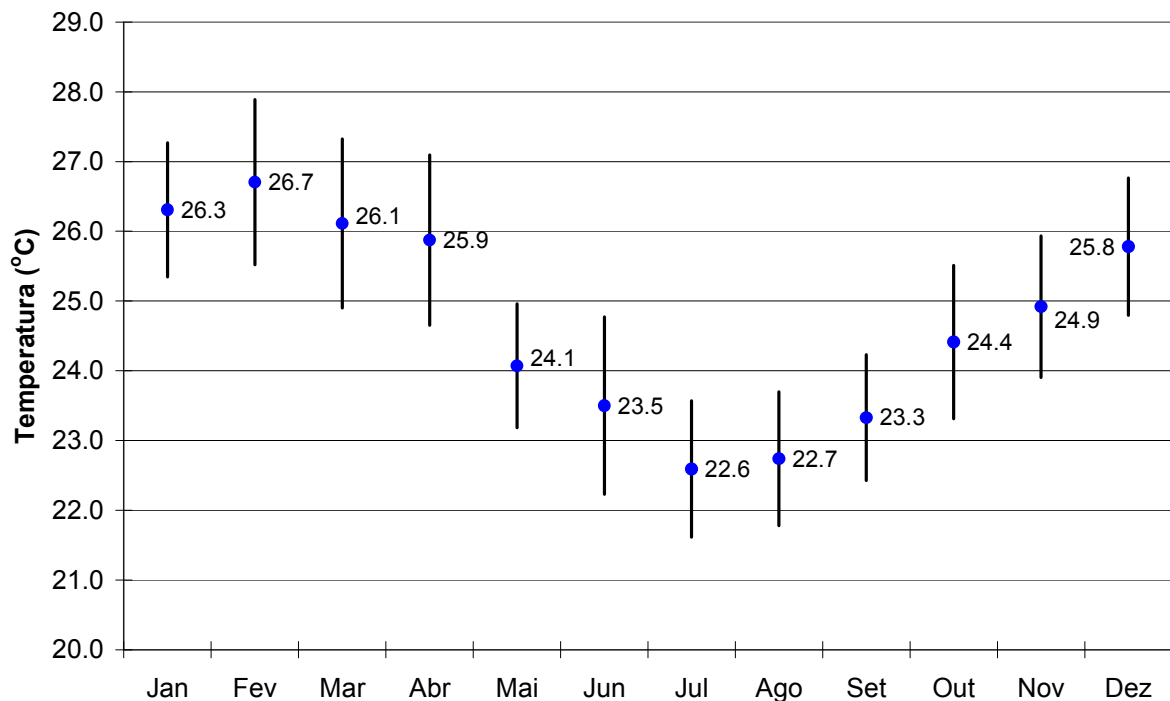
### 5.1.2.7 Temperatura

A Figura 5.1.2-24 apresenta mapa de temperatura média anual do Brasil, a partir do qual pode-se observar que o trecho litorâneo sul da Bahia apresenta temperatura ligeiramente superior às localidades de mesma latitude.



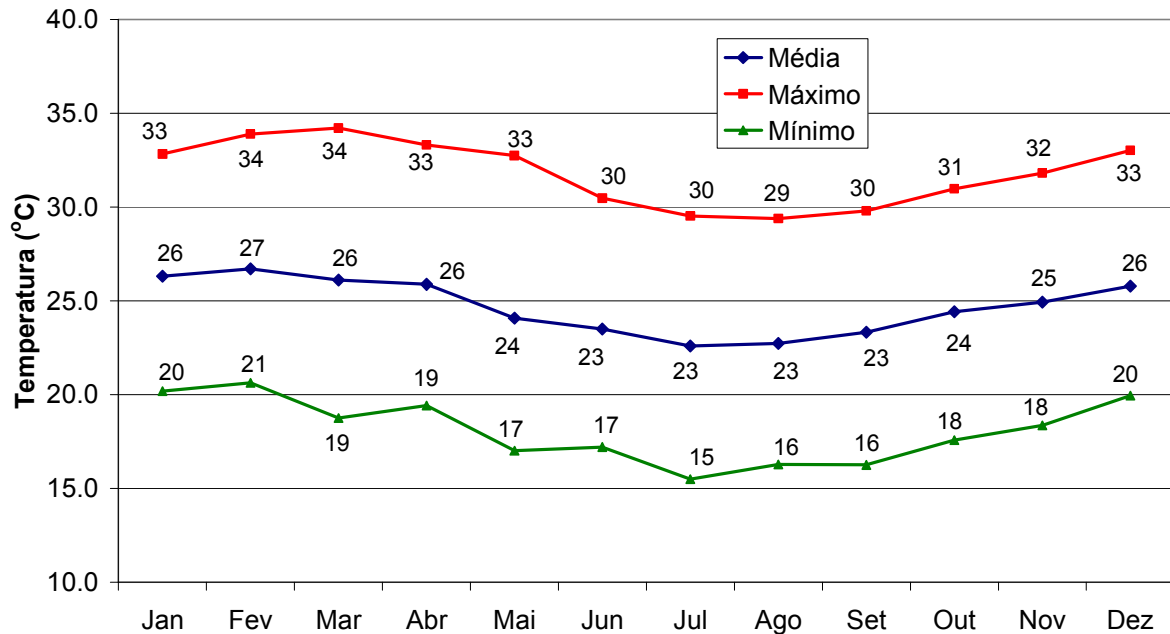
**Figura 5.1.2-24 – Temperatura média anual no Brasil – Período de 1931 a 1990**

Os dados mensais das temperaturas são apresentados na Figura 5.1.2-25 abaixo. Foram considerados os dados disponíveis nos períodos de 1988 a 2007 da estação meteorológica da ARCEL.



**Figura 5.1.2-25 – Temperatura média compensada e desvio padrão associado**

A Figura 5.1.2-26 apresenta, além da média mensal já apresentada na figura anterior, os valores médios mensais de temperatura máxima e mínima do período entre 1988 e 2007.



**Figura 5.1.2-26 – Médias mensais de temperatura (mínima, média e máxima)**

A temperatura média anual compensada em Caravelas é de 24,7° C, mantendo-se na média para o extremo sul do Estado. As variações da temperatura em Caravelas são pequenas, podendo variar de 22° C a 27° C (inverno/verão), sendo fevereiro o mês mais quente e julho o mais frio.

### 5.1.2.8 Umidade Relativa do Ar

A média anual de umidade relativa na região é de 86%, ocorrendo poucas variações durante os meses do ano, como pode ser observado na Figura 5.1.2-27 que apresenta a umidade relativa mensal média com o desvio padrão associado. A Figura 5.1.2-28 disponibiliza a média mensal dos parâmetros de umidade relativa máxima, média e mínima. A estatística foi realizada com os dados da estação meteorológica da ARCEL, período entre 1997 e 2007.

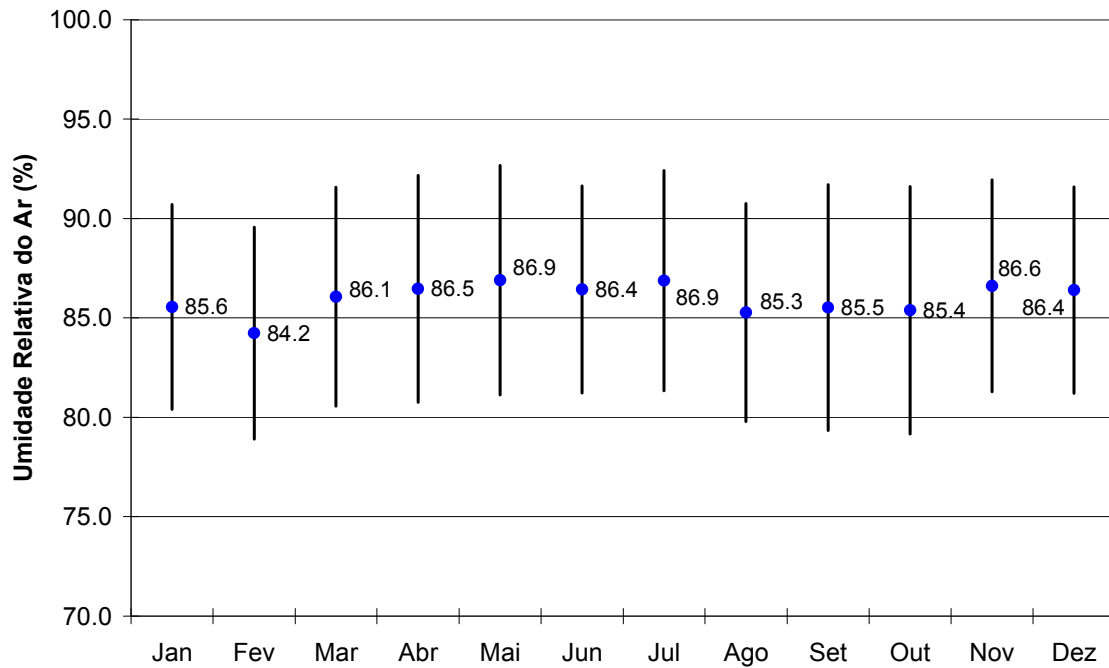


Figura 5.1.2-27 – Média mensal da Umidade Relativa do Ar e desvio padrão associado

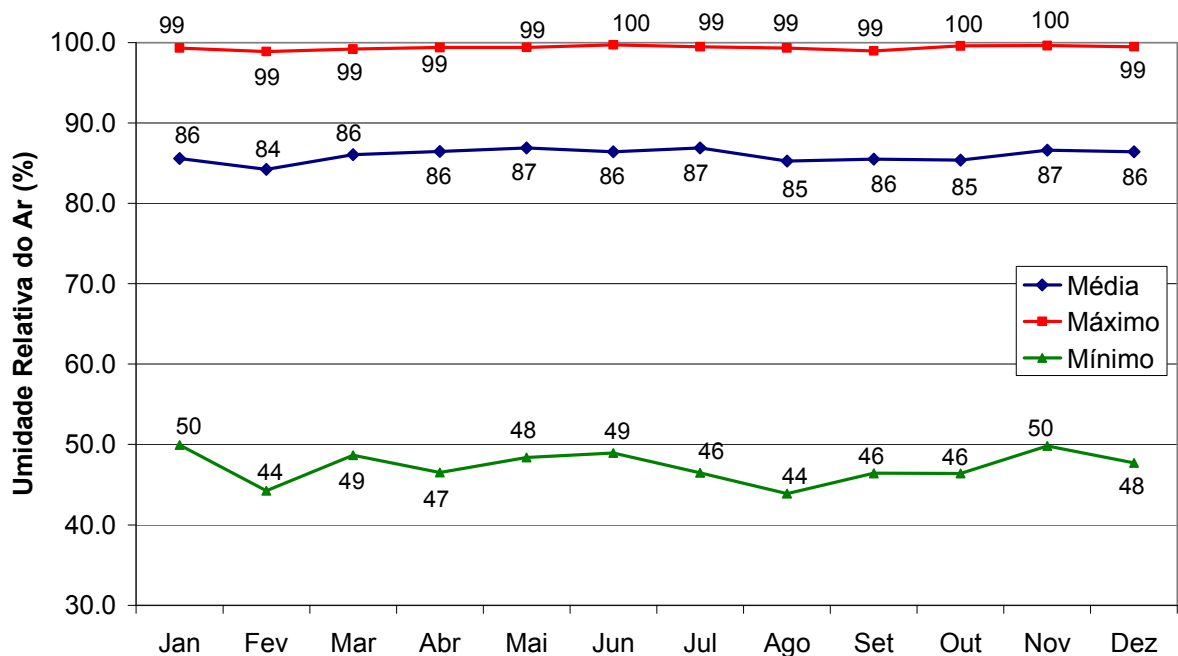


Figura 5.1.2-28 – Umidade Relativa do Ar – Média Mensal dos parâmetros de umidade relativa máxima, média e mínima

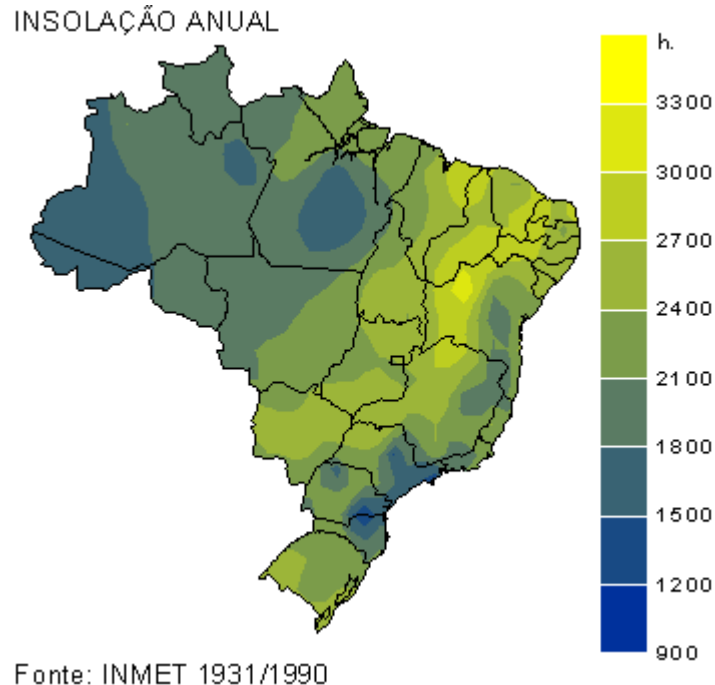
Os meses de maio, julho e novembro são os mais úmidos, com média de 87% de umidade relativa do ar. Os meses menos úmidos são fevereiro e setembro, sendo fevereiro o menos úmido, com 84,2%. A média das máximas indica que a umidade relativa máxima de 100 % é praticamente sempre atingida durante qualquer mês do ano.

Comparando-se a umidade relativa com a evaporação, observa-se uma coincidência inversamente proporcional entre estes fatores; isto é, nos meses menos úmidos a evaporação é maior, enquanto nos meses mais úmidos a evaporação é menor, segundo dados das estações do INMET e da ARCEL.

Com relação à sua distribuição temporal, pode-se constatar que as estações do ano com menor umidade relativa correspondem à primavera e verão, entretanto, as variações são pouco significativas ao longo do ano.

#### 5.1.2.9 Insolação

A Figura 5.1.2-29 apresenta a insolação anual no território brasileiro, da qual pode-se observar uma insolação entre 2100 a 2400 horas para a faixa costeira do litoral do estado da Bahia.



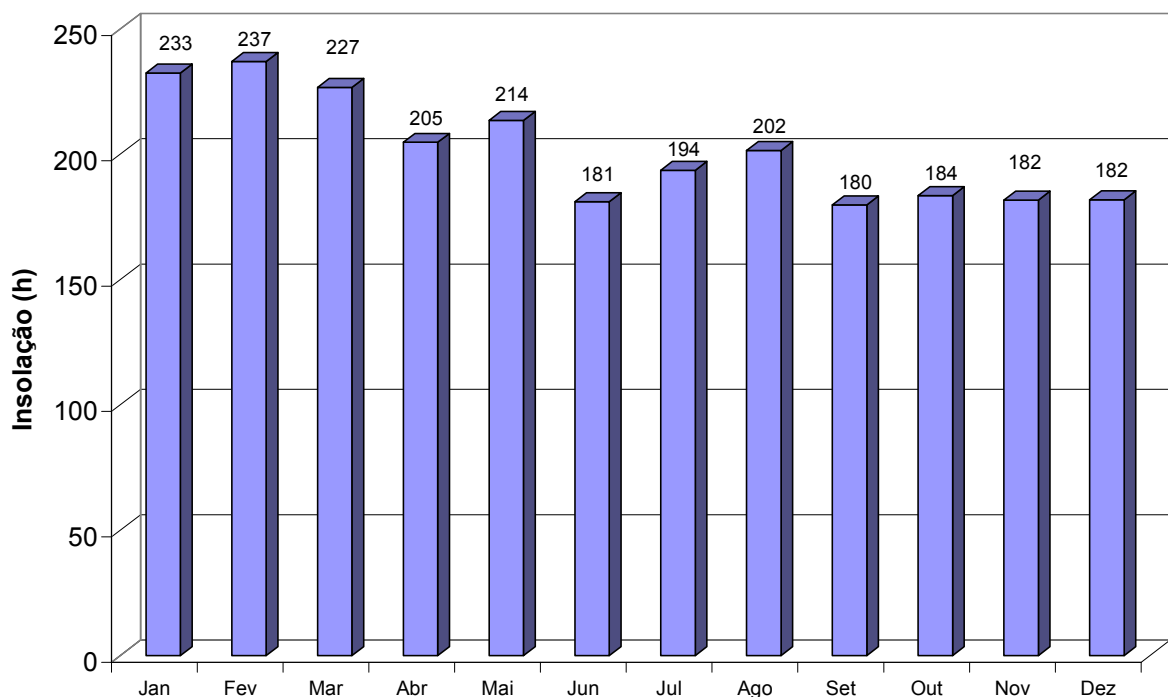
**Figura 5.1.2-29 – Insolação anual do Brasil – Período de 1931 a 1990**



A partir de dados do INMET, período entre 1980 e 1990, calculou-se uma insolação média anual para a estação de Caravelas de 2418 horas, correspondente a aproximadamente 103 dias contínuos de sol, ou seja, 3 meses e meio contínuos de luz solar direta, conforme distribuição média mensal apresentada na Figura 5.1.2-30.

O período de maior insolação na região acontece nos meses de janeiro, fevereiro e março, sendo fevereiro o mais ensolarado, coincidindo com o período de maior temperatura.

O mês menos ensolarado é setembro. O valor da insolação em fevereiro representa menos de 10% do total anual, o que indica que durante todo o ano esta variação é pequena.



**Figura 5.1.2-30 – Insolação média mensal**

### 5.1.2.10 Radiação Solar

A média anual da radiação solar na região é de  $18,1 \text{ MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ , apresentando valor máximo em janeiro e mínimo em junho. A Figura 5.1.2-31 apresenta a variação da radiação ao longo dos meses do ano. Como pode ser observado, a variação da magnitude está de acordo com a mudança de estações do ano. A Figura 5.1.2-32 apresenta, além da média mensal já apresentada na figura anterior, os valores de radiação solar mensal máxima e mínima do período entre 1997 e 2007.

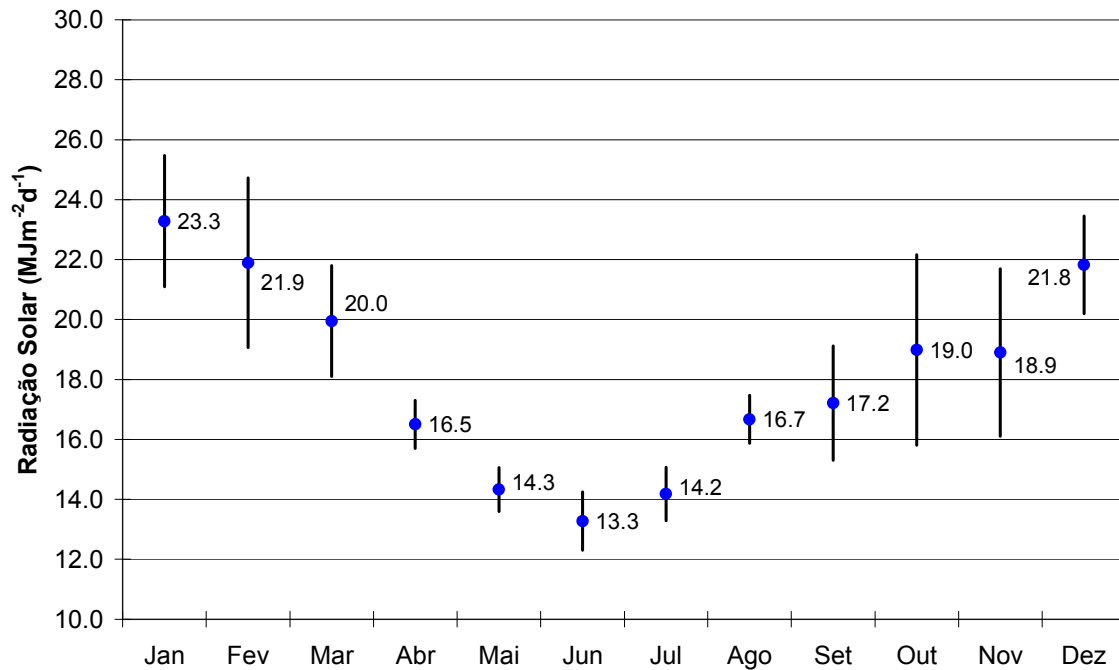


Figura 5.1.2-31 – Radiação solar média mensal

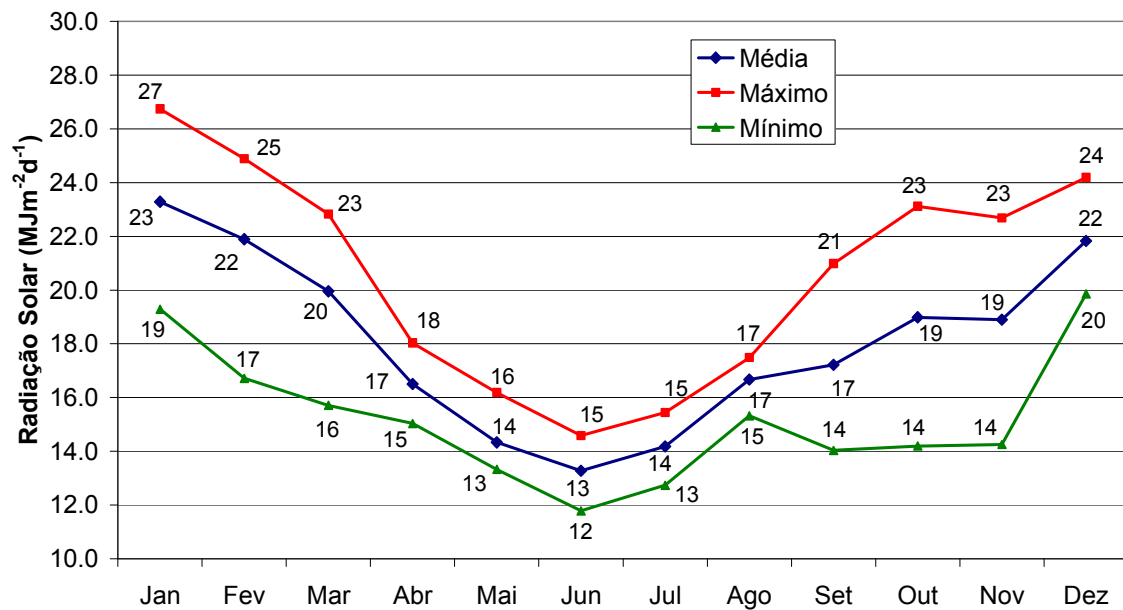


Figura 5.1.2-32 – Radiação mensal mínima, média e máxima

### 5.1.2.11 Evaporação

Conceitualmente, a evaporação é o conjunto de fenômenos físicos que transformam em vapor a água precipitada sobre a superfície dos solos, mares, rios lagos, etc. O processo de evaporação decorrente de ações fisiológicas dos vegetais é a transpiração.

Os valores da evaporação média mensal da estação de Caravelas, registrados pelo INMET no período de 1980 a 1990, foram obtidos em tanque “Classe A”. Como se sabe, a evaporação medida na cuba é influenciada pela insolação, pelos ventos, pela temperatura e pela umidade relativa.

A região de Caravelas apresenta níveis de evaporação mais elevados nos meses de verão, particularmente no mês de novembro, quando atinge valores médios da ordem de 107 mm, caindo gradativamente até o mês de junho, quando atinge um mínimo de 82 mm não variando muito ao longo do ano. A evaporação média anual foi calculada em 1.150 mm/ano. A Figura 5.1.2-33 apresenta a variação mensal dos valores de evaporação.

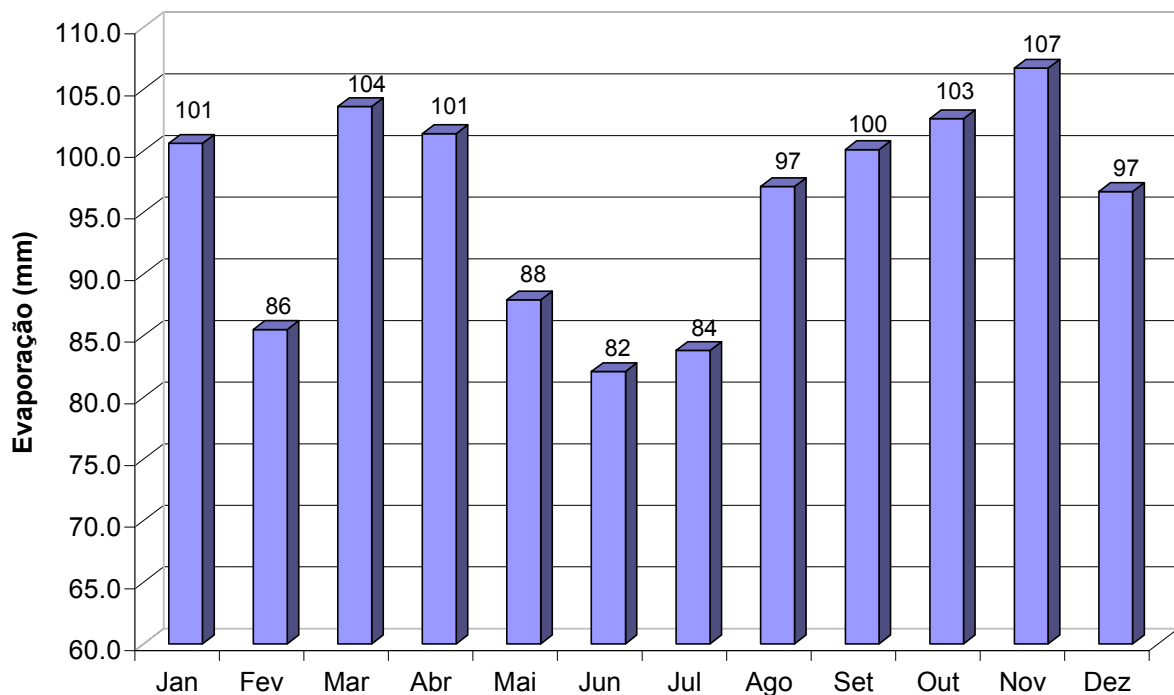


Figura 5.1.2-33 – Evaporação média mensal em Caravelas/BA

### 5.1.2.12 Evapotranspiração Potencial

Evapotranspiração potencial é o conjunto dos processos físicos e fisiológicos que promovem a transformação em vapor da água precipitada sobre a superfície do solo.

Angiolella, *et al.* (2005) realizaram a estimativa da evapotranspiração utilizando o método de Thornthwaite (1948) para a mesorregião sul da Bahia, veja Figura 5.1.2-34

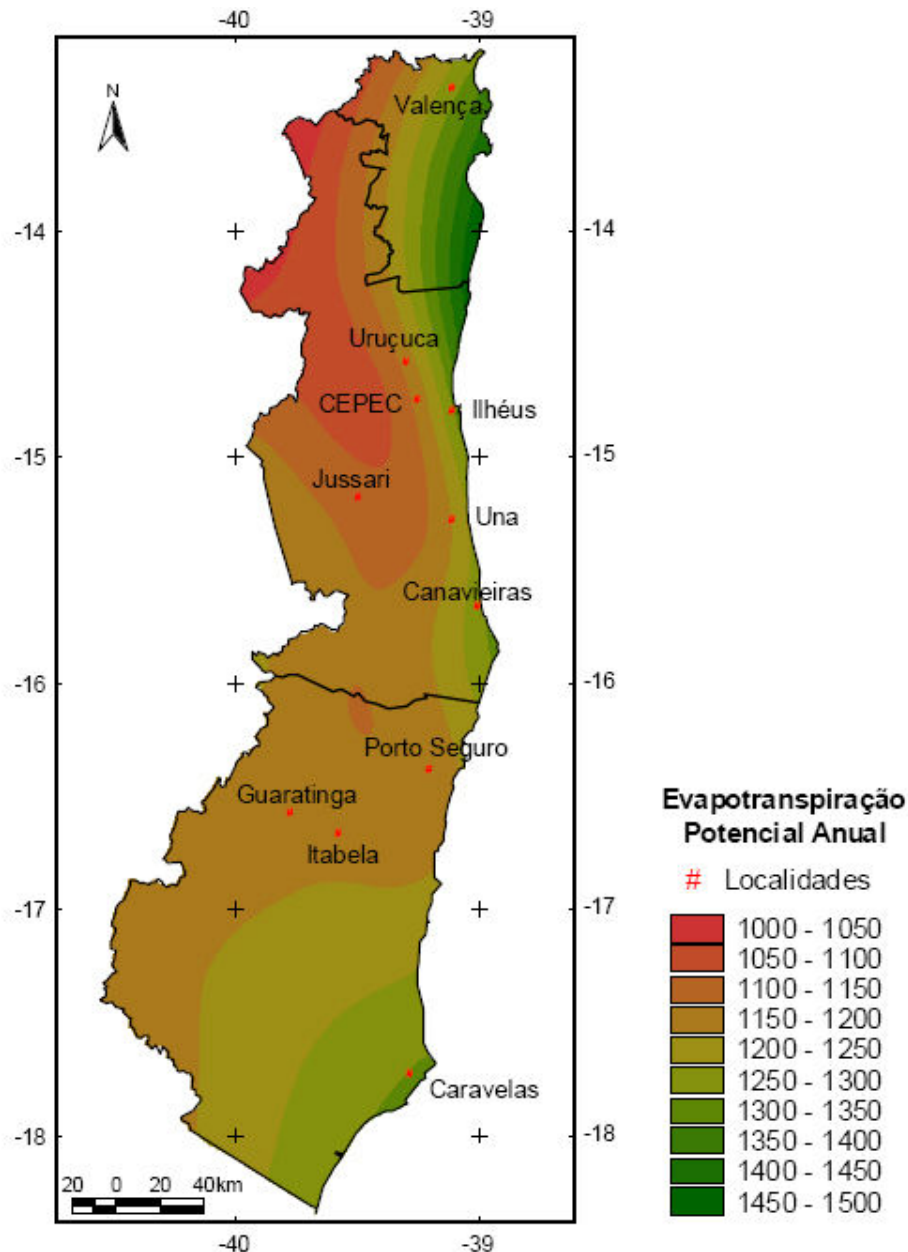


Figura 5.1.2-34 – Evapotranspiração potencial da mesorregião sul da Bahia em mm/ano

A região de Caravelas apresenta níveis de ETP mais elevados nos meses de verão caindo gradativamente até o mês de junho. O valor anual é de aproximadamente 861 mm.

### 5.1.2.13 Evapotranspiração real

Evapotranspiração real é a parcela que ocorre realmente em função da precipitação. A Figura 5.1.2-35 apresenta o resultado obtido por Angiolella, *et al.* (2005) utilizando o método de Thornthwaite (1948).

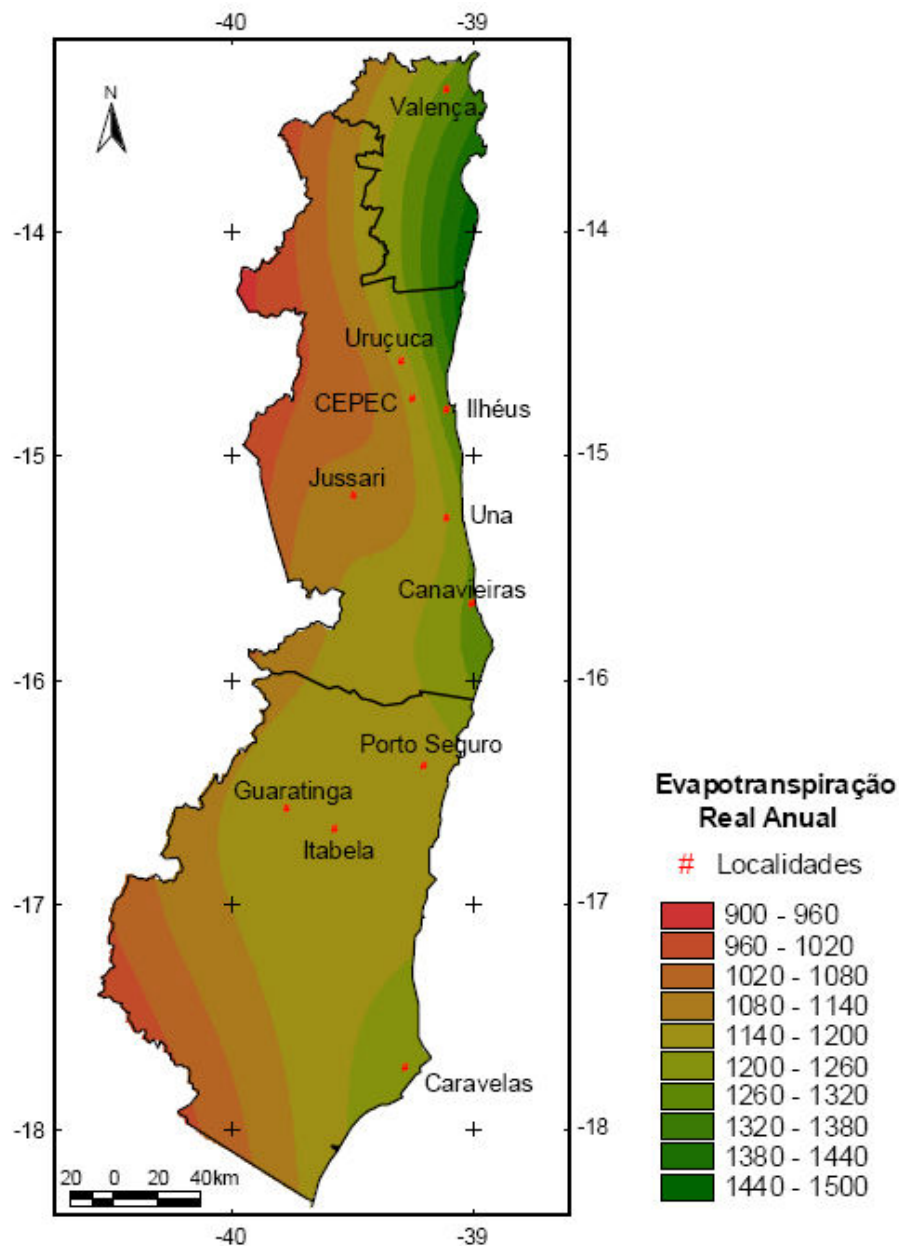
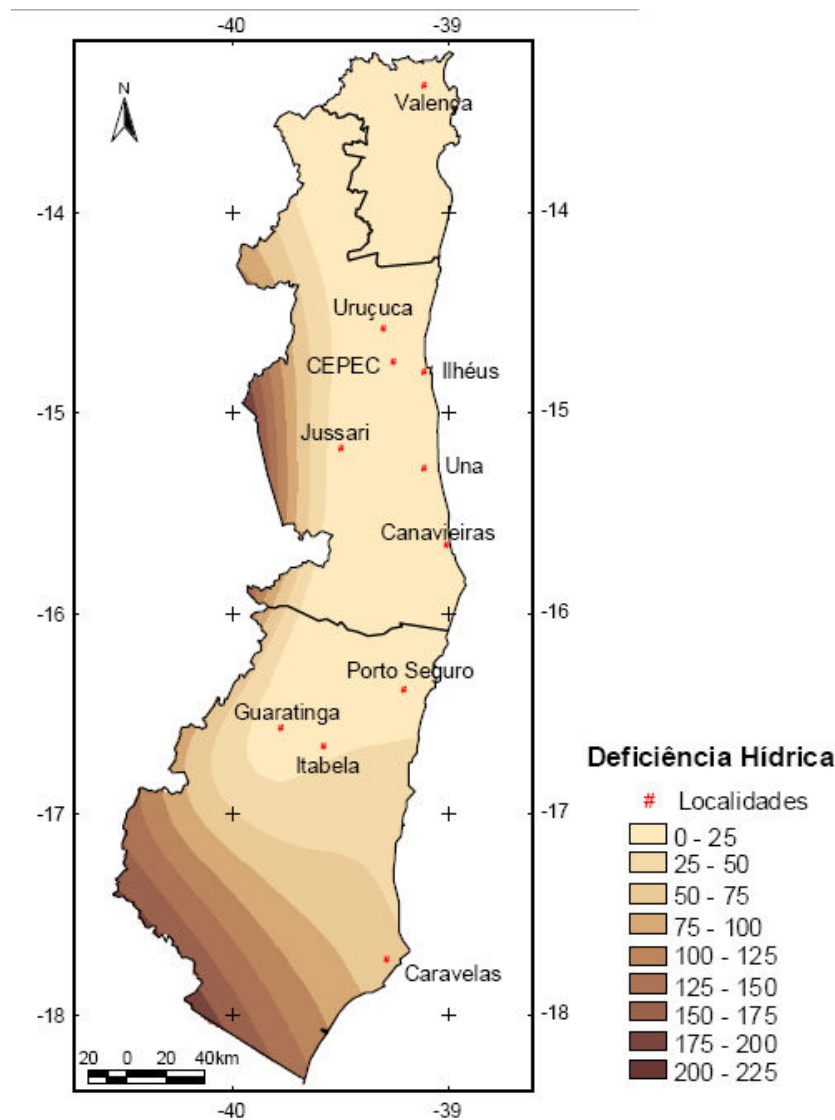


Figura 5.1.2-35 – Evapotranspiração real da mesorregião sul da Bahia em mm/ano

A região de Caravelas apresenta níveis de evapotranspiração real mais elevados nos meses de verão, caindo até o mês de junho, não variando muito ao longo do ano.

#### 5.1.2.14 Balanço Climatológico

O regime de precipitações e a intensidade do processo de evapotranspiração inter-relacionados constituem o ponto de partida para o balanço climatológico. O balanço climatológico apresentado foi realizado segundo a metodologia de Thornthwaite & Mather (1955) *apud* Angiolella, *et al.* (2005) com estimativa da evapotranspiração utilizando o método de Thornthwaite (1948). As Figura 5.1.2-36, Figura 5.1.2-37 e Figura 5.1.2-38 apresentam os resultados.



**Figura 5.1.2-36 – Deficiência Hídrica Anual da mesorregião sul da Bahia em mm/ano**

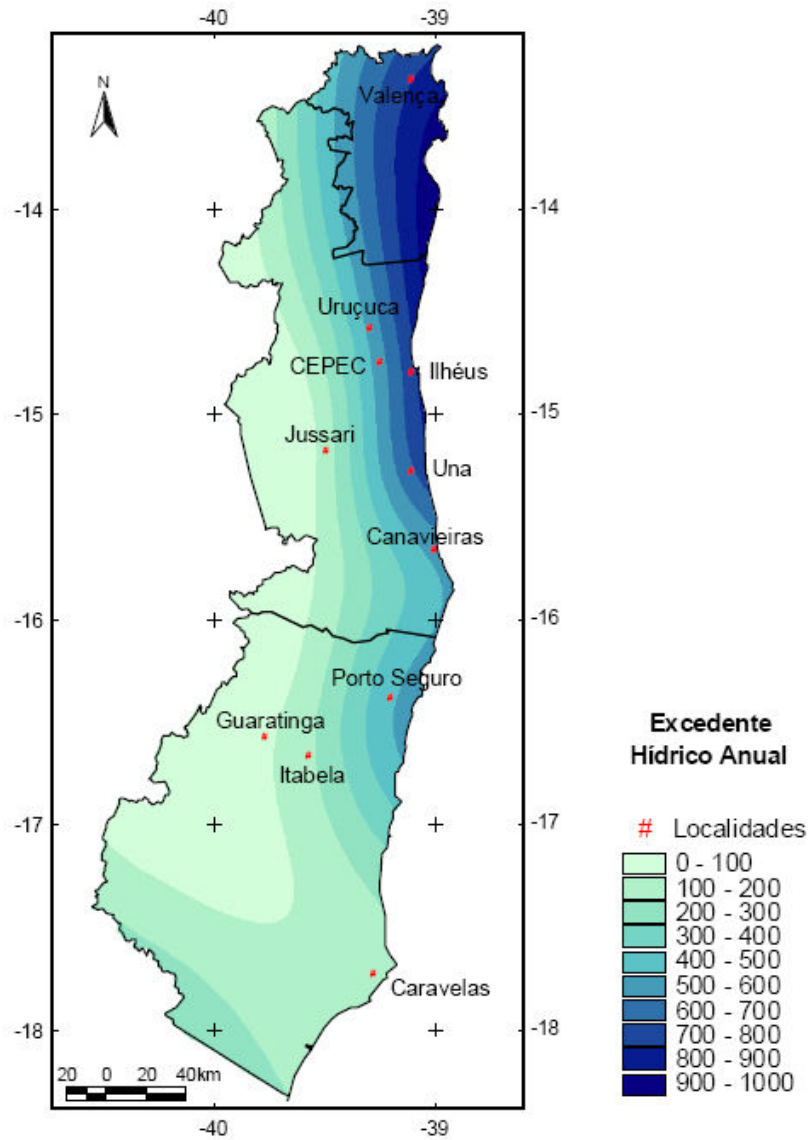
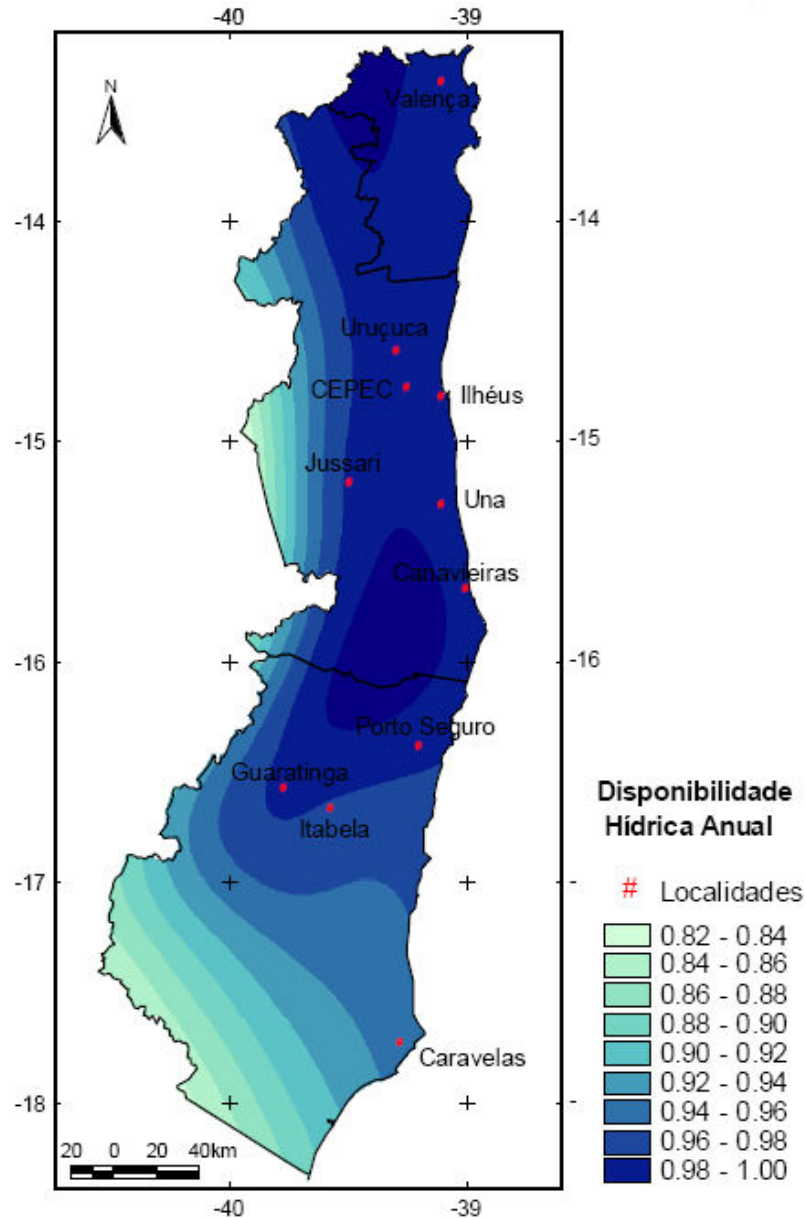


Figura 5.1.2-37 – Excedente Hídrico Anual da mesorregião sul da Bahia em mm/ano



**Figura 5.1.2-38 – Disponibilidade Hídrica Anual da mesorregião sul da Bahia em valores do índice de disponibilidade de água “R”**

Verificou-se que essencialmente não há déficit na região, como era de se esperar devido ao alto índice de pluviosidade, que provoca a saturação do solo durante todo o ano. A baixa deficiência hídrica não chega a prejudicar o desenvolvimento das plantas.



### **5.1.3 Geologia e Geomorfologia**

Esse capítulo apresenta a caracterização das principais unidades geológicas e geomorfológicas da região de estudo e de seu entorno. São apresentados mapas geológicos e geomorfológicos, com a identificação das áreas de influência, além da caracterização dos solos em escala regional e local.

#### **5.1.3.1 Base de dados e Metodologia aplicada**

A caracterização das principais unidades geológicas e geomorfológicas foi realizada com base em pesquisa bibliográfica e levantamento de dados primários e secundários.

A caracterização de solos em escala regional foi realizada com base no mapa geológico produzido em escala aproximada de 1:360.000, no mapa de solos da Bahia em escala de 1:1.000.000 (Embrapa, 1977) e na folha topográfica “Caravelas” 1:100.000 da SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste.

A caracterização de solos na área do empreendimento foi realizada com base em foto-interpretação de fotografias aéreas de 1988 na escala de 1:20.000, considerando a informação do mapa geológico de que os solos são derivados de sedimentos marinhos arenosos holocênicos. Utilizou-se como mapa base a folha topográfica 1:10.000 produzida pela Empresa Jaakko Pöyry, sobre a qual foi traçado o mapa de solos apresentado na escala de 1:20.000. As classes de solos apresentadas correspondem àquelas do novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

#### **5.1.3.2 Arcabouço geológico**

Acredita-se que a costa leste do Brasil teve sua origem a partir da separação entre a América do Sul e a África, o que determinou o arcabouço geológico atual. Como resultado desta herança geológica, a região costeira do sul do Estado da Bahia é caracterizada por possuir uma morfologia que inclui na sua porção mais interna o relevo alto e colinoso do embasamento cristalino, ao sopé do qual foram depositados os sedimentos da Formação Barreiras no final do Terciário. Estes sedimentos formam atualmente os tabuleiros costeiros (Martin, *et al.*, 1999).

A evolução da zona costeira durante o Quaternário esteve intrinsecamente relacionada às variações do clima e do nível relativo do mar, que a modelaram da maneira como a conhecemos hoje, impactando no desenvolvimento de recifes de corais que por sua vez

influenciam fortemente o padrão de circulação costeira e representam um obstáculo ao fluxo livre de sedimentos (Martin, *et al.*, 1999).

De fato, as áreas costeiras constituem-se em ambientes complexos, situados no encontro entre a litosfera, a hidrosfera e a atmosfera, cujo equilíbrio pode ser modificado em função das variações desses três elementos. Enquanto a litosfera condiciona, em grande escala, a morfologia da zona costeira e constitui a principal fonte de sedimentos, a hidrosfera e a atmosfera são transmissores de energia através das circulações atmosférica e oceânica, criando os diferentes agentes dinâmicos naturais (ventos, ondas, correntes, etc.), responsáveis pelo transporte de sedimentos.

As linhas de costa arenosas são feições naturalmente instáveis, sendo que atualmente observa-se uma tendência mundial de recuo, que está relacionada em parte à gradativa subida do nível do mar devido ao descongelamento das geleiras (Worldwatch, 2000 *apud* Azevedo, *et al.*, 2005). Segundo Muehe (1998) *apud* Azevedo, *et al.*, (2005), além da elevação do nível médio do mar, a variação do clima de ondas da região e as variações no suprimento de sedimentos também são responsáveis por estas diferenças negativas de massa nos processos erosivos responsáveis pelo recuo das linhas de costa.

Conforme Andrade (2000), outros fatores que desempenham papel relevante nas mudanças morfológicas ao longo da linha de costa são: a dinâmica de canais e foz de rios, a inversão no sentido do transporte litorâneo e o crescimento de pontais arenosos, principalmente em escalas locais e regionais (Andrade, 2000 *apud* Azevedo, *et al.*, 2005). De acordo com Dominguez & Bittencourt (1996) *apud* Azevedo, *et al.*, (2005), as linhas de costa apresentam erosão em alguns trechos e deposição em outros, particularmente em associação com o crescimento de pontais arenosos; estes podem causar erosão na linha de costa das regiões adjacentes, já que os sedimentos arenosos passam a ser retidos pelos pontais, gerando um déficit no suprimento de sedimentos à sotamar e conseqüentemente erosão nas praias vizinhas.

É importante destacar que o trecho de costa em que está inserida a região objeto deste estudo, do Rio Una até o Rio Mucuri, no sul do Estado da Bahia, apresenta peculiaridades que o destacam do restante da região costeira do Estado da Bahia e de uma maneira mais geral da costa leste do Brasil. As principais características são, segundo Martin, *et al.*, (1999):

- Morfologia peculiar da plataforma continental, que devido à presença dos bancos Royal Charlotte e Abrolhos, atinge larguras de até 120 km defronte à Santa Cruz de Cabrália e de 220 km defronte a Mucuri, com a presença dos recifes coralinos de Abrolhos, que constituem o mais rico complexo coralino do Atlântico Sul.

- A existência ao norte e ao sul de duas grandes planícies sedimentares quaternárias, uma associada à foz do rio Jequitinhonha e a outra sem relação direta com uma desembocadura fluvial (Caravelas);
- Tendência, de longo prazo, à erosão ou de não acumulação de sedimentos na linha de costa na parte central deste trecho, entre as planícies de Caravelas e da foz do rio Jequitinhonha. Isto se reflete no fato de a Formação Barreiras alcançar em muitos lugares diretamente a linha de costa, formando falésias vivas. Entretanto, em reentrâncias existentes na linha de costa ou em regiões protegidas pela presença de recifes de coral, os diferentes depósitos sedimentares quaternários que caracterizam as planícies costeiras de Caravelas e do rio Jequitinhonha são encontrados, embora que pouco desenvolvidos.

### **5.1.3.3 Geologia - Caracterização das Unidades Geológicas presentes na Zona Costeira**

A geologia da área estudada compreende rochas do Pré-Cambriano (Faixa de Dobramentos Araçuaí-Piripá), da Bacia Sedimentar Meso-Cenozóica, das Coberturas Terciárias (Grupo Barreiras) e das Coberturas Quaternárias, veja Figura 5.1.3-1 (Inda & Barbosa, 1978; Barbosa, 1996). A seguir é caracterizada a geologia correspondente a cada período:

#### *5.1.3.3.1 Pré-Cambriano*

As rochas do Pré-Cambriano compreendem, em sua maior extensão, gnaiesses do Proterozóico médio (Rocha & Fuck, 1996), incluindo ainda migmatitos homogêneos circundando granitos de formas circulares. Estas rochas compõem a faixa marginal que limita a borda sudeste do Cráton do São Francisco, conhecida por Faixa de Dobramentos Araçuaí-Piripá (Barbosa, 1996; Rocha & Fuck, 1996). Estas rochas foram afetadas por magmatismo, metamorfismo e deformação durante o Ciclo Brasileiro ocorrido no final do Proterozóico superior (500-600 Ma.) (Rocha & Fuck, 1996).

#### *5.1.3.3.2 Mesozóico-Cenozóico*

Os fenômenos responsáveis pela separação dos continentes Sul-Americano e Africano, ocorridos há aproximadamente 140 Ma (fim do Jurássico e início do Cretáceo), deram origem às bacias sedimentares marginais brasileiras (Ojeda, 1981 e 1983; Figueiredo, 1985; Chang, *et al.*, 1988; Chang, *et al.*, 1990). Conforme Figueiredo (1985), na margem continental adjacente à área estudada estão situadas três pequenas bacias sedimentares que compõem a Bacia Bahia Sul: Mucuri, Cumuruxatiba e Jequitinhonha (Figura 5.1.3-2).

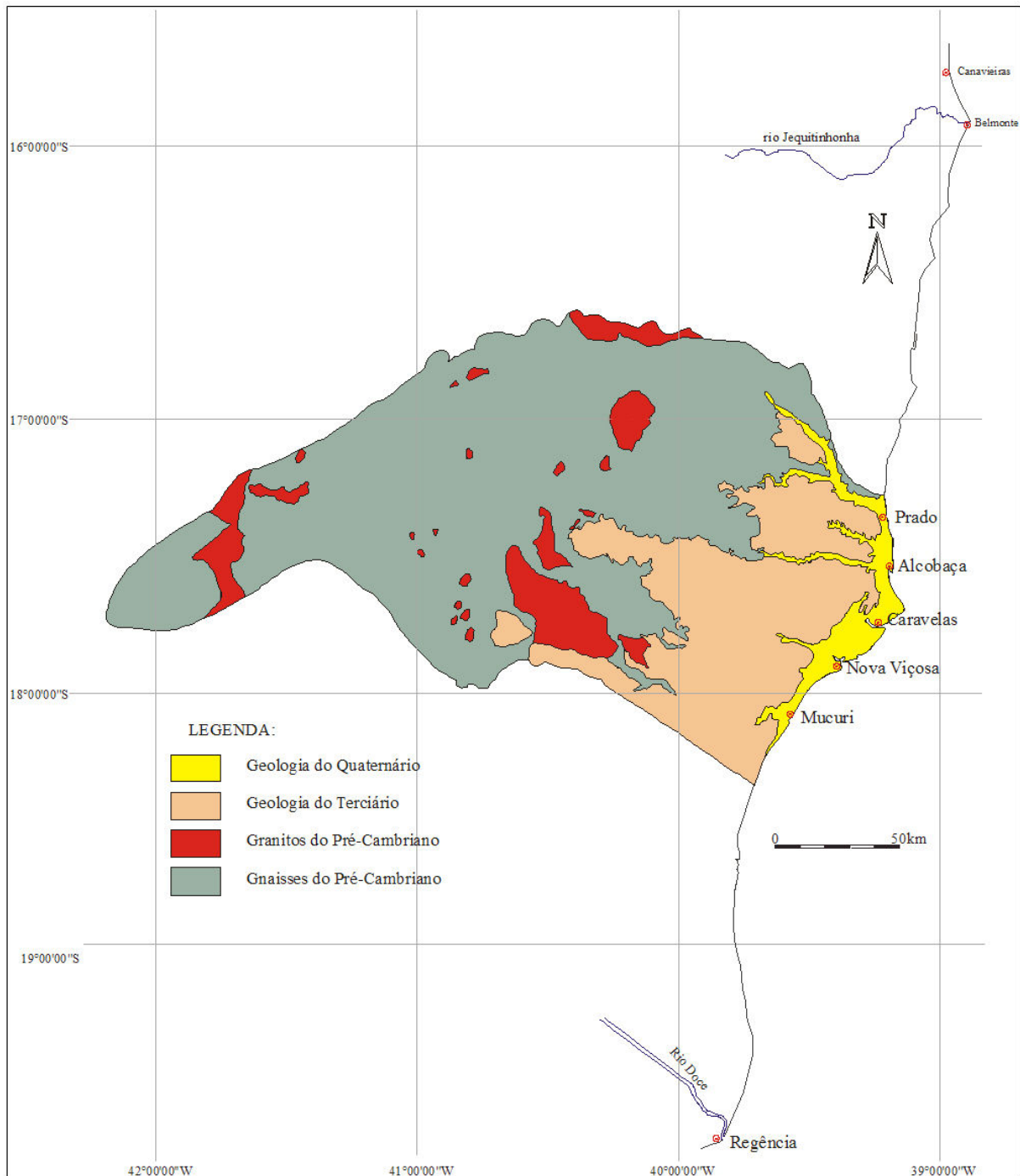
Estas bacias apresentam em conjunto uma área de 18.000 km<sup>2</sup>, sendo que a maior parte se encontra submersa no Oceano Atlântico.

A história da evolução tectono-sedimentar destas bacias é semelhante à das demais bacias da costa leste do Brasil e se deu em 3 principais estágios: rifte, transição e marginal aberta (Asmus & Porto, 1972; Figueiredo, 1985). Estes estágios estão registrados na coluna estratigráfica das bacias de Mucuri, Cumuruxatiba e Jequitinhonha.

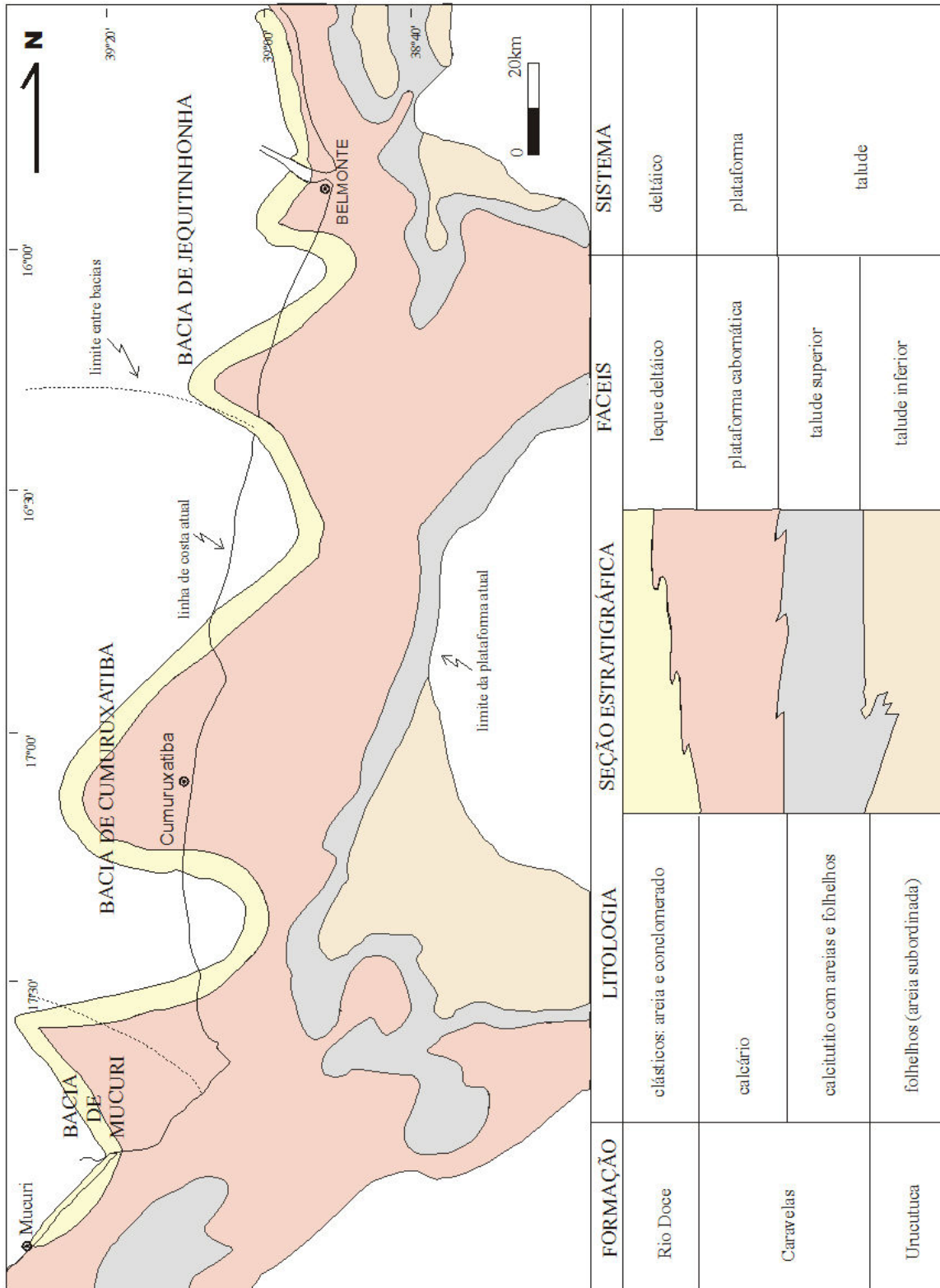
A seqüência estratigráfica superior das bacias de Mucuri, Cumuruxatiba e Jequitinhonha representam um estágio de deposição progradacional e compreende a formação litorânea Rio Doce e as formações marinhas Caravelas e Urucutuca (Fisher, *et al.*, 1974; Vilas Boas, 1996), veja Figura 5.1.3-2.

A partir do Eoceno, foram depositados folhelhos não-calcíferos ou pouco calcíferos, com intercalações subordinadas de calcário e arenito (Formação Urucutuca), que compreendem sedimentos acumulados no talude continental (Fisher, *et al.*, 1974; Figueiredo, 1985; Chang, *et al.*, 1990; Vilas Boas, 1996). A Formação Caravelas, de origem plataformal (Fisher, *et al.*, 1974; Figueiredo, 1985; Chang, *et al.*, 1990; Vilas Boas, 1996), apresenta espessura estimada em 2.800 metros (Asmus & Porto, 1972). Na parte superior predominam calcarenitos e na parte inferior calcilutitos com menores proporções de margas, folhelhos e arenitos. Esta formação não aflora na área estudada e se estende, em subsuperfície, entre as latitudes 17°30' e 17°50' S. A oeste se prolonga até a longitude 39°30' W (Carvalho & Garrido, 1966), veja Figura 5.1.3-2.

A Formação Rio Doce compõe os sedimentos do complexo litorâneo, de origem deltáica (Vilas Boas, 1996), e é predominantemente clástica, constituída por arenito arcósico, fino a grosso, localmente conglomerático, com intercalações subordinadas de folhelho e siltito.



**Figura 5.1.3-1 – Mapa simplificado apresentando as principais unidades geológicas presentes na região sul do Estado da Bahia (modificado de Andrade, 2000)**



**Figura 5.1.3-2 – Paleogeografia e sistemas deposicionais das bacias sedimentares de Mucuri, Cumuruxatiba e Jequitinhonha durante o Cretáceo/Terciário (modificado de Fisher, *et al.*, 1974)**

#### 5.1.3.3.3 Coberturas Terciárias

A partir do final do Terciário ocorreu mais um episódio progradacional que afetou as bacias marginais, dando origem aos sedimentos do Grupo Barreiras e aos depósitos litorâneos (Figura 5.1.3-1). No final do Terciário e início do Quaternário, em um período de clima mais seco, foram depositados sob a forma de leques aluviais coalescentes, no sopé das encostas do embasamento cristalino, os sedimentos que compõem o Grupo Barreiras. A deposição deste grupo pode não estar associada somente às mudanças climáticas, mas também a movimentos epirogênicos ocorridos no Terciário Inferior (Andrade & Lins, 1963; Bigarella, 1975; Ghighone, 1979 *apud* Vilas Boas, 1996). Durante a deposição deste grupo, o nível relativo do mar era mais baixo que o atual e, portanto, seus sedimentos recobriram, segundo Bigarella & Andrade (1964), parte da plataforma continental adjacente.

O Grupo Barreiras é constituído por sedimentos terrígenos, argilas, areias e cascalhos, geralmente afossilíferos, pouco ou não consolidados, variegados, com estratificação irregular, geralmente indistinta (Vilas Boas, 1996). De acordo com dados de poços estratigráficos perfurados pela Petrobrás, em vários locais da Bacia Bahia Sul (Carvalho & Garrido, 1966), a espessura do Grupo Barreiras varia desde poucos metros até 250 metros. As relações estratigráficas entre o Grupo Barreiras e as formações Caravelas e Rio Doce não são bem conhecidas (Lima & Macedo, 1983).

#### 5.1.3.3.4 Coberturas Quaternárias

Os depósitos quaternários, compreendendo terraços arenosos de origem marinha, recifes de coral, bancos de arenitos, terras úmidas e depósitos lagunares, tiveram sua deposição modulada não só pelas variações do nível relativo do mar e das circulações atmosféricas e oceânicas, mas também pelas modificações da cobertura vegetal relacionada a mudanças climáticas (Martin, *et al.*, 1999).

A planície costeira de Caravelas que engloba sedimentos de origem marinha e fluvio-estuarina é constituída por uma série de feixes de cordões arenosos que apresentam inúmeros truncamentos e mudanças de orientação. Essas feições são indicadores geomorfológicos de inversões no sentido da deriva litorânea ocorridas ao longo do Quaternário (Bittencourt, *et al.*, 2000 *apud* Azevedo, *et al.*, 2005) e provenientes das variações do nível relativo do mar e das mudanças climáticas, tendo sido recentemente modeladas por Andrade, *et al.*, (2003).

Martin, *et al.*, (1980) mapearam em escala regional (1:250.000) os depósitos quaternários da costa do Estado da Bahia. Em escala mais detalhada (1:100.000) Andrade, (1994), individualizou os depósitos quaternários na planície costeira de Caravelas.

#### 5.1.3.4 Geomorfologia – Unidades Geomorfológicas

Quatro importantes unidades geomorfológicas compõem a paisagem nas vizinhanças da área estudada: Planaltos, Serras e Colinas; Tabuleiros Costeiros; Planície Costeira e Recifes de Corais. A Figura 5.1.3-3 apresenta as três primeiras, sendo que os recifes podem ser observados em melhor detalhe na Figura 5.1.3-4.

Os Tabuleiros Costeiros constituem os sedimentos areno-argilosos de idade terciária do Grupo Barreiras estando em contato com a Planície Costeira através de uma linha de falésias inativas. As falésias ativas ocorrem ao Sul e ao Norte da Planície Costeira de Caravelas/BA, onde os Tabuleiros Costeiros alcançam a linha de costa (Andrade & Dominguez, 2002).

A Planície Costeira de Caravelas e os Recifes de Corais, da forma que conhecemos hoje, desenvolveram-se durante o Quaternário devido às variações do nível relativo do mar e de mudanças climáticas.

Cabe salientar que a geomorfologia costeira da área de influência direta do empreendimento está descrita, em mais detalhes, no item 5.1.5 que trata da Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira.

##### 5.1.3.4.1 Planaltos, Serras e Colinas

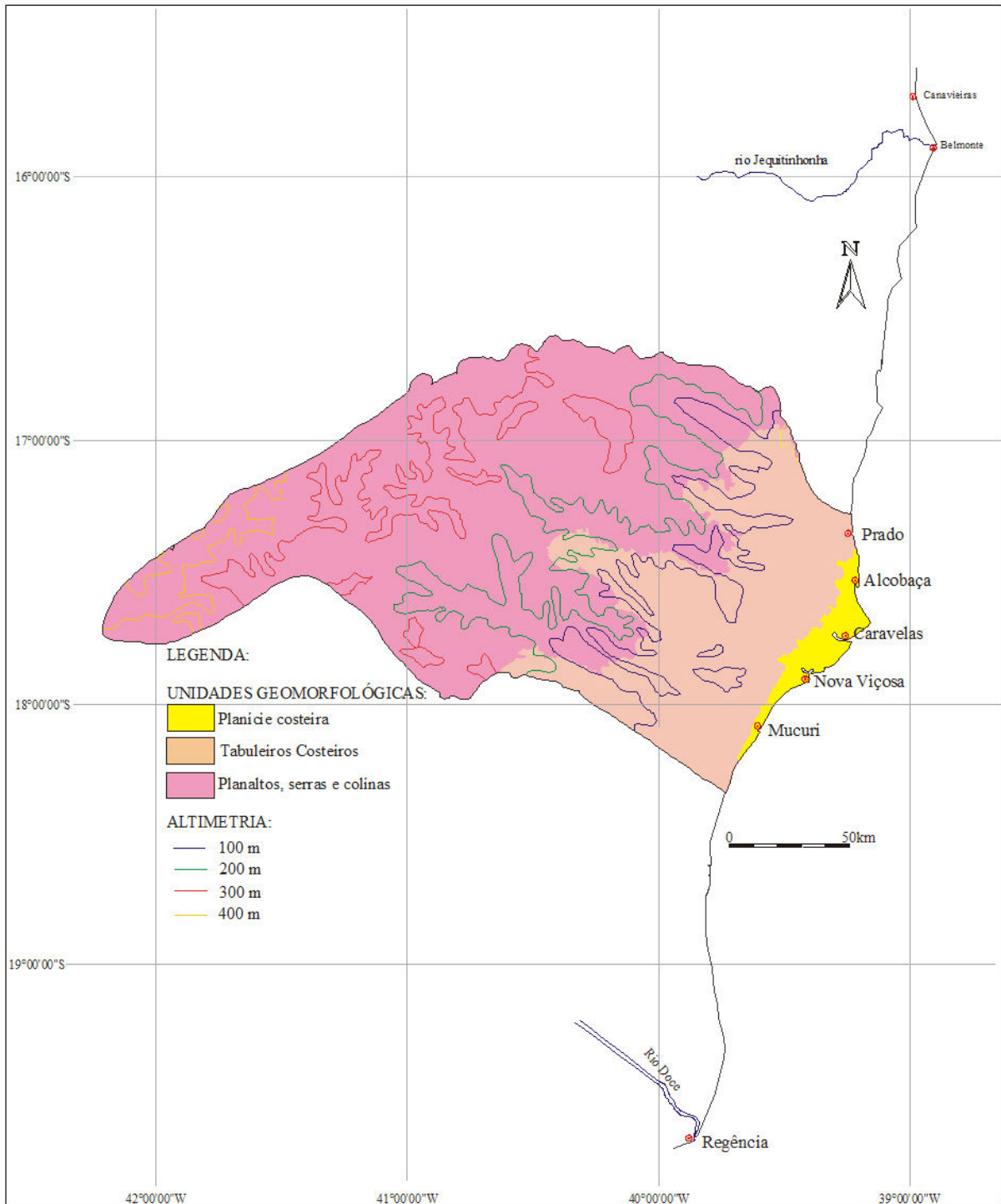
Esta unidade compreende rochas do Pré-Cambriano (grandes corpos graníticos intrudidos em rochas predominantemente gnáissicas) e é caracterizada pela marcante orientação estrutural de suas feições morfológicas, onde estão presentes grandes desníveis topográficos, escarpamentos e linhas de cumeada (Valadão, 1998).

O relevo é montanhoso, com altitudes em torno de 800 m a 1.000 m, podendo atingir, nas áreas de topos até 1.200 m. As nascentes dos rios Jucuruçu e Itanhém encontram-se a 1.156 m de altitude (Mendes, *et al.*, 1987). No limite entre os estados da Bahia e Minas Gerais ocorre um extenso planalto, coberto por sedimentos. Nas áreas onde este planalto está dissecado, surgem morros e serras (Rocha & Fuck, 1996).

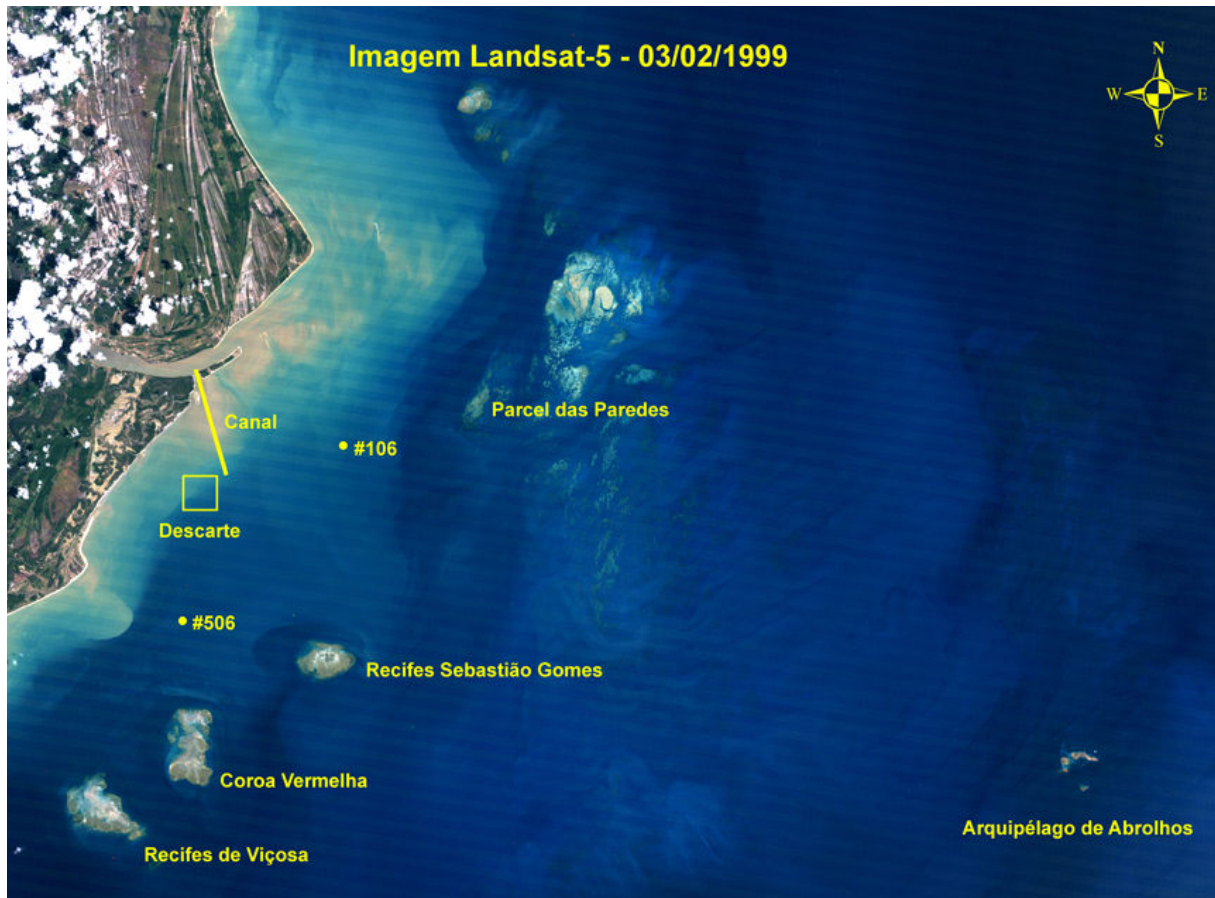
Na maior parte da área, a dissecção diferencial promove escavações em sulcos profundos com encostas fortemente inclinadas, originando feições de relevo proeminentes, representadas por morros e cristas orientados por fraturas e falhas de direção NW-SE e SW-NE. No restante da área ocorrem feições convexas relacionadas à dissecção homogênea. As falhas e fraturas, decorrentes da intrusão de corpos graníticos, imprimem à drenagem um padrão radial (Mendes, *et al.*, 1987).



O relevo plano é composto principalmente por formas resultantes da dissecação homogênea, podendo ocorrer também formas resultantes da dissecação diferencial. Nos locais onde predomina a dissecação homogênea, os interflúvios são tabulares, convexos e ligeiramente abaulados. As encostas são geralmente convexas, com declividade em torno de 2° a 11°, podendo atingir até 24°. As formas proeminentes, resultantes da dissecação diferencial, ocorrem ocasionalmente (Mendes, *et al.*, 1987). Os vales mostram-se geralmente largos e com fundo chato, constituindo planícies aluviais. A rede de drenagem apresenta um padrão dendrítico.



**Figura 5.1.3-3 – Mapa simplificado mostrando as principais unidades geomorfológicas presentes na região sul do Estado da Bahia (modificado de Andrade, 2000)**



**Figura 5.1.3-4 – Recifes de Corais (Imagem de Satélite Landsat-5)**

#### 5.1.3.4.2 *Tabuleiros Costeiros*

Os tabuleiros costeiros constituem uma unidade desenvolvida sobre os sedimentos da Formação Barreiras, que é uma cobertura sedimentar terrígena continental, de idade pliocênica. Dispondo-se como uma faixa contínua beirando toda a zona costeira do sul do Estado da Bahia, a Formação Barreiras constitui a unidade litoestratigráfica de maior expressão aflorante, ocupando cerca de 70 - 80% da sua superfície (Martin, *et al.*, 1999)

Os tabuleiros costeiros caracterizam-se por interflúvios planos entalhados por inúmeros vales em forma de "U", com paredes íngremes e fundo chato. Os principais rios da região (Mucuri, Peruípe, Itanhém e Jucuruçu) possuem vales largos preenchidos por aluviões e divagam formando meandros. A rede de drenagem instalada nos tabuleiros apresenta um padrão paralelo a sub-paralelo (Mendes, *et al.*, 1987), com a presença, ainda, de inúmeras lagoas.

Os depósitos dos Tabuleiros Costeiros são constituídos por sedimentos areno-argilosos, pobremente selecionados, com permeabilidade moderada e níveis cimentados por óxido de ferro (Andrade & Dominguez, 2002). Esses sedimentos têm grande ocorrência ao longo da costa brasileira, estendendo-se desde o vale amazônico, por toda a região norte, nordeste e leste, até o Estado do Rio de Janeiro (Martin, *et al.*, 1999).

A oeste desta unidade, em direção ao interior do continente, encontra-se a unidade de planaltos, serras e colinas. A leste desta unidade encontra-se a Planície Costeira. Os Tabuleiros estão em contato com a Planície Costeira através de uma linha de falésias inativas. Ao norte e ao sul da planície costeira os tabuleiros alcançam a linha de costa, formando falésias ativas.

#### 5.1.3.4.3 Planície Costeira

A planície costeira possui largura variável, podendo constituir desde faixas de praia muito estreitas a planícies de cordões litorâneos que chegam a alcançar até 15 km de largura, como ocorre na região da cidade de Caravelas. Esta unidade compreende depósitos de origem marinha, fluvial e lagunar, além de inúmeras terras úmidas, que testemunham a complexa evolução geomorfológica da área no decorrer do Quaternário.

A planície pode ser dividida em seis unidades geológico-geomorfológicas principais (Figura 5.1.3-5): Terraços Marinheiros Pleistocênicos, Depósitos Lagunares, Terraços Marinheiros Holocênicos, Brejos, Planícies de Maré/Manguezais e Praias.

##### 5.1.3.4.3.1 Terraços Marinheiros Pleistocênicos

Os Terraços Arenosos Internos, de idade pleistocênica, ocorrem na porção interna da planície e apresentam relevo plano à levemente ondulado, com altitudes variando de 6 a 11 metros, ocorrendo na porção interna da planície costeira. Apresentam em sua superfície vestígios de antigas cristas de cordões litorâneos (Figura 5.1.3-5). Os cordões litorâneos pleistocênicos são largos, em média com cerca de 40 metros de largura e são separados entre si por zonas baixas que podem ou não estar ocupadas por terras úmidas (Andrade & Dominguez, 2002).

Martin, *et al.*, (1982) atribuíram uma idade de 123.000 anos A.P. para terraços com estas características na região de Olivença, Ilhéus/BA, baseados em datações pelo método  $^{14}\text{C}$  de fragmentos de coral coletados na base do terraço.

Estes terraços são constituídos por sedimentos arenosos, de granulometria média a grossa, de cor variando de branca a marrom, bem selecionados e com boa permeabilidade. É um material pouco coeso, à exceção de um nível cimentado por ácidos húmicos situado a 3-4

metros abaixo da superfície. A espessura total deste terraço situa-se na ordem de uma ou duas dezenas de metros. (Andrade & Dominguez, 2002).

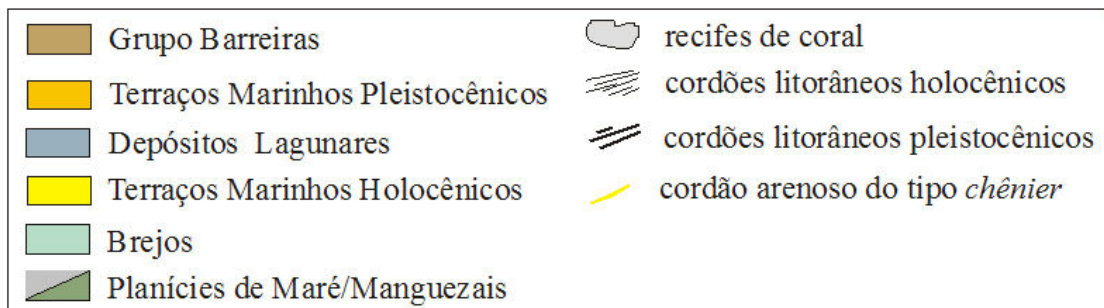
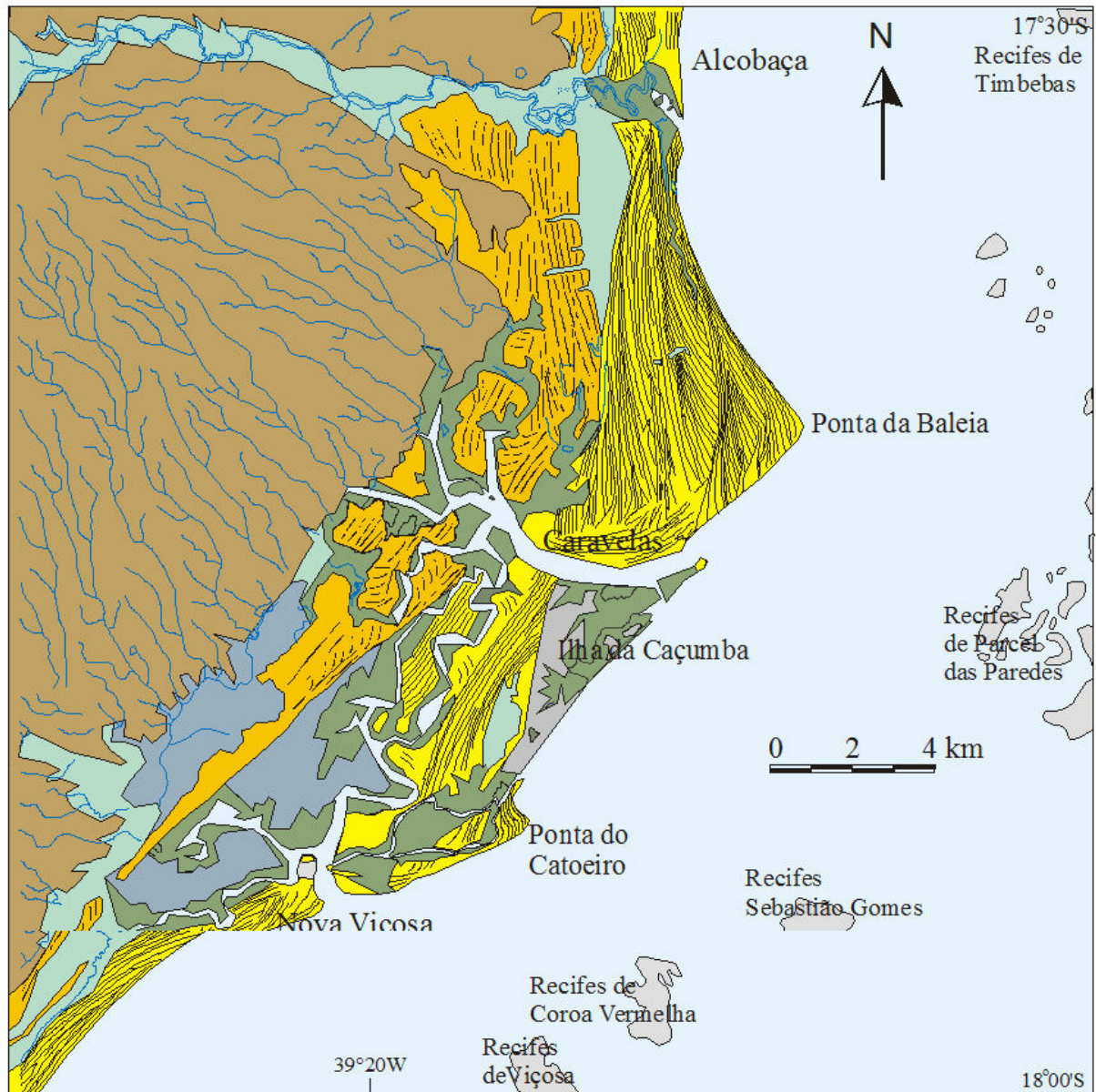
#### **5.1.3.4.3.2 Terraços Marinheiros Holocênicos**

Os Terraços Marinheiros Holocênicos apresentam altitudes variando de poucos centímetros a seis metros e ocupam uma grande extensão na planície costeira de Caravelas. Estão localizados próximos à linha de praia atual e apresentam uma topografia levemente ondulada devido à presença, em superfície, de cristas de cordões litorâneos. Os cordões são bem delineados, estreitos, pouco elevados, quase sempre paralelos entre si e com continuidade lateral, que são por vezes interrompidos por cursos d'água. São separados por zonas baixas, muitas vezes ocupados por terras úmidas. Segundo Andrade & Dominguez (2002), estas areias apresentam alta sustentabilidade quando não existe possibilidade de fuga.

Os Terraços Marinheiros Holocênicos são constituídos por areias finas a médias, com boa permeabilidade, de cor amarelada, bem selecionada e com a presença de níveis de conchas de moluscos. Ao sul do canal de Caravelas, na Ilha Cassurubá, os depósitos arenosos deste terraço apresentam espessura de poucos metros (aproximadamente 3 metros) e se assentam diretamente sobre lamas plásticas de cor cinza de origem plataformal com presença de estratificações cruzadas do tipo hummocky.

Datações de conchas de moluscos presentes neste terraço apresentaram idades variando de 4.800 a 2.300 anos A.P. As lamas plásticas de cor cinza sobre as quais se assentam os depósitos arenosos deste terraço forneceram idades variando entre 7.500 e 3.900 anos A.P (Andrade, 2000).

A Figura 5.1.3-6 apresenta uma fotografia de cortesia do Centro Espacial Johnson da Nasa, em que observa-se em detalhe os cordões litorâneos presentes nos terraços marinhos Pleistocênicos e Holocênicos.



**Figura 5.1.3-5 – Mapa geológico-geomorfológico da planície quaternária de Caravelas (modificado de Andrade, 2000)**



**Figura 5.1.3-6 – Detalhe dos cordões litorâneos (cortesia da NASA), fotografia de 23/12/2006**

#### **5.1.3.4.3.3 Depósitos Lagunares**

Os Terraços Argilosos constituem os Depósitos Lagunares Holocênicos Aflorantes, que apresentam topografia plana; ocorrem principalmente na porção a SW da Ilha Cassurubá, à aproximadamente 1 metro acima do nível da preamar máxima atual. Esta unidade é constituída por sedimentos lamosos, de cor cinza a marrom, moderadamente consolidados, com baixa permeabilidade e com a presença de conchas principalmente de ostras, as quais em sua grande maioria se encontram em posição de vida. Conchas de moluscos bivalves e de ostras presentes neste depósito forneceram idades variando entre 6.800 e 5.000 anos A.P. (Andrade, 2000).

#### **5.1.3.4.3.4 Planícies de Maré / Manguezais**

Os manguezais e as planícies de maré (ou praias lamosas) são considerados ecossistemas de transição entre o ambiente oceânico e terrestre. Assim, devido a esta condição, sofrem influência dos processos marinhos e terrestres, inclusive sob efeito das atividades antrópicas desenvolvidas no continente, além dos processos atmosféricos.

A presença de uma ampla planície de maré, desenvolvida em terrenos topograficamente planos e baixos, protegidos da ação de ondas e sob a influência de inundações regulares da água do mar, caracteriza a porção sul da planície costeira de Caravelas (veja Figura 5.1.3-5). A área é cortada por inúmeros canais (tidal creeks), que servem de conduto para a entrada e saída das marés.

Parte da planície de maré é colonizada por bosques de mangue (região de intermarés), enquanto outras são desprovidas de vegetação (região de supramaré). Na planície de Caravelas foram identificados os seguintes gêneros de mangue: *Rhizophora* (mangue-vermelho), *Laguncularia* (mangue-branco), *Avicennia* (mangue-siriúba) e *Conocarpus* (mangue-de-botão). As áreas caracterizadas pela ausência ou redução de vegetação compreendem as partes mais internas e elevadas da planície (região de supramaré), onde a evaporação provoca uma maior concentração de sais localmente evidenciados pela presença de cristais de sal na superfície. Nestas áreas podem estar presentes formas herbáceas (capim-do-mangue).

Os depósitos de planície de maré/manguezais são constituídos por sedimentos argilo-siltosos, plásticos e inconsistentes, ricos em matéria orgânica, restos de madeira e conchas. Trata-se de solos com elevada concentração de sais diversos provenientes da água do mar, compostos de enxofre e deficiência de oxigênio. Na superfície da planície de maré estão presentes cordões arenosos isolados, conchíferos, do tipo chênier.

#### **5.1.3.4.3.5 Brejos**

Os brejos e depósitos associados (antigos sedimentos lagunares) ocupam principalmente as zonas baixas que separam os Terraços Marinheiros Pleistocênicos dos Holocênicos, os vales dos rios e riachos e as zonas intercordões (veja Figura 5.1.3-5). Os brejos são áreas sujeitas à inundação; podem permanecer secos em períodos de estiagem prolongada, mas em função do clima desta região, geralmente estão alagados com água doce (Andrade & Dominguez, 2002).

O substrato desta unidade é constituído normalmente por sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica, plásticos e com baixa permeabilidade; exceção é feita para as regiões intercordões, onde o substrato é arenoso. A porção superior pode ser capeada por uma camada de turfa com espessura variável. Sobre estes depósitos desenvolvem-se as vegetações hidrófilas, típicas de áreas alagadas.

#### **5.1.3.4.3.6 Praias**

A praia é um sistema em “equilíbrio dinâmico” e esse dinamismo é representado pelas fases de erosão e deposição, cujos principais fatores controladores são: nível do mar, energia de



ondas e marés, suprimento de sedimentos e atividades antrópicas (Hanson, 1988; Pilkey, 1991 *apud* Andrade & Dominguez, 2002).

Nas proximidades da Ponta da Baleia, próximo à Barra de Caravelas e na faixa compreendida entre a Barra do Tomba e a Barra Nova, na Ilha Cassurubá, afloram na praia antigos depósitos de manguezais (sedimentos argilosos orgânicos). Esses depósitos encontram-se atualmente sofrendo processos erosivos devido à exposição de ondas.

Andrade & Dominguez (2002), observaram por meio de evidências de campo e da comparação de fotografias aéreas tomadas em diferentes épocas (1955, 1975, 1989, 1991) para a região de Caravelas, trechos da linha de costa que apresentaram alterações perceptíveis em sua geometria durante as últimas décadas. Identificaram-se também trechos da linha de costa em erosão (ou recuo), trechos em acumulação (ou progradação) e trechos em equilíbrio.

Ainda na região de interesse, pode-se verificar uma área de mudança generalizada, que corresponde às desembocaduras dos rios Peruípe e Itanhém, onde ocorre erosão ou acumulação de sedimentos. As desembocaduras fluviais são parcialmente obstruídas por pontais arenosos e apresentam um complexo padrão de mudanças relacionadas à própria dinâmica de funcionamento destas embocaduras. Nestas áreas, flutuações nas vazões dos rios e das correntes de maré alteram as dinâmicas costeiras, provocando assim, erosão e deposição localizadas. Estas erosões ou deposições não estão necessariamente relacionadas às tendências apresentadas pela linha de costa e regiões afastadas da desembocadura.

A Figura 5.1.3-7 apresenta a tendência de comportamento da linha de costa para o extremo sul do Estado da Bahia relativamente aos processos de recuo e progradação de linha de costa. Segundo Muehe (2006), a região de Caravelas, da Ponta do Catoeiro até a Ponta da Baleia, apresenta comportamento erosivo.



**Figura 5.1.3-7 – Tendências de comportamento da linha de costa para a região do extremo sul do Estado da Bahia, adaptado de Muehe, 2006**

#### 5.1.3.4.4 Recifes de Corais

Um recife de coral, sob o ponto de vista geomorfológico, é uma estrutura rochosa, rígida, resistente à ação mecânica das ondas e correntes marinhas, e construída por organismos marinhos (animais e vegetais) portadores de esqueleto calcário (Leão, 1994 *apud* Martin, *et al.*, 1999).

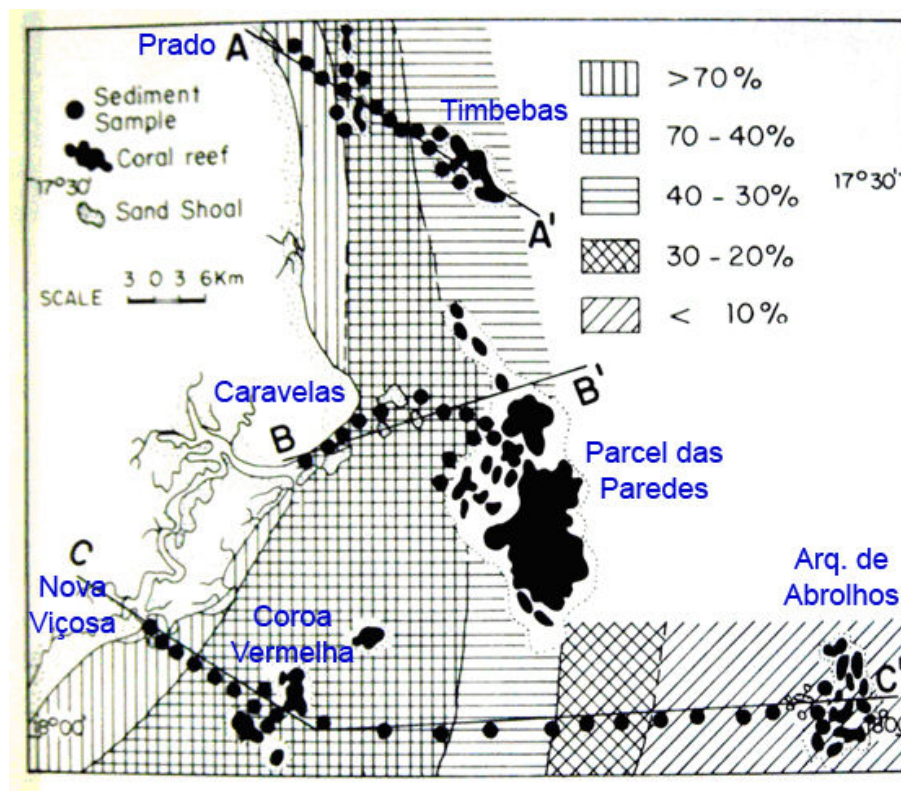
O litoral sul do Estado da Bahia contempla os maiores e os mais ricos recifes de coral de toda a costa brasileira, sendo a região de Abrolhos o local com maior incidência destes (Leão, 1982, 1994 *apud* Martin, *et al.*, 1999). O número de espécies de corais é quatro vezes menor que o número de espécies descritas para os recifes do Atlântico Norte e muitas delas são espécies endêmicas, arcaicas, isoladas de uma fauna de idade Terciária a qual se tornou resistente ao estresse provocado pela turbidez periódica das águas brasileiras (Leão, 1999).

Defronte ao município de Porto Seguro, a plataforma continental leste brasileira tem largura de aproximadamente 100 km, formando o Banco Royal Charlotte e em frente da região de

Caravelas apresenta-se com uma largura excepcional de cerca de 200 km constituindo o Banco de Abrolhos (Martin, *et al.*, 1999).

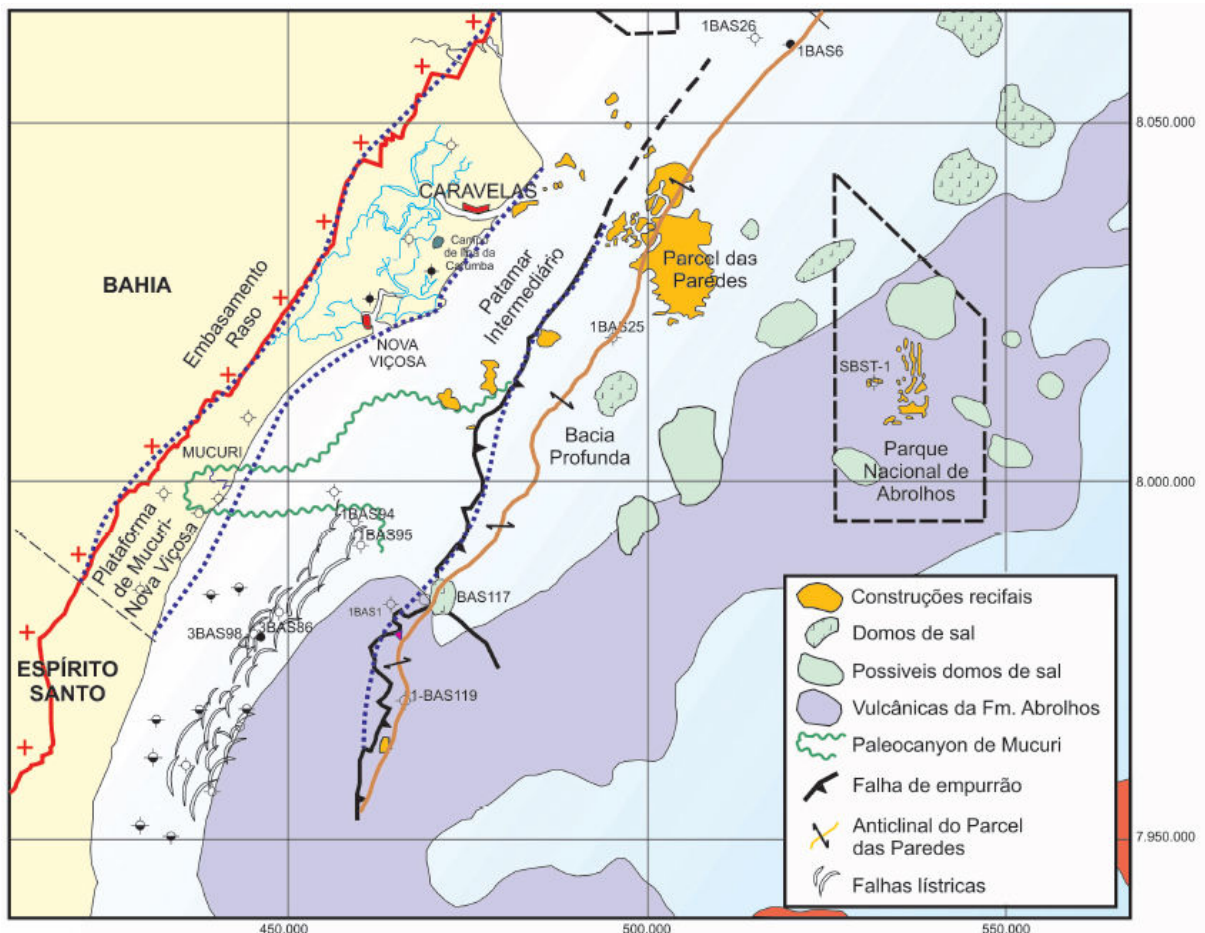
O Arquipélago dos Abrolhos está localizado a cerca de 70 km da costa do município de Caravelas e compreende cinco ilhas vulcânicas circundadas por recifes de franja. As formações recifais de Abrolhos estão espalhadas em uma área de 6 mil km<sup>2</sup>, chegando a atingir 15 km de comprimento e 5 km de largura. Os recifes de Abrolhos estão dispostos em dois arcos: um interno, mais próximo à costa e que emerge de profundidades em redor de 10 m e um outro arco, externo, disposto ao largo do Arquipélago, em direção à borda da plataforma continental (Leão, 1996).

Em contraste com a predominância de sedimentação carbonática na maioria dos recifes dos mares tropicais, os recifes costeiros do Banco de Abrolhos chegam a estar circundados por sedimentos lamosos com até 40 a 70% de areias quartzosas e minerais de argilas (Leão, 1999). Os depósitos siliciclásticos dominam nas áreas rasas próximas à costa e no entorno dos recifes costeiros do arco interno, enquanto que para o arco externo predomina o material biogénico (Leão e Ginsburg, 1997), veja Figura 5.1.3-8.



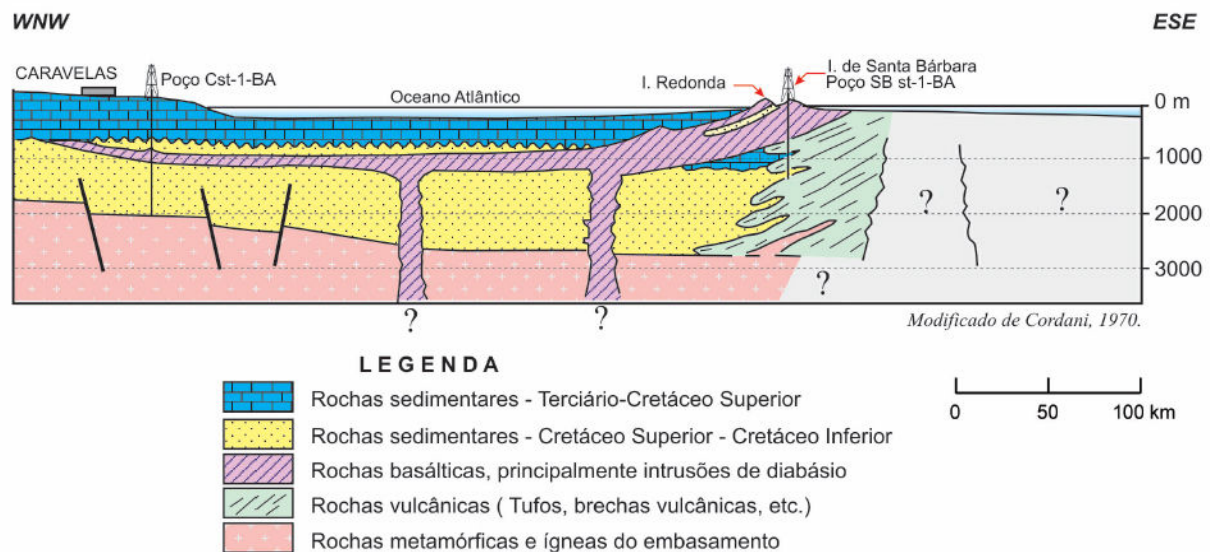
**Figura 5.1.3-8 - Sedimentos superficiais no Banco de Abrolhos - Percentual de sedimentos siliciclásticos, adaptado de Leão e Ginsburg, (1997)**

A Figura 5.1.3-9 apresenta, em escala regional, as principais estruturas da plataforma continental dos Estados do Espírito Santo e Bahia (região de Abrolhos), destacando-se a saliência batimétrica que ocorre na região da plataforma continental em frente a Caravelas, na Bahia e o Parcel das Paredes como um alto fundo coberto por recifes (Mohriak, 2004; França, 2004 *apud* Mohriak, 2006).



**Figura 5.1.3-9 – Mapa geológico mostrando a distribuição de rochas vulcânicas na região de Abrolhos, Mohriak (2006)**

Na Figura 5.1.3-10 abaixo é apresentada uma seção geológica esquemática entre a região de Caravelas e a das ilhas do Arquipélago de Abrolhos.



**Figura 5.1.3-10 – Seção geológica regional entre poços na região emersa (Caravelas) e na plataforma continental (Ilha de Santa Bárbara), Mohriak (2006)**

Segundo Martin, *et al.*, (1999), as estruturas recifais coralinas presente na costa sul da Bahia podem ser classificadas em três tipos principais:

- Recifes superficiais compreendem as construções com menos de 1 m de espessura que, na maioria das vezes, se desenvolveram sobre os corpos de bancos de arenito ou em terraços de abrasão na Formação Barreiras. Esses recifes estão sempre localizados muito próximos da costa. São estreitos, alongados e sempre paralelos à linha da praia, podendo ser considerados como recifes embrionários.
- Bancos recifais adjacentes à praia que correspondem a corpos isolados, comumente alongados e paralelos à costa e com dimensões muito variadas; estão localizados em águas muito rasas e apresentam o topo emerso durante as marés baixas;
- Bancos recifais afastados da costa são estruturas com formas e dimensões muito variadas e na maioria dos recifes apresentando o topo truncado desenvolvendo um platô, podendo ficar total ou parcialmente exposto durante as marés baixas.

Além do banco de Abrolhos, outras formações recifais próximas à costa da área de estudo merecem destaque, sendo elencadas de norte para sul a seguir: Recifes de Prado, Recifes das Timbebas, Parcel das Paredes, Recifes de Sebastião Gomes, Recifes de Coroa

Vermelha e Recifes de Viçosa. Maiores detalhes acerca dos Recifes de Corais são apresentados no item 5.2 correspondente ao meio biótico.

### **5.1.3.5 Solos**

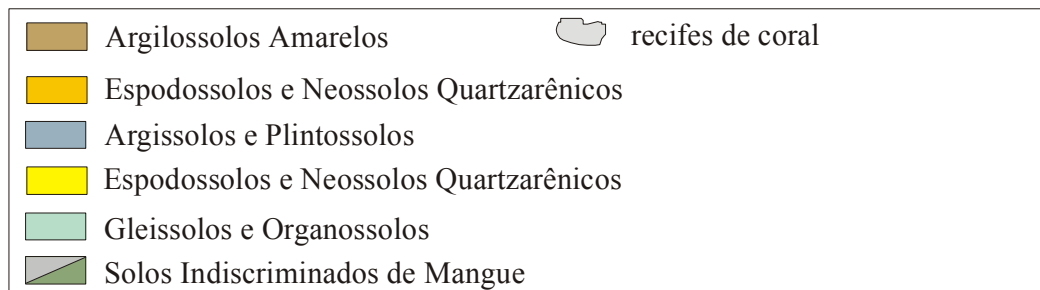
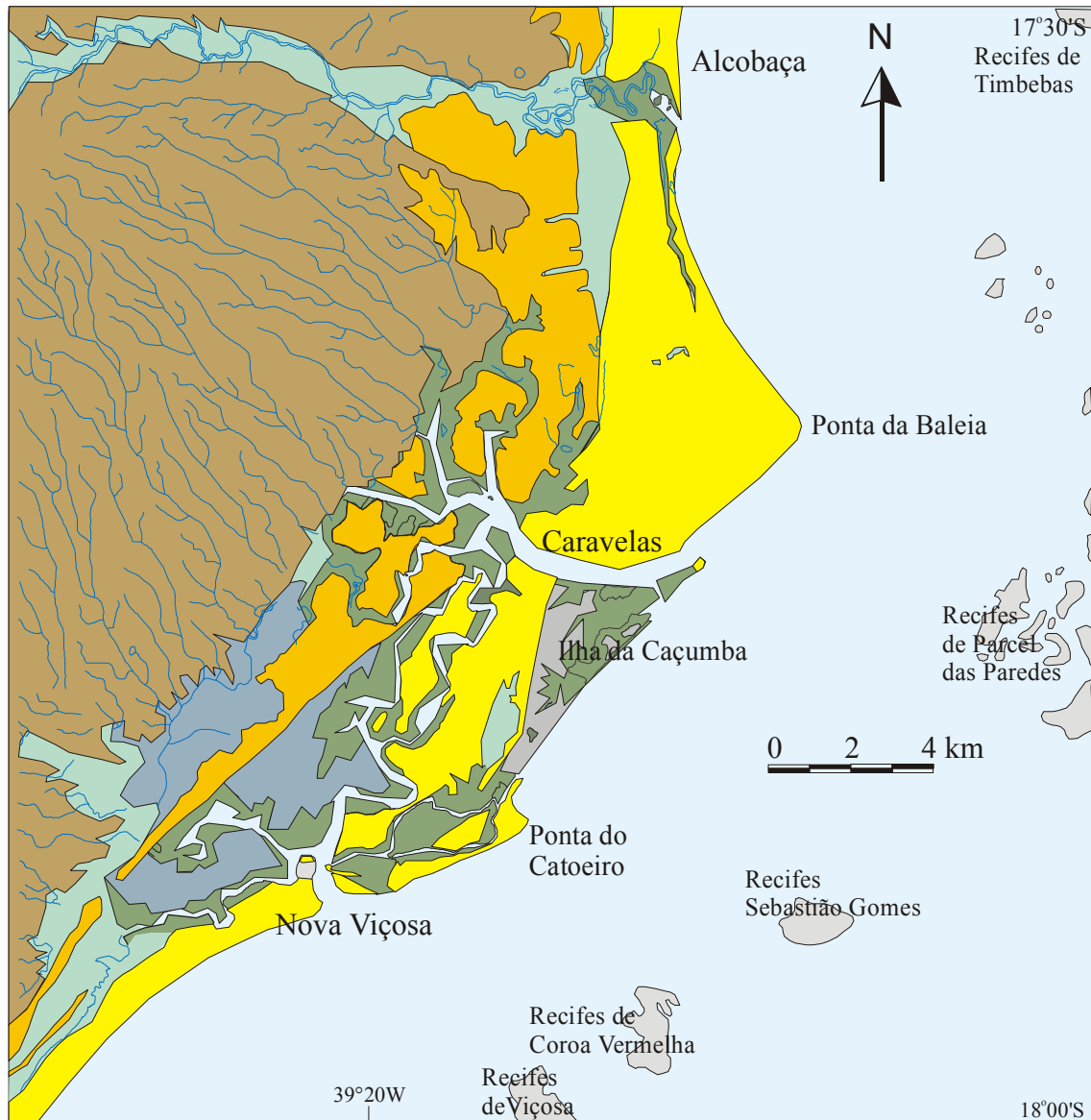
#### *5.1.3.5.1 Caracterização dos Solos em Escala Regional*

Para a planície costeira de Caravelas podem ser identificadas as classes de solos descritas a seguir, conforme apresentado na Figura 5.1.3-11.

- Argissolos Amarelos Distróficos (abrupticos com e sem Fragipã)

Os Argissolos Amarelos derivados das Barreiras são solos argilo-arenosos com predominância de quartzo na fração areia e caulinita na fração argila; apresentam valores baixos de CTC e são distróficos e/ou álicos, indicando que a CTC está saturada com H e Al, o que determina o fato do solo ser muito pobre em nutrientes. Por isso, torna-se necessário a correção da fertilidade desses solos para que sua utilização na produção agrícola seja viável.

O caráter abruptico, indicativo da existência de elevado gradiente textural entre os horizontes A e B, confere características físicas peculiares a esses solos. Normalmente o horizonte A apresenta textura arenosa, enquanto que no B a textura é argilosa, por consequência da migração de argila em suspensão proveniente de horizontes superficiais. Em função disso, os horizontes de subsuperfície apresentam-se menos porosos e permeáveis, constituindo-se em impedimento ao crescimento de raízes e à percolação livre da água, além de aumentar a predisposição do solo à erosão.



**Figura 5.1.3-11 – Principais classes de solos presentes na planície costeira de Caravelas/BA**

Quando há ocorrência de fragipã associado ao caráter abrupto, as referidas características tornam-se mais extremadas, já que o fragipã é um horizonte com características de maior cimentação, adensamento e impermeabilidade. A maior parte dos Argissolos fazia parte da classe dos Podzólicos no sistema de classificação antigo.

- Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos

Esses solos estão freqüentemente presentes em áreas em que o material de origem constitui-se de sedimentos areno-quartzosos quaternários. Apresentam textura arenosa, com a exceção de alguns horizontes B espódicos de Espodossolos, extrema pobreza de nutrientes, baixa capacidade de retenção de água e elevada permeabilidade, características relacionadas ao baixíssimo teor de argila desses solos.

- Argissolos e Plintossolos

Os Argissolos caracterizam-se principalmente por apresentarem argila de baixa atividade e a presença de um horizonte B textural com expressivo gradiente de textura em relação ao horizonte A sobrejacente. Já os Plintossolos são identificados pela presença de um horizonte plíntico, caracterizado pela presença da plintita, material indicativo da existência de oscilação do nível do lençol freático na região de sua ocorrência. Isso indica que em algum período mais chuvoso do ano o nível do lençol pode chegar próximo da superfície.

- Gleissolos e Organossolos

Os Gleissolos permanecem saturados por água durante boa parte do ano. A presença da água expulsa o oxigênio dos poros, tornando o ambiente anaeróbico e redutor. Poucas plantas se adaptam à falta de oxigênio para as raízes existente nessas condições. Diante do ambiente redutor, o ferro é reduzido e os óxidos de ferro são solubilizados, tornando a cor do solo, normalmente branca ou acinzentada.

No caso dos Organossolos, o grau de saturação por água é ainda maior. Nessas condições, o metabolismo dos microorganismos aeróbicos, principais decompositores da matéria orgânica, fica muito reduzido, possibilitando o acúmulo excessivo de matéria orgânica que caracteriza os Organossolos.

- Solos Indiscriminados de Mangue

Os solos de mangue são hidromórficos e afetados pela presença de água salgada. Essas condições conferem a esses solos duas características altamente restritivas em termos de crescimento vegetal: a falta de oxigênio e a presença excessiva de sais solúveis, que eleva a pressão osmótica da solução a níveis intoleráveis para a grande maioria das plantas.



#### 5.1.3.5.2 Caracterização de Solos na Área do Empreendimento

Os solos dominantes na área do empreendimento, derivados de sedimentos areno-quartzosos quaternários, são os Espodosolos e os Neossolos Quartzarênicos. Eles correspondem, respectivamente, às classes Podzol e Areia Quartzosa do antigo sistema de classificação de solos. A principal diferença entre eles é a presença do horizonte B espódico nos Espodosolos. Esse horizonte se forma pela descida da pequena quantidade de argila presente, juntamente com a matéria orgânica humificada existentes nos horizontes superficiais, através da matriz arenosa e porosa do solo, com acúmulo normalmente associado ao nível do lençol freático.

Esses solos apresentam textura arenosa, com a exceção de alguns horizontes B espódicos, extrema pobreza de nutrientes, baixa capacidade de retenção de água e elevada permeabilidade, características relacionadas ao baixíssimo teor de argila presente. São solos com acidez elevada, baixos valores de CTC, distróficos e alumínio trocável alto. Essas características químicas fazem com que esses solos tenham baixíssima fertilidade natural e sejam pouco aptos para a agricultura. A correção da fertilidade é problemática devido aos teores muito baixos de argila, não havendo material fino suficiente para promover adsorção de nutrientes. Por isso, quando aplicados, tendem a ser facilmente perdidos por lixiviação.

Nessas áreas, a presença do horizonte B espódico pode amenizar algumas características desfavoráveis, propiciando alguma adsorção de nutrientes e retenção de água a ser utilizada pelas plantas.

Os Espodosolos e os Neossolos Quartzarênicos podem ser hidromórficos ou não. Os não hidromórficos são chamados de órticos. Ao longo do trecho por onde passará a estrada projetada, há variações relevantes quanto ao grau de hidromorfismo dos solos. Na área predomina o relevo plano, com altitude variando entre zero e oito metros e declividades normalmente inferiores a 1%. Essa topografia dificulta a drenagem da água, apesar da elevada permeabilidade dos solos. Por isso, é freqüente a ocorrência de lençol freático elevado.

O mapa 1 do Anexo N apresenta um mapa de solos na escala 1:20.000 da área do empreendimento e de suas vizinhanças.

A classificação dos solos na área do empreendimento é a seguinte:

Eo1 - Associação ESPODOSSOLO Órtico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico fase urbano - Composta por solos não hidromórficos, presentes em elevações costeiras com altitude variando de 1 a 3 metros. Áreas urbanas onde se desenvolveu a vila de Ponta de

Areia. Área preferencial por onde passam as estradas, provavelmente devido à inexistência de hidromorfismo.

Eo2 - Associação ESPODOSSOLO Órtico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico fase elevações - Composta por solos não hidromórficos, presentes em elevações alinhadas na direção leste-oeste a norte do rio. Áreas amplas utilizadas com o cultivo do coqueiro, por apresentarem a parte superficial do solo livre de encharcamento.

Eo3 – Associação ESPODOSSOLO Órtico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico fase cordões litorâneos - Composta por solos não hidromórficos, presentes em elevações alinhadas na direção aproximadamente norte-sul, correspondentes aos cordões litorâneos, com cerca de 50 metros de largura. Ocorre na altitude de 7 metros, com pequenas variações decimétricas. Frequentemente vegetada por macega agreste, que sem desenvolve melhor em áreas não sujeitas ao encharcamento. Áreas preferenciais para passagem de pequenas estradas e construção de edificações na região do grande platô localizado na parte norte do mapa.

Eo4 - Associação ESPODOSSOLO Órtico + ESPODOSSOLO Hidromórfico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico fase relevo irregular - Unidade aparentemente com predomínio de solos não hidromórficos, apresentando relevo irregular, com altitude variando normalmente de 3,5 a 5 metros. As partes mais baixas possuem solos hidromórficos. As partes mais altas são utilizadas para o cultivo do coqueiro. Essa unidade ocorre a sul do platô em áreas adjacentes ao vale do rio.

Eg1 - Associação ESPODOSSOLO Hidromórfico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico fase vale - Composta por solos hidromórficos associados ao vale do rio. Área predominantemente ocupada por mata densa relacionada à maior disponibilidade de água para as plantas. Ocorre em altitudes baixas que variam de 0,5 a 3 metros, adjacente ao leito do rio.

Eg2 - Associação ESPODOSSOLO Hidromórfico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico fase base do platô - Composta por solos hidromórficos associados ao vale do rio a montante da unidade Eg1, estabelecendo limite com o extremo sul do platô. Área predominantemente ocupada por mata densa relacionada à maior disponibilidade de água para as plantas. Ocorre em altitudes médias que variam de 3 a 5 metros, correspondendo ao desnível que finaliza o platô de altitude 7 metros.

Eg3 - Associação ESPODOSSOLO Hidromórfico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico fase cordões litorâneos - Composta por solos hidromórficos associados às áreas mais deprimidas dos cordões litorâneos alinhados aproximadamente na direção norte-

sul, com largura média de 70 metros. Ocorre nas altitudes entre 6 e 6,5 metros, freqüentemente nas vizinhanças das áreas mais elevadas da unidade Eo3.

Eg4 - Associação ESPODOSSOLO Hidromórfico + ESPODOSSOLO Órtico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Hidromórfico + NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico fase platô - Unidade aparentemente com predomínio de solos hidromórficos, correspondente ao grande platô localizado na área norte do mapa. Possui algumas áreas de solos não hidromórficos associados às elevações dos cordões litorâneos. Ocorre nas altitudes que variam de normalmente de 6 a 7 metros. Nessa unidade observa-se a existência de grande número de valas de drenagem identificadas no mapa.

SM1 - SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE fase preservado - Composta por solos de mangue, afetados pela água salgada do rio Caravelas. Ocorre em altitudes entre zero e 1 metro. Nessa unidade o mangue encontra-se bem preservado.

SM2 - SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE fase destruído - Composta por solos de mangue, afetados pela água salgada do rio Caravelas. Ocorre em altitudes entre zero e 1 metro. Nessa unidade o mangue encontra-se totalmente destruído.

## **5.1.4 Recursos Hídricos**

### **5.1.4.1 Considerações Gerais**

A qualidade da água de um manancial é dependente das suas características químicas, físicas e biológicas relacionadas com o seu uso para um determinado fim. A mesma água pode ser de boa qualidade para um determinado fim e de má qualidade para outro, dependendo de suas características e das exigências requeridas pelo uso específico. Além de seus usos, é dependente das atividades desenvolvidas nas suas margens, isto é, do uso do solo ao seu redor.

No que tange à quantidade de água disponível, os estudos dos recursos hídricos possibilitam indicar soluções para a regularização das vazões, o controle de cheias e favorecer um melhor suprimento de água para as regiões em estudo. Já os estudos de caracterização da qualidade da água permitem verificar sua adequação aos usos requeridos.

Dentro da área de influência do empreendimento foram identificados quatro principais usos destinados às águas da região: pesca, balneabilidade, manutenção da vida dos ecossistemas aquáticos e navegação; assim, a manutenção da qualidade da água é requerida para os usos supracitados.

Salienta-se que não foram identificadas fontes poluidoras dos recursos hídricos na Área de Influência do empreendimento de dragagem, com exceção dos esgotos domésticos lançados no estuário do rio Caravelas, os quais não são significativos para as condições de qualidade da água deste corpo hídrico, conforme investigado neste estudo.

### **5.1.4.2 Caracterização do Sistema Hidrográfico da Área de Influência**

#### *5.1.4.2.1 Considerações Gerais*

Da faixa costeira onde se encontra o município de Caravelas para o interior, o grau de umidade decresce em faixas paralelas ao litoral, definindo ambientes naturais diferenciados. A Planície Litorânea e os Tabuleiros Costeiros apresentam o clima mais quente e úmido, caracterizando o tipo climático úmido e sub-úmido. Para o interior, com a diminuição da umidade, aparece a Floresta Semidecidual e Decidual, chegando-se a uma estreita faixa de transição na divisa com o Estado de Minas Gerais, caracterizada por um clima seco e sub-úmido, com relevo de tabuleiros pré-litorâneos e serras que, no extremo oeste da área,

alcançam altitudes superiores a 600 m, com temperaturas médias mais amenas. Estas serras formam as nascentes de numerosas bacias menores que cortam a referida área.

O total de superfície da área da Bacia Hidrográfica do Extremo Sul da Bahia é pequeno quando comparado às áreas drenadas por importantes rios situados a norte e a sul da área estudada, a exemplo dos rios Jequitinhonha/BA (69.789 km<sup>2</sup>) e Doce/ES (83.500 km<sup>2</sup>) (Valadão, 1998). Na região correm cursos d'água de caráter perene e intermitente, que deságuam diretamente no Oceano Atlântico.

Os rios que compõem a formação da bacia hidrográfica do Extremo Sul da Bahia são o Santo Antônio, João de Tiba, Buranhém, Caraíva, Jucuruçu, Alcobaça, Peruípe e Mucuri. A área dessas bacias hidrográficas encontra-se completamente inserida na Faixa de Dobramento Araçuaí, na margem sudeste do Cráton do São Francisco. Dos rios que compõem a bacia hidrográfica do Extremo Sul, os rios Santo Antônio, João de Tiba, Buranhém, Caraíva e Alcobaça, possuem suas nascentes no estado da Bahia, enquanto os rios Peruípe, Mucuri e Jucuruçu nascem no estado de Minas Gerais.

A planície costeira de Caravelas é abastecida por águas destes flúvios captadas em uma superfície que totaliza 32.027 km<sup>2</sup> e que, no Estado da Bahia, compreende 23.750 km<sup>2</sup> (CEPLAB, 1979).

Nas vizinhanças da área do empreendimento destacam-se as pequenas bacias dos rios Jucuruçu (6.142 km<sup>2</sup>), Itanhém (6.722 km<sup>2</sup>), Peruípe (5.854 km<sup>2</sup>) e Mucuri (13.309 km<sup>2</sup>), veja Figura 5.1.4-1.

Os valores das vazões apresentadas pelos rios Jucuruçu, Itanhém, Mucuri e Peruípe, no período de 1975 a 1981 encontram-se na Tabela 5.1.4-1 e a localização das estações de medição na Figura 5.1.4-1. A maior vazão alcançada (432,0 m<sup>3</sup>/s) ocorreu em abril de 1981 no rio Itanhém (estação n° 5 / Medeiros Neto), enquanto que a menor vazão (4,1 m<sup>3</sup>/s) ocorreu em março de 1981 no rio Jucuruçu (estação n° 2 / S. José do Prado). A carga de sedimentos trazidos por estes rios para a zona costeira é provavelmente insignificante, uma vez que as áreas drenadas pelos rios são pequenas (Massé, *et al.*, 1996).



**Figura 5.1.4-1 – Bacias Hidrográficas do Extremo Sul da Bahia (modificado de CEPLAB, 1979)**

**Tabela 5.1.4-1 – Vazões dos principais rios da área estudada, no período de 1975 a 1981.**

Estações de Medida			Vazões Médias (m <sup>3</sup> /s)			Vazões (m <sup>3</sup> /s)	
Nº	Estação	Rio	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Mínima
1	Itamaraju	Jucuruçu B. Norte	61,1	33,8	19,2	179,0 em nov/1976	9,4 em jun/1976
2	S. José do Prado	Jucuruçu B. Sul	35,9	19,6	11,2	108,0 em nov/1975	4,1 em mar/1981
3	Cachoeira Grande	Jucuruçu B.Sul	50,9	26,6	13,9	217,0 em nov/1975	6,2 em jan/1975
4	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu B. Sul	55,1	29,5	15,8	198,0 em nov/1975	8,5 em jan/1981
5	Medeiros Neto	Itanhém	69,3	26,9	12,3	432,0 em abr/1981	5,1 em mar-abr/ 1976 e em abr/1977
6	Fazenda Cascata	Itanhém	77,8	40,0	21,0	281,0 em nov/1976	13,2 em mar/1976
7	Helvécia	Peruípe	34,7	21,4	14,7	95,7 em dez/1981	6,9 em mar-abr/1976
8	*Nanuque	Mucuri	–	103,0	21,0	–	–
9	*Martinica	Mucuri	–	107,0	21,0	–	–
10	*Bahia Sul	Mucuri	–	107,0	21,0	–	–

(Fonte: CTRH, 1993 e CEPEMAR, 1988\*)

#### 5.1.4.2.2 Características das Bacias Hidrográficas

Um dos fatores que contribui para o escoamento superficial de uma bacia é a sua configuração geométrica sobre um plano horizontal, ou seja, sua forma, que afeta diretamente o tempo de resposta da bacia e por conseqüência o tipo de hidrograma. Uma bacia de forma circular apresenta maiores possibilidades de picos de enchentes do que outras de forma alongada.

Alguns índices são utilizados para definir a contribuição da forma da bacia para a ocorrência de grandes enchentes. Entre eles, destaca-se o fator de forma (Tabela 5.1.4-2), definido

como a relação entre a superfície da bacia e o quadrado de sua maior dimensão, seguindo pelo rio.

**Tabela 5.1.4-2 – Fator de forma e densidade de dragagem das principais bacias hidrográficas situadas na região do empreendimento**

Bacias	Fator de Forma	Densidade de Drenagem
Jucuruçu	0,77	0,14
Itanhém	0,52	0,19
Peruípe	0,47	0,21
Mucuri	1,12	0,09

Um fator de forma baixo indica que a bacia é menos sujeita a enchente que outra de mesma dimensão, porém com maior valor. Para as bacias em estudo o maior valor foi de 1,12, e o menor de 0,47 para a bacia do rio Perúípe.

Uma boa indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem é dada pelo índice denominado densidade de drenagem (Tabela 5.1.4-2). Este índice varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Para as bacias em estudo a densidade de drenagem foi baixa, o que contribui para o pequeno montante de contribuição advinda a estas bacias. A bacia do rio Mucuri apresentou a menor densidade em relação às outras.

#### 5.1.4.2.3 *Balanço Hídrico Anual*

Visando sintetizar as disponibilidades hídricas da bacia, a partir dos aspectos hidrológicos básicos anuais, é apresentado na Tabela 5.1.4-3 um balanço hídrico sumário desenvolvido por sub-bacias, com base nos dados disponíveis.

O balanço foi desenvolvido em termos volumétricos, apresentado em milhões de metros cúbicos. Tal quantificação leva em conta as áreas das sub-bacias. Partiu-se dos totais anuais médios das chuvas obtidos do mapa com as correspondentes isoietas para a obtenção do volume médio anual precipitado.

O volume total escoado teve origem no valor da vazão média anual obtida nos postos fluviométricos situados na bacia.



A diferença do volume médio anual precipitado e do volume total escoado comentado acima resulta na coluna seguinte da tabela, que reúne o total evapotranspirado e o total infiltrado na bacia.

**Tabela 5.1.4-3 – Balanço hídrico anual das principais bacias hidrográficas na área de estudo**

Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitação. (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Volume Total escoado (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Escoamento básico (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Evapor. + infiltração (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Rend. (%)	Contrib. Mín. aquífero (%)
Jucuruçu	2.630	3.309,28	983,92	219,65	2.325,36	39	6,6
Itanhém	4.950	5.465,05	1.050,15	348,00	4.414,90	19	6,3
Peruípe	4.870	7.944,27	709,56	346,90	7.234,71	09	4,4
Mucuri	12.873	13.905,80	3.468,96	662,25	10.436,90	25	4,8

Como escoamento básico mínimo entende-se o volume mínimo com que os aquíferos contribuem para o escoamento superficial, obtido a partir da mínima vazão superficial observada nos postos fluviométricos que representam as bacias. Com essa aproximação, é evidente que o volume total do escoamento básico anual seja um pouco superior ao denominado escoamento básico mínimo.

O rendimento é igual à relação entre o volume total escoado e a precipitação e determina a parte da chuva que é transformada em vazão.

A contribuição mínima do aquífero é calculada como a relação entre o escoamento básico mínimo e o volume total escoado. Indica o percentual mínimo do escoamento superficial que tem origem na contribuição dos aquíferos.

Verifica-se pelo balanço hídrico anual a dependência da contribuição dos aquíferos na perenização dos rios das bacias. Os percentuais da contribuição dos aquíferos no escoamento total das bacias estudadas variam de 4,4% a 6,6%.

A bacia que apresentou o maior rendimento foi a do rio Jucuruçu (39%). A bacia do Itanhém (ou Alcobaça) apresentou uma produção média em relação às demais (19%). A bacia do rio Perúípe foi a que apresentou a menor produção de água superficial (9%).

A disponibilidade hídrica pode ser considerada muito boa, indicando que, mesmo com a grande redução da Mata Atlântica que dominava essa bacia, o regime fluvial aparentemente não foi significativamente alterado. É de se esperar que as séries históricas de dados

fluviométricos tenham características de estacionalidade, de modo a indicar que a disponibilidade hídrica hoje existente será mantida no futuro.

#### 5.1.4.2.4 Detalhamento da Área de Influência Direta do Empreendimento

##### 5.1.4.2.4.1 Bacia do Rio Peruípe

Esta bacia apresenta seu curso d'água principal com escoamento orientado de oeste para leste e deságua no oceano Atlântico, apresentando-se relativamente alongado e com baixas condições de navegabilidade ao longo do seu trajeto, por ser pouco profundo e muitas vezes estreito. Nos trechos mais a jusante, próximos à sua desembocadura, é comum a utilização de pequenas embarcações de passageiros e mercadorias com finalidades de transporte local.

O rio Peruípe nasce no município de Itupeva, Estado da Bahia, (latitude 17° 27' S e longitude 40° 23' W). Sua foz, entre os municípios de Caravelas e Nova Viçosa, forma grandes manguezais. A bacia do rio Peruípe possui uma densa malha de drenagem em forma de leque, destacando o rio Peruípe Sul e Peruípe Norte. O rio Peruípe Norte, que nasce perto da cidade de Medeiros Neto, tem seu sentido de escoamento sudeste, até o ponto de confluência deste com o rio Peruípe Sul. Este nasce na cidade de Ibirapoã e possui sentido de escoamento nordeste até sua confluência com o rio Peruípe Norte. O ponto de confluência dos dois rios acontece aproximadamente a 5 km a montante da cidade de Helvécia e seus principais afluentes são:

- Margem direita: rio Maroba, Braço sul do rio Peruípe, rio do Meio ou Pato (mudando posteriormente para Peruípe) e rio Pau Alto.
- Margem esquerda: Braço norte do Rio Peruípe, córrego do Mutum, rio da Fazenda, córrego da Gameleira, córrego Samambaia e rio Jaburuna.

Os rios da Fazenda e Jaburuna e os córregos Gameleira e Samambaia têm suas nascentes na zona de mangues. Os afluentes da margem direita recebem contribuições de outros córregos, ribeirões e pequenos rios, aumentando assim as contribuições ao rio Peruípe.

A área da bacia é de 4.870 km<sup>2</sup> e o percurso do rio principal é de 150 km; sua altitude na nascente é de 200 m, o que lhe fornece uma declividade de 1,33 m/km, pequena em relação às outras bacias estudadas, devido à pequena altitude das nascentes. Seu fator de forma é de 0,47 e a densidade de drenagem é de 0,21. O diagrama unifilar da bacia do rio Peruípe e seu perfil longitudinal estão apresentados na Figura 5.1.4-2 e Figura 5.1.4-3, respectivamente.

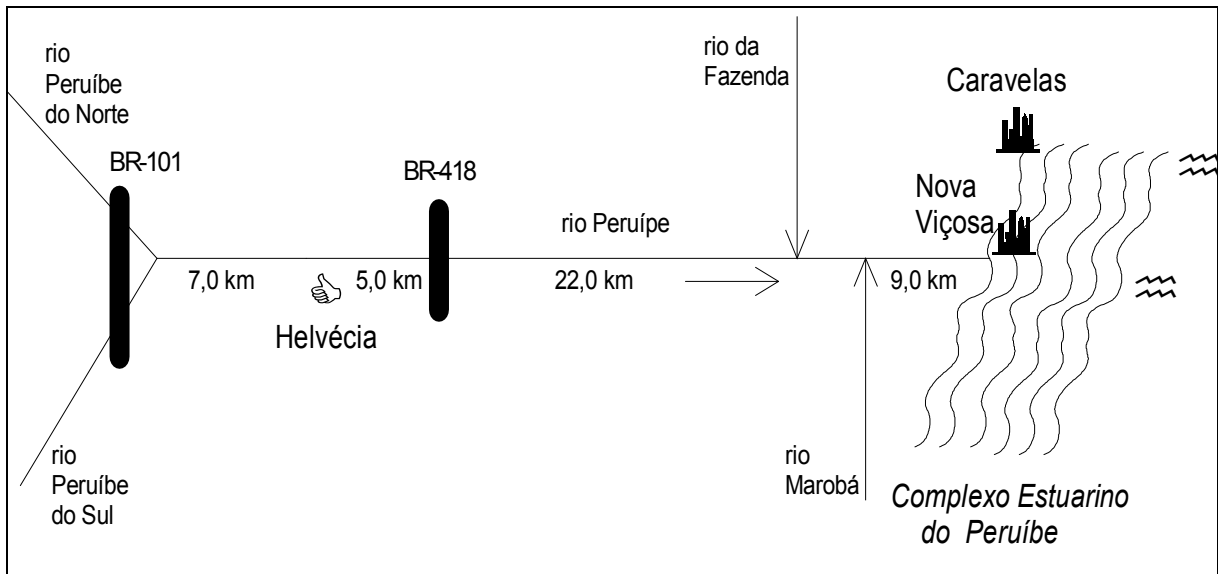


Figura 5.1.4-2 – Diagrama unifilar da Bacia do Rio Peruípe

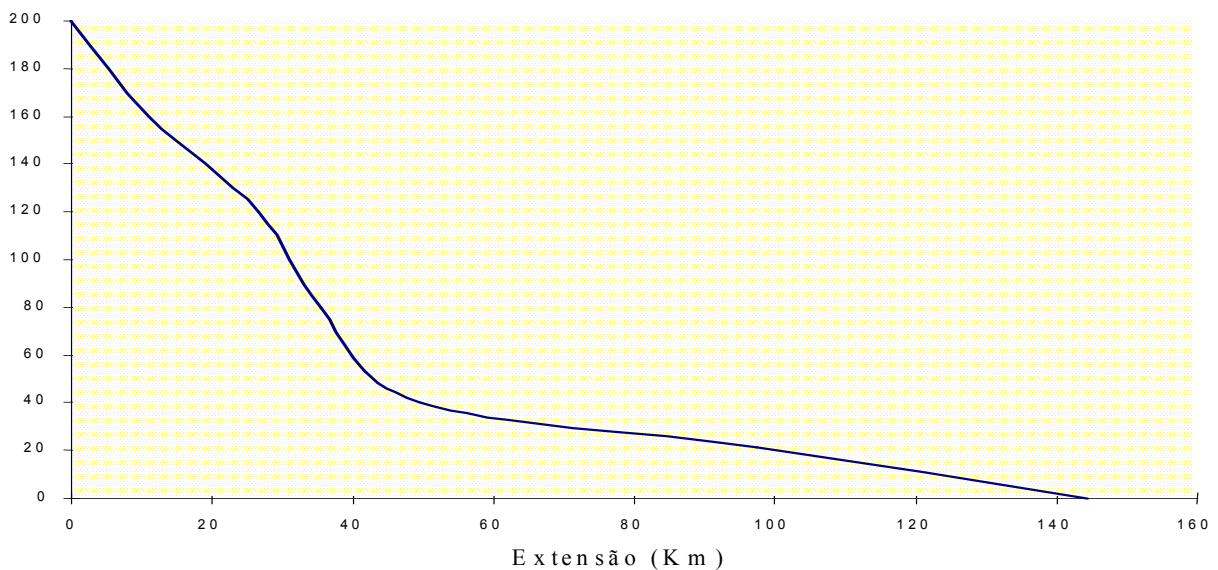


Figura 5.1.4-3 – Perfil longitudinal do Rio Peruípe (altitude em metros)

Para a bacia em estudo, o fator de forma calculado foi de 0,47 (Tabela 5.1.4-2), considerado um valor baixo e que permite concluir que a bacia é pouco sujeita à enchente, o que corrobora com informações das populações ribeirinhas, de que quase não há enchentes catastróficas no sul, devido à boa distribuição da pluviometria, sem grandes chuvas torrenciais. De fato, o sul do Estado é uma região privilegiada em termos de chuva e por

conseqüência o escoamento superficial é intenso e perene (boa distribuição espacial e temporal das chuvas).

Uma boa indicação do grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem é fornecida pelo índice denominado densidade de drenagem. Este índice varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Para a bacia do Peruípe, a densidade de drenagem foi baixa, o que implica na pequena contribuição advinda a esta bacia.

Verifica-se, pelo balanço hídrico, a intensa dependência da contribuição dos aquíferos na perenização dos rios das bacias. A bacia do Peruípe apresentou uma contribuição boa (4,4%), mas seu rendimento é pequeno (9%), veja Tabela 5.1.4-3. Assim como nas outras bacias estudadas na região, a disponibilidade hídrica é muito boa, sendo esperado que esta seja mantida no futuro.

#### **5.1.4.2.4.2 Complexo hídrico do município de Caravelas**

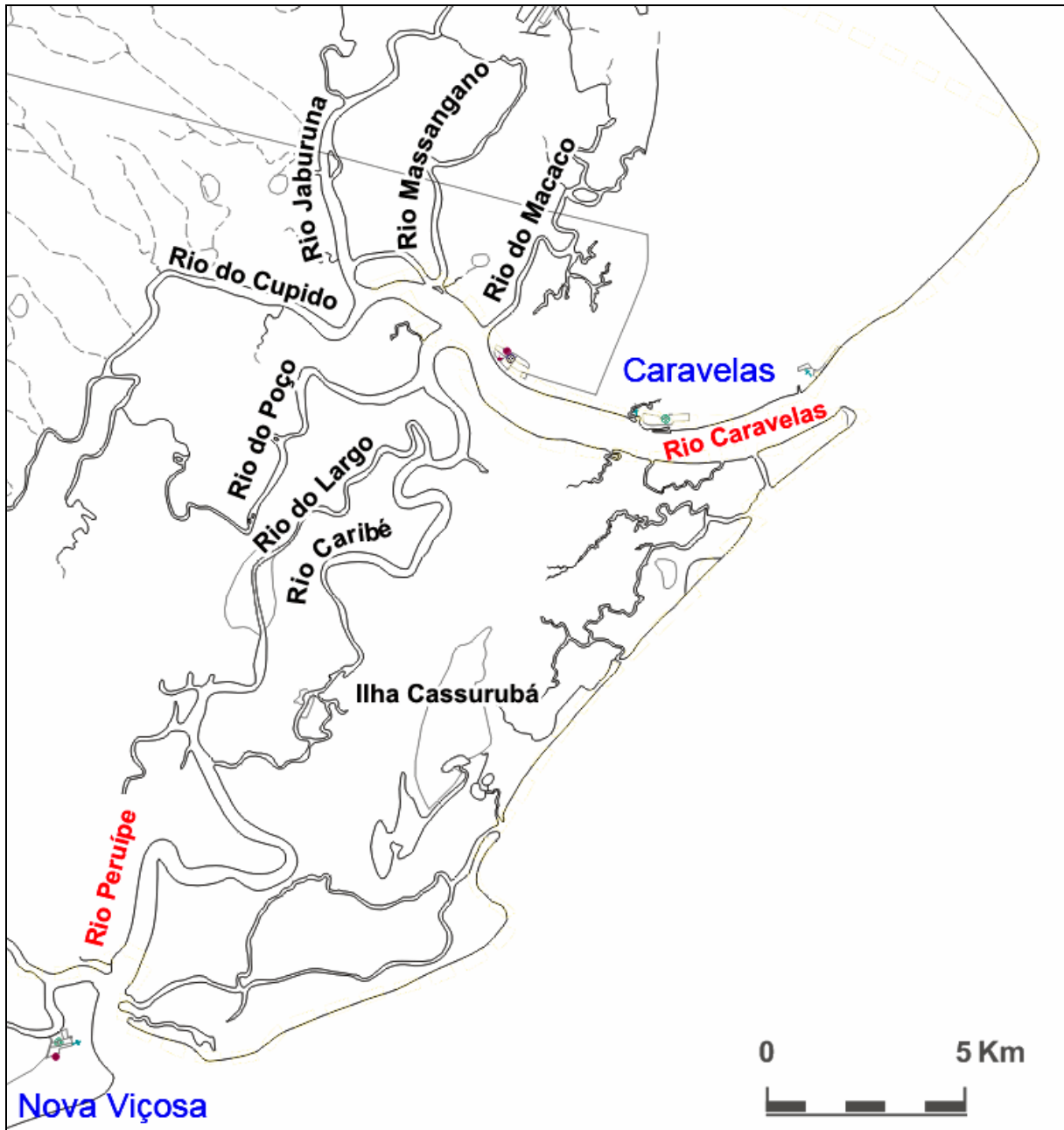
O complexo hídrico do município de Caravelas pertence à Bacia de Hidrográfica do rio Peruípe, do qual é conectado através do canal natural Rio do Largo, sendo formado pelos rios Macaco, Massangano, Jaburuna, Cupido, Poço, Largo, Caribé, e tendo como principal leito o rio Caravelas, que deságua através de duas desembocaduras no Oceano Atlântico, formando extenso estuário acarpetado por um denso manguezal (Figura 5.1.4-4). O maior rio do interior do município é o rio Fazenda que deságua no rio Peruípe.

Uma relevante consideração diz respeito a uma solicitação das comunidades ribeirinhas para que os nomes oficiais de rios estejam em consonância com a toponímia por eles utilizada, o que representa um importante fator para o reconhecimento e referência das comunidades. A solicitação foi oficializada através de um documento elaborado pela Associação dos Moradores Ribeirinhos de Caravelas. A dificuldade criada pelas indefinições toponímicas também levou a Secretaria de Cultura, Turismo e Meio Ambiente a formalizar um pedido de correções.

Desta forma, em ambos os documentos, deverão se estabelecer como definições toponímicas oficiais:

- Rio do Macaco
- Rio Massangano
- Rio Jaburuna (equivocadamente chamado Córrego do Pai Anselmo)
- Rio do Cupido (equivocadamente chamado Rio Peixoto)

- Rio do Poço
- Rio do Largo (equivocadamente chamado Rio Peruípe)
- Rio Caribé
- Rio Caravelas
- Ilha Cassurubá (equivocadamente chamada Ilha da Caçumba ou Cassumba)



**Figura 5.1.4-4 – Complexo hídrico da zona costeira do município de Caravelas**

Maiores informações sobre a hidrodinâmica do estuário de Caravelas, tais como a caracterização da dinâmica costeira e a descrição dos fatores oceanográficos atuantes na região do empreendimento serão abordadas no item 5.1.5 – Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira.

### 5.1.4.3 Caracterização da Qualidade da Água

#### 5.1.4.3.1 Considerações Gerais

O presente item apresenta a integração dos resultados e conclusões das campanhas de monitoramento da qualidade da água realizadas para o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e das campanhas oriundas do programa de monitoramento físico-químico da qualidade das águas marinhas. Os dados correspondem a duas campanhas realizadas para o EIA, além de 13 campanhas realizadas pelo programa de monitoramento existente.

Considerando-se a importância do parâmetro da turbidez para a biota dos recifes de corais, além do programa de monitoramento físico-químico, também houve a implementação de um programa de monitoramento espacial da turbidez (amostragem em 45 pontos), que resulta até dezembro de 2006 em um total de 93 campanhas; e um programa de monitoramento contínuo da hidrodinâmica e turbidez através da manutenção de dois correntômetros equipados com turbidímetros, que estão em operação desde 2002 (estações #106 e #506). Os resultados dos dois monitoramentos supracitados, relativamente à turbidez, são apresentados separadamente no item 5.1.4.4. A análise da turbidez considerando-se a hidrodinâmica é apresentada no item 5.1.5.

#### 5.1.4.3.2 Campanhas Físico-Químicas

Os dados correspondem a duas campanhas realizadas para o EIA, ocorridas no inverno de 2000 e verão de 2001, além de 13 campanhas realizadas pelo programa de monitoramento físico-químico da qualidade das águas marinhas, ocorridas na primavera de 2001, primavera, verão e inverno de 2003, primavera e outono de 2004, verão e outono de 2005 (sendo duas campanhas no verão), primavera, verão e inverno de 2006 e finalmente outono de 2007.

A caracterização da qualidade da água sob o ponto de vista físico-químico na área de influência direta e indireta da atividade de dragagem, foi fundamentada em levantamentos de campo para obtenção de amostras de água *in situ*, que posteriormente sofreram análises laboratoriais. As análises de água podem ser divididas em pré-operacionais e pós-operacionais, como também podem ser divididas quanto à malha de amostragem.

#### 5.1.4.3.3 Malha Amostral e Campanhas Realizadas

Os levantamentos realizados para subsidiar o EIA compreenderam uma malha amostral de sete pontos, restrita às proximidades da Boca do Tomba sendo que três dos pontos de medição estavam localizados no interior do estuário.

O programa de monitoramento físico-químico iniciado em outubro de 2001, manteve a mesma quantidade de pontos amostrais, porém a área de cobertura e espaçamento entre os pontos aumentou.

Embora tenha ocorrido esta alteração na localização dos pontos de amostragem, uma comparação entre as malhas pode ser realizada, pois dois pontos da nova malha amostral do programa de monitoramento mantiveram-se coincidentes com pontos da malha do EIA; um ponto no interior do estuário e outro ponto na área de influência direta (área de dragagem). Os pontos coincidentes são:

- Estuário - Q2 (EIA) = M1 (Monitoramento);
- Mar aberto - Q7 (EIA) = M3 (Monitoramento).

A distribuição das estações em uso pelo programa de monitoramento procurou caracterizar todas as específicas áreas de interesse, conforme descrito a seguir:

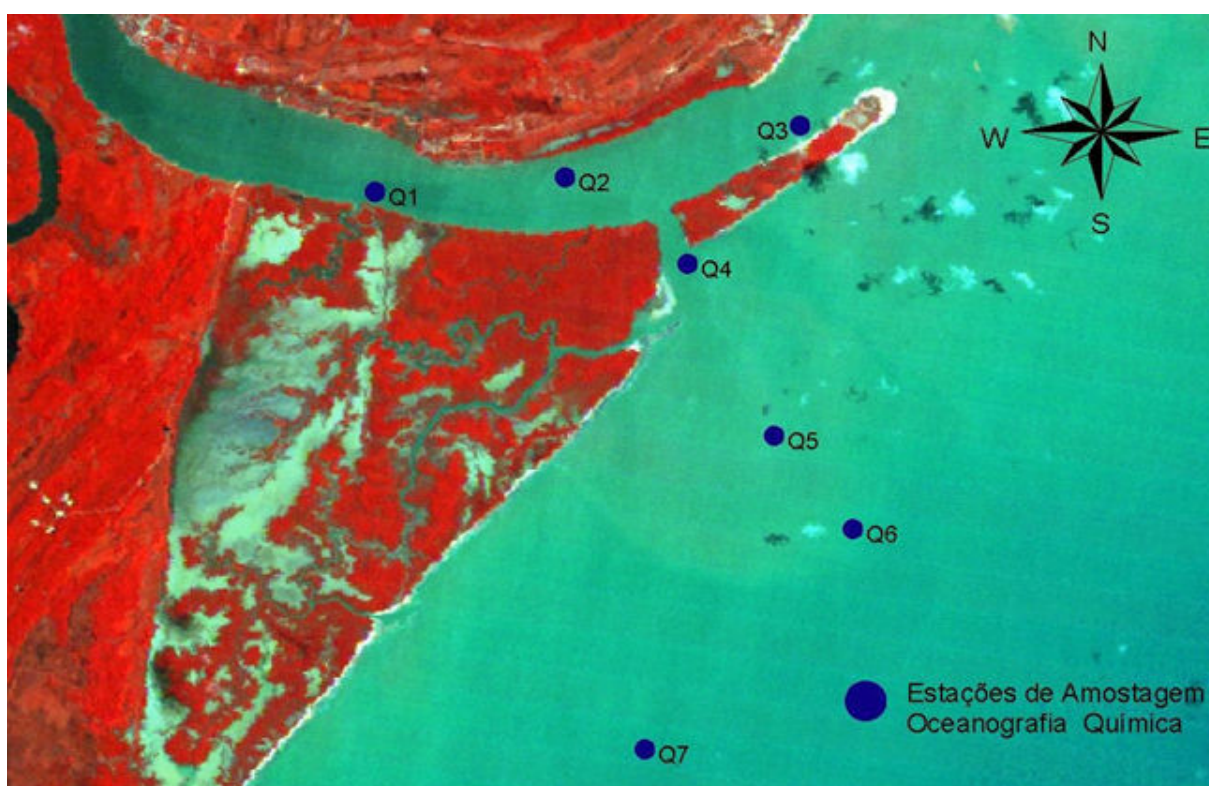
- Estação M1: no interior do Canal de Caravelas (região estuarina), em frente ao Terminal de Barcaças da ARCEL (corresponde à Q2 do EIA);
- Estação M2: no interior da área de dragagem;
- Estação M3: no centro da área de descarte (corresponde à Q7 do EIA);
- Estações M4 e M5: na área preferencial de dispersão da pluma de descarte (sentido preferencial das correntes);
- Estações M6 e M7: ao norte da área de dragagem (estações controle).

A Figura 5.1.4-5 apresenta a malha amostral utilizada nos levantamentos realizados para o EIA e a Figura 5.1.4-6 apresenta a malha amostral utilizada para as campanhas de monitoramento.

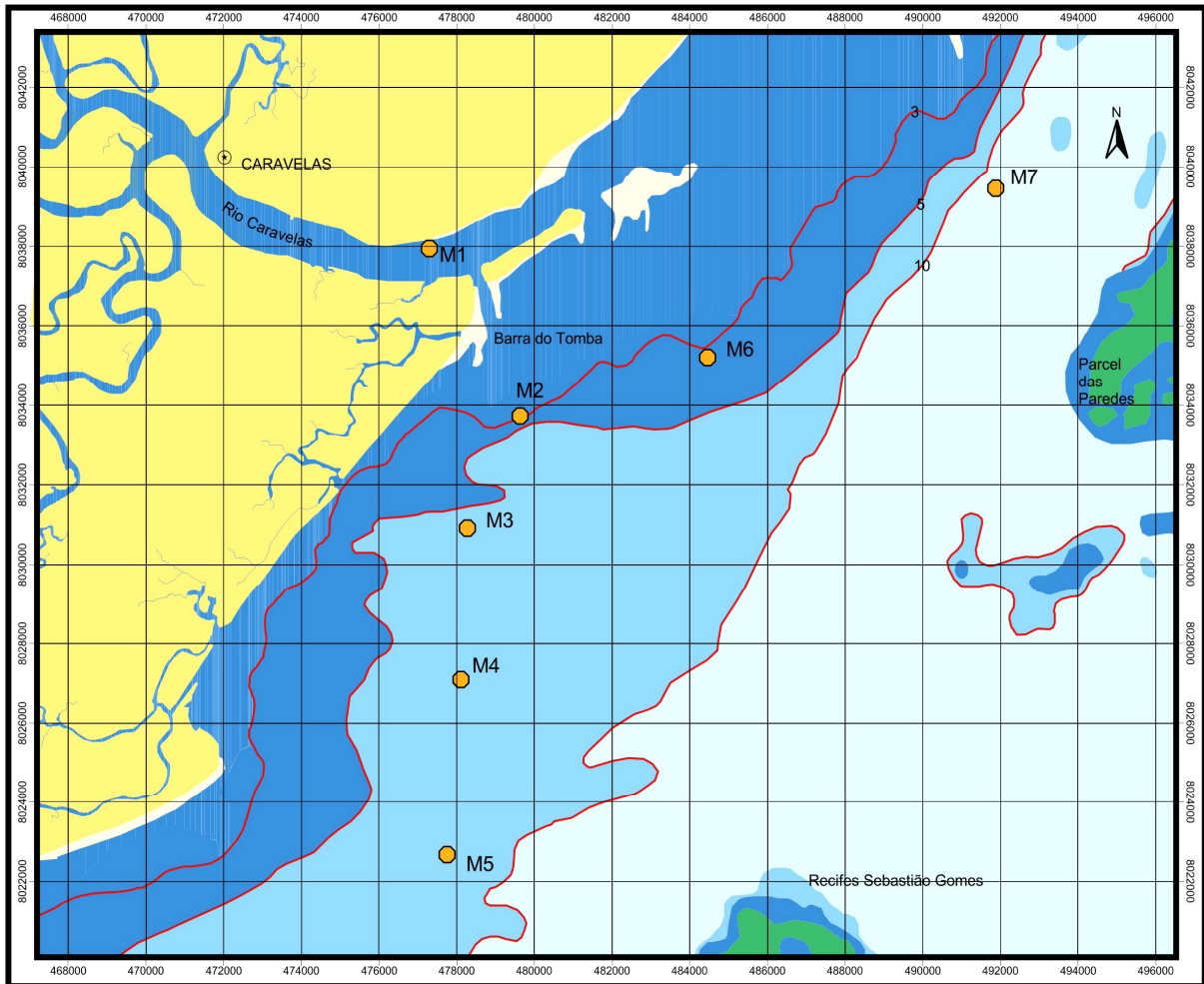
A Tabela 5.1.4-4 apresenta a localização geográfica dos pontos de amostragem e a Tabela 5.1.4-5 apresenta um resumo das condições e datas das campanhas de monitoramento da qualidade da água. No item 3.1 deste estudo podem ser obtidas mais informações relativas às campanhas de dragagem já realizadas até o presente.



Sendo assim, até março de 2007, contabiliza-se um total de 15 campanhas de qualidade da água (2 para o EIA e 13 relativas aos programas de monitoramento). Pode-se considerar que as duas campanhas citadas do EIA correspondem na prática a 4 campanhas, pois para cada uma das duas citadas foram realizadas duas análises, uma em condição de maré de enchente (EIA\_E) e outra para maré vazante (EIA\_V). Das campanhas do monitoramento, a primeira, datada de outubro de 2001, foi realizada anteriormente à operação de dragagem, que teve início em janeiro de 2002. Logo, pode-se considerar que 5 campanhas retratam as condições pré-dragagem da área de estudo, que viabiliza a comparação estatística entre as diversas campanhas e permite avaliar a existência de impactos relacionados com a dragagem.



**Figura 5.1.4-5 – Malha amostral – EIA**



**Figura 5.1.4-6 – Malha amostral das campanhas de monitoramento físico-químico**

**Tabela 5.1.4-4 – Localização geográfica dos pontos amostrais de acordo com as campanhas realizadas no EIA e nos monitoramentos – Coordenadas UTM – Datum WGS84**

EIA/Monitoramento	Ponto	Leste	Norte
EIA	Q1	474967.2871	8037019.3590
	Q2 = M1	477299.2912	8037204.3593
	Q3	480179.2963	8037834.3605
	Q4	478802.2939	8036136.3575
	Q5	479865.2957	8034030.3537
	Q6	480825.2974	8032889.3517
	Q7 = M3	478279.2930	8030180.3470
Programa de monitoramento físico-químico da qualidade das águas marinhas	M1 = Q2	477299.2912	8037204.3593
	M2	479634.2953	8032989.3519
	M3 = Q7	478279.2930	8030180.3470
	M4	478106.2927	8026362.3403
	M5	477758.2921	8021937.3325
	M6	484457.3038	8034482.3545
	M7	491876.3168	8038727.3620

**Tabela 5.1.4-5 – Dados das campanhas de monitoramento da qualidade da água**

Campanha	Condição	Houve dragagem durante a campanha?	Data
1ª EIA -Vazante	Pré-Operacional	Não Aplicável	Ago/2000
1ª EIA -Enchente			
2º EIA Vazante		Não Aplicável	Fev/2001
2º EIA Enchente			
1º Monitoramento			Out/2001
2º Monitoramento	Pós-Operacional	Sim	4/fev/2003
3º Monitoramento		Não	22/jul/2003
4º Monitoramento		Não	22/out/2003
5º Monitoramento		Não	8/mai/2004
6º Monitoramento		Não	30/out/2004
7º Monitoramento		Não	01/fev/2005
8º Monitoramento		Sim	20/mar/2005
9º Monitoramento		Não	21/abr/2005
10º Monitoramento		Sim	19/mar/2006
11º Monitoramento		Não	23/jun/2006
12º Monitoramento		Não	25/set/2006
13º Monitoramento		Sim	20/mar/2007

#### 5.1.4.3.4 Parâmetros Analisados e Métodos Utilizados

Nas campanhas do EIA, os parâmetros estudados foram: Temperatura, Salinidade, Condutividade, pH e Oxigênio Dissolvido, determinados *in situ* através de uma multisonda (Hydrolab); Turbidez, Cor, Sólidos Totais em Suspensão, Amônia, Nitrito, Nitrato, Nitrogênio Total, Fósforo Total, DBO<sub>5</sub> e Coliformes Fecais, analisados em laboratório segundo as recomendações do Standard Methods (APHA, 1995).

Nos monitoramentos subseqüentes, os parâmetros ora analisados no EIA continuaram sendo monitorados, com exceção da DBO<sub>5</sub>, da Cor Real e dos Coliformes Fecais, entretanto, foram incluídos os parâmetros de Clorofila-a e Fosfato. Os parâmetros analisados permitem caracterizar com confiabilidade as condições da qualidade da água e verificação da sua adequação com os usos requeridos na área. Ressalta-se que na área não há registros de possíveis fontes poluidoras, o que suprime a necessidade de análises químicas de substâncias específicas.

A metodologia aplicada para os monitoramentos pode ser dividida em coleta e análise laboratorial do total de sólidos em suspensão e dos nutrientes dissolvidos e pigmentos.

#### 5.1.4.3.4.1 Coleta

As amostras de água foram coletadas através de uma garrafa oceanográfica (modelo NISKIN) em duas diferentes profundidades (sub-superfície e 1 metro do fundo). As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno previamente tratados (lavados). Durante as coletas, foram determinados *in situ*, mediante a utilização de uma sonda (modelo Hydrolab-Quanta) os parâmetros de: temperatura, pH, salinidade, condutividade e oxigênio dissolvido. O parâmetro transparência da água foi determinado através de um disco de Secchi.

#### 5.1.4.3.4.2 Análise laboratorial

##### Total de sólidos em suspensão

As amostras foram filtradas em membranas Millipore de acetato de celulose previamente pesadas em balança de precisão de quatro casas decimais. O volume de amostra ficou em torno de 500 ml, sendo as amostras acondicionadas em um kit de filtração de plástico. Posteriormente à filtração, o sistema com o filtro foi rinsado com água destilada para se evitar que a concentração de sais alterasse o peso dos filtros. Os filtros então foram colocados em estufa (60°C/24h) e repesados na mesma balança. A determinação do Total de Sólidos em Suspensão (TSS) foi realizada comparando-se as massas dos filtros antes e depois da filtração da amostra, sendo os resultados obtidos em mg/L.

##### Nutrientes dissolvidos e pigmentos

A determinação de nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio orgânico dissolvido, fosfato e fósforo orgânico foi realizada através dos métodos descritos por Grasshoff, *et al.*, (1983). A determinação de pigmentos foi realizada seguindo o método descrito por Strickland & Parson (1972).

### Turbidez

A determinação da turbidez foi realizada com o turbidímetro da Merck modelo Turbiquant 1500 IR, sendo os resultados obtidos em NTU.

#### **5.1.4.3.4.3 Estatística empregada**

Em relação ao método estatístico, foi empregado o modelo analítico baseado no “framework” para estudos de impacto ambiental proposto por Clarke & Warwick (1994), que emprega ferramentas de análises multivariadas (PCA, MDS e Cluster) em conjunto com métodos não-paramétricos de permutação (ANOSIM, BIO-ENV e SIMPER), visando à detecção de possíveis padrões espaço-temporais das variáveis medidas oriundas de fatores naturais ou de impactos causados pelo empreendimento.

As análises multivariadas básicas utilizadas na avaliação das variáveis físico-químicas foram as ordenações por Análise de Componentes Principais (PCA). As matrizes de dados foram produzidas separadamente para as diferentes variáveis físico-químicas, consistindo de “p” linhas representando as variáveis abióticas e por “n” colunas representando as amostras. Poucos pressupostos existem sobre a estrutura das amostras para as análises multivariadas, exceção ao PCA, que precede linearidade entre as amostras e distribuição normal das variáveis (Hair, *et al.*, 1984).

As análises multivariadas requerem o uso de índices de similaridade ou de distância e determinam o relacionamento entre pares de amostras. O PCA aplicado nos dados abióticos utiliza implicitamente a distância Euclidiana sobre uma matriz de correlação. Sabendo que os dados abióticos possuem diferentes unidades (por ex. salinidade, temperatura, etc) foi necessário padronizar os dados, reduzindo-os a uma mesma escala (Field, *et al.*, 1982). Seguindo a recomendação de Clarke & Warwick (1994), cada variável foi inicialmente padronizada em uma escala comum antes da aplicação da distância Euclidiana. Desta maneira, duas amostras podem ser comparáveis mesmo que estejam em escalas distintas.

A análise de componentes principais (PCA) assume que os dados sejam próximos à normalidade multivariada, que pode ser verificada através de gráficos de dispersão pareados entre as variáveis. Quanto mais espalhados os pontos nos gráficos, maiores as chances de linearidade. A redundância (alta correlação) entre as variáveis deve ser evitada para melhorar a qualidade do PCA. Quando duas ou mais variáveis estão altamente correlacionadas entre si (Pearson), pode-se substituir todas elas por apenas uma, diminuindo assim o número de eixos (fatores) do PCA, enquanto mantêm estável a variância explicada nos primeiros e mais importantes eixos.

A principal função do PCA é a discriminação das variáveis ambientais que mais captaram variância nos dois primeiros eixos. A eliminação das variáveis redundantes auxilia no aumento desta variância. Quando mesmo assim esta captura da variância é baixa (< 50%), há indícios de que as variáveis medidas não são apropriadas para descrever a estrutura do ambiente, ou que a qualidade dos dados é baixa.

#### *5.1.4.3.5 Apresentação de Resultados e Análises*

Os resultados de cada parâmetro estudado são apresentados por estação no Anexo O, de acordo com as figuras 1 a 191, e contemplam todas as campanhas realizadas até março de 2007, referentes ao EIA e Monitoramentos. A forma de apresentação utilizada nos gráficos facilita a análise evolutiva dos parâmetros ao longo do tempo, e sua eventual relação com a dragagem. Também são apresentadas nas tabelas de 1 a 4 do mesmo anexo as médias de cada parâmetro, dentro de cada campanha separadamente, considerando-se todas as estações. Note que os resultados das estações Q2 e Q7 do EIA são apresentados nas estações em que são coincidentes na malha amostral dos monitoramentos, isto é M1 e M3.

Apresentam-se a seguir resultados e análises para cada parâmetro.

##### **5.1.4.3.5.1 Transparência da água**

A transparência da água obtida na região situou-se entre 0,1 e 7,0 metros, sendo que o menor valor refere-se às estações M2 e M3 durante a época da primavera de 2003 e o maior valor na estação M3 no verão de 2001. As médias obtidas ao longo das campanhas variaram de 0,31 a 3,43 m (Tabela 1 do Anexo O).

##### **5.1.4.3.5.2 Temperatura da água**

A temperatura da água observada na região variou entre 22,8°C e 31,5°C, sendo este valor mínimo referente ao inverno de 2000 na estação Q5 e o valor máximo no verão de 2005 na estação M1. Os valores médios dentre todas as campanhas realizadas situaram-se na superfície entre 23°C e 30,1°C e no fundo entre 23,9°C e 29°C (Tabela 1 do Anexo O).

Os maiores valores observados no interior do rio Caravelas são devidos ao aporte de águas mais aquecidas durante os processos de enchente e vazante de áreas alagadas pela maré e à baixa profundidade, que resulta em uma temperatura mais elevada neste local.

Não foram observadas variações espaciais significativas ao longo de toda a malha amostral, bem como, ao longo da coluna d'água (superfície x fundo) confirmando uma homogeneidade da massa d'água.

#### 5.1.4.3.5.3 Salinidade

Os valores de salinidade ao longo das campanhas variaram de 28,9‰ a 40,6‰, correspondendo ambos valores extremos ao período do início do outono de 2005, sendo o menor valor na estação M1 (interior do estuário do rio Caravelas) e o maior valor na estação M5 (mais afastado da costa, veja figura 149 do Anexo O). A salinidade média dentre todas as campanhas oscilou na superfície entre 32,5‰ e 38,2‰ e no fundo entre 34,2‰ e 38,7‰ (Tabela 1 do Anexo O).

As estações M1 e M2, situadas na região estuarina e no canal do empreendimento, foram as únicas estações com valores que indicaram uma ligeira diluição das águas marinhas por águas continentais, enquanto nas outras estações mais afastadas da costa, houve uma baixa variação da salinidade indicando uma menor influência das águas continentais. Este fato é compreensível visto que o Rio Caravelas se comporta mais como um grande braço de mar, que tem seu regime hidrodinâmico e sua composição hidroquímica controlados principalmente pelo regime de marés e pelos processos hidrobiogeoquímicos, típicos destes ambientes, do que como um rio propriamente dito. Corroboram para este fato, os valores de salinidade encontrados dentro do Rio Caravelas nunca serem inferiores a 28,9‰ ao longo de todas as campanhas, assim como em relação aos valores de condutividade.

Vale destacar que uma diminuição da salinidade as vezes pode se estender a outras estações de coleta devido ao efeito da maré vazante que permite uma maior saída das águas interiores do Rio Caravelas para as áreas costeiras adjacentes. Este fato foi verificado na campanha do verão de 2005 (fevereiro).

Segundo alguns autores, a salinidade nas águas costeiras da região nordeste/leste do Brasil apresenta-se entre 36 e 37‰ (Medeiros, *et al.*, 1999; Ovalle, *et al.*, 1999 e Leipe, *et al.*, 1999). Logo, os valores encontrados acima de 37‰ indicam a presença de águas oceânicas na região.

De uma maneira geral, os valores observados nas campanhas estão dentro dos valores esperados, ou seja, salinidade elevada e uma baixa variabilidade entre as estações localizadas dentro do rio Caravelas e nas estações da região costeira adjacente. Podendo indicar assim, efeito pouco significativo da precipitação atmosférica, assim como a ação de ventos capazes de promover a homogeneização da coluna d'água. Os elevados valores de turbidez, CSS e a baixa transparência observada corroboram com este fato.

#### 5.1.4.3.5.4 Condutividade

A condutividade apresentou uma variação ao longo das campanhas de 44,6 mS/cm a 60,4 mS/cm. Assim como a salinidade, tais valores extremos foram referentes à época do início



do outono de 2005 e nas estações M1 e M5, respectivamente. Os valores médios da condutividade na superfície variaram de 49,7 mS/cm a 57,2 mS/cm e no fundo de 51,9 mS/cm a 57,9 mS/cm (Tabela 2 do Anexo O).

A condutividade variou pouco na região monitorada, sobretudo na região externa à Barra do Tomba, onde é menor a influência das águas continentais, corroborando o fato de que o rio Caravelas comporta-se mais precisamente como um grande canal de mangue do que um rio propriamente dito, conforme foi verificado também para a salinidade.

#### 5.1.4.3.5.5 Oxigênio dissolvido

Os teores de oxigênio dissolvido apresentaram-se bastante homogêneos nas águas da região monitorada. A menor concentração foi encontrada na estação M1 (5,2 mg/L) no período da primavera de 2006 e a maior na estação M3 (8,9 mg/L) também na primavera de 2006 (ambas nas amostras de fundo). Os valores médios observados na superfície oscilaram entre 5,77 mg/L e 7,76 mg/L e no fundo entre 5,61 mg/L e 7,51 mg/L, evidenciando uma mistura da massa d'água desde a superfície até o fundo (Tabela 1 do Anexo O).

Vale destacar que durante as campanhas do EIA foram realizadas coletas durante as marés de enchente e vazante. Os valores de oxigênio dissolvido obtido na maré vazante variaram de 5,56 mg/L a 7,87 mg/L, enquanto na maré enchente as variações foram bem menores, com os valores situando-se entre 6,07 e 7,46 mg/L. Estas variações estão associadas fundamentalmente a processos naturais, relacionados com o metabolismo do sistema (p.ex. produção/respiração da biota), hidrodinamismo e reações biogeoquímicas. Dentro do rio Caravelas foram observados os menores valores de oxigênio, sobretudo no período de maré vazante, o que é devido à menor influência das águas marinhas mais oxigenadas naquela área e pelo aporte de parte do esgoto *in natura* do município de Caravelas neste estuário.

A média do percentual de saturação de O<sub>2</sub> variou na maré vazante entre 99 e 104% e na maré enchente entre 103% e 114%, o que está de acordo com o observado por Medeiros, *et al.*, (1999) e Ovalle, *et al.*, (1999).

#### 5.1.4.3.5.6 pH

O pH da água na região monitorada apresentou uma variação indo de 7,1 na estação M7 no período da primavera de 2004 até 8,8 na mesma estação, mas na época do verão de 2006. A variação das médias na superfície foi de 7,7 a 8,7 e no fundo de 7,6 a 8,7, valores estes sem diferenças significativas (Tabela 2 do Anexo O).

O pH da mesma forma que a maioria dos outros parâmetros demonstrou grande homogeneidade ao longo das estações amostradas e com uma baixa influência de águas continentais. Ovalle, *et al.*, (1999) encontrou valores em torno de 8,1 para águas marinhas próximas à região de estudo.

#### **5.1.4.3.5.7 Clorofila-a**

A clorofila-a apresentou valores extremos variando de 0 mg/L em todas as estações (M1 a M7) em diferentes épocas do ano até 0,0369 mg/L na estação M2 durante a primavera de 2003. Os valores médios apresentaram uma variação na superfície de 0 a 0,006 mg/L e no fundo de 0 a 0,009 mg/L (Tabela 2 do Anexo O). A análise histórica mostra uma grande homogeneidade na massa d'água em termos de conteúdo de clorofila-a.

Os valores médios de clorofila-a foram iguais e inferiores ao observado por Mendoza (1997) cujo valor foi de 0,009 mg/L para o estuário do Rio Paraíba do Sul e alguns deles superiores ao descrito por Ovalle, *et al.*, (1999) cujo valor de 0,002 mg/L foi descrito para a região costeira de Caravelas.

#### **5.1.4.3.5.8 Fosfato**

Os valores extremos de fosfato dentre as campanhas realizadas foram de 0,0003 mg/L na estação M3 durante a primavera de 2003 até 0,141 mg/L na estação M5 na primavera de 2001. Os valores médios para este parâmetro nas amostras de superfície e fundo foram similares, variando de 0,003 mg/L a 0,044 mg/L na superfície e de 0,003 mg/L a 0,036 mg/L no fundo (Tabela 2 do Anexo O).

A distribuição do fosfato ao longo das estações estudadas foi bastante homogênea apresentando concentrações ligeiramente menores dentro do rio Caravelas quando comparadas com as concentrações da área costeira adjacente, embora algumas campanhas tenham apresentado picos de fosfato em algumas estações.

Vale destacar que durante a campanha de março de 2005 (8º monitoramento), observou-se um pico de fosfato na estação M3 na coleta de março, cujo valor está provavelmente relacionado à ação da dragagem, tendo em vista que este ponto encontra-se localizado na área de descarte. Este fato demonstra que a metodologia utilizada possui sensibilidade para perceber as variações ocasionadas pela ação da dragagem e que as perturbações observadas durante a mesma encontram-se restritas à área de descarte de sedimentos.

#### 5.1.4.3.5.9 Fósforo total

Os valores de fósforo total observados ao longo de todas as campanhas situaram-se entre 0,0047 mg/L na estação M1 durante a época da primavera de 2003 e 0,21 mg/L na estação Q3 durante o inverno de 2000. As médias obtidas na superfície oscilaram de 0,011 mg/L a 0,12 mg/L e no fundo de 0,012 mg/L a 0,047 mg/L (Tabela 2 do Anexo O). De maneira geral o fósforo total apresentou uma distribuição espacial mais homogênea entre as estações e nas profundidades de coleta.

Comparando-se estes valores médios com os dados obtidos em águas costeiras do Espírito Santo (Cepemar, 1999), onde a média encontrada foi de 0,02 mg/L, observa-se o enriquecimento das águas locais com compostos de fósforo. Valores médios para águas marinhas não poluídas estão entre 0,001 a 0,06 mg/L (CNEXO, 1976). A faixa considerada pela UNESCO/WHO/UNEP (1992), vai de 0,005 a 0,02 mg/L para águas marinhas naturais, o que também demonstra o enriquecimento natural das águas locais com compostos de fósforo. Ovalle, *et al.*, (1996) determinou as diferentes formas de fósforo presentes na massa d'água próxima a área de estudo e constatou uma predominância do fósforo ligado a compostos orgânicos (~75%), forma esta menos aproveitada pelos organismos autótrofos, como por exemplo, o fitoplâncton.

#### 5.1.4.3.5.10 Amônia

Os valores de amônia encontrados nas águas da região situaram-se entre 0,0002 mg/L na estação M6 durante o outono de 2005 e 0,124 mg/L na estação M7 também no outono, mas do ano anterior. No entanto, quando observadas as médias na superfície e fundo, nota-se uma variação menor, sendo de 0,002 mg/L a 0,073 mg/L na superfície e de 0,002 mg/L a 0,036 mg/L no fundo (Tabela 3 do Anexo O).

Segundo Grasshoff, *et al.*, (1983) estes valores médios estão dentro da faixa considerada normal para águas marinhas naturais. Ovalle, *et al.*, (1999) obteve na zona marinha adjacente ao canal, valores de amônia na faixa de 0,012 a 0,05 mg/L, o que demonstra, devido à proximidade com as áreas de manguezais, que as águas dentro do canal são mais enriquecidas com nutrientes, e estes são transferidos para a zona marinha pelos fluxos de maré.

#### 5.1.4.3.5.11 Nitrato

As concentrações de nitrato nas águas da região variaram de 0 a 0,45 mg/L, sendo que o menor valor foi obtido nas estações M2, M4 e M5 durante o verão de 2005 e o maior valor na estação Q1 durante o inverno de 2000. Os valores médios na superfície oscilaram de 0,002 a 0,150 mg/L e no fundo de 0,003 a 0,062 mg/L (Tabela 1 do Anexo O), estando estes

abaixo das concentrações médias reportadas por Aminot & Chaussepied (1983). Tais autores consideram que as concentrações médias de nitrato em águas marinhas costeiras não poluídas estão numa faixa entre 0,14 a 0,21 mg/L. Já em trabalho publicado pelo CNEOX (1976), a concentração média de  $\text{NO}_3$  nos oceanos varia entre 0,001 e 0,6 mg/L.

Considerando-se que o aporte de nutrientes para as águas da região, a partir dos sistemas de manguezais, se restringe às zonas bem próximas das áreas fonte, e de acordo com os valores encontrados por Ovalle, *et al.*, (1999) para águas costeiras próximas ao rio Caravelas (0,004 mg/L), pode-se considerar que os valores medidos nas campanhas são naturais. O nitrato apresentou uma tendência de decréscimo de concentrações ao longo dos pontos de amostragem, com maiores concentrações dentro do rio Caravelas e valores diminuindo com o aumento da distância das estações de coleta em relação à desembocadura da Boca do Tomba.

#### **5.1.4.3.5.12 Nitrito**

As concentrações de nitrito encontradas nas águas da região apresentaram uma variação de 0,0002 a 0,1804 mg/L, sendo o menor valor obtido na estação M2 na época do verão de 2005, e o maior valor encontrado na estação M7 em outono de 2004. As concentrações médias na superfície variaram entre 0,001 e 0,041 mg/L e no fundo de 0,001 a 0,046 mg/L (Tabela 3 do Anexo O).

A distribuição das concentrações de nitrito foi bastante homogênea ao longo das estações de amostragem e em ambas as profundidades mostraram valores médios de concentração semelhantes.

#### **5.1.4.3.5.13 Nitrogênio total**

O nitrogênio total, que engloba todas as formas de nitrogênio (orgânicas e inorgânicas) apresenta-se nas águas da região com valores variando entre 0,0245 e 1,36 mg/L, sendo que o menor valor foi medido na estação M4 no período de verão de 2005 e o maior valor na estação Q1 no inverno de 2000. As médias do nitrogênio total na superfície apresentaram uma maior amplitude de variação do que no fundo, oscilando de 0,036 a 1,120 mg/L versus uma oscilação de 0,031 a 0,296 mg/L para o fundo (Tabela 3 do Anexo O).

#### **5.1.4.3.5.14 Turbidez**

A turbidez nas águas da região apresentou uma variação entre 0,5 e 220 NTU, sendo o menor valor obtido na estação Q6 durante o verão de 2001 e o maior valor na estação M3 durante a primavera de 2003. Os valores médios da turbidez apresentaram uma maior

amplitude de variação no fundo do que na superfície, tendo seus valores médios oscilando de 3 a 116 NTU no fundo e de 2,5 a 64 NTU na superfície (Tabela 4 do Anexo O).

A turbidez encontrada nas estações está relacionada principalmente à ação das ondas e correntes que atuam sobre as baixas profundidades desta região costeira (que apresenta bancos de areia e perfil de praia com baixa declividade) e com a alta disponibilidade no local de material sedimentar de baixa granulometria.

#### 5.1.4.3.5.15 Concentração de sólidos em suspensão (CSS)

Os valores da CSS apresentaram uma ampla variação absoluta indo de 0,8 a 331 mg/L, cujo menor valor foi obtido na estação M7 no verão de 2003 e o maior valor na estação M3 na primavera de 2003. Em relação às concentrações médias, as amostras do fundo variaram mais que às da superfície, oscilando de 14,9 a 176 mg/L e de 5,9 a 125 mg/L, respectivamente (Tabela 4 do Anexo O).

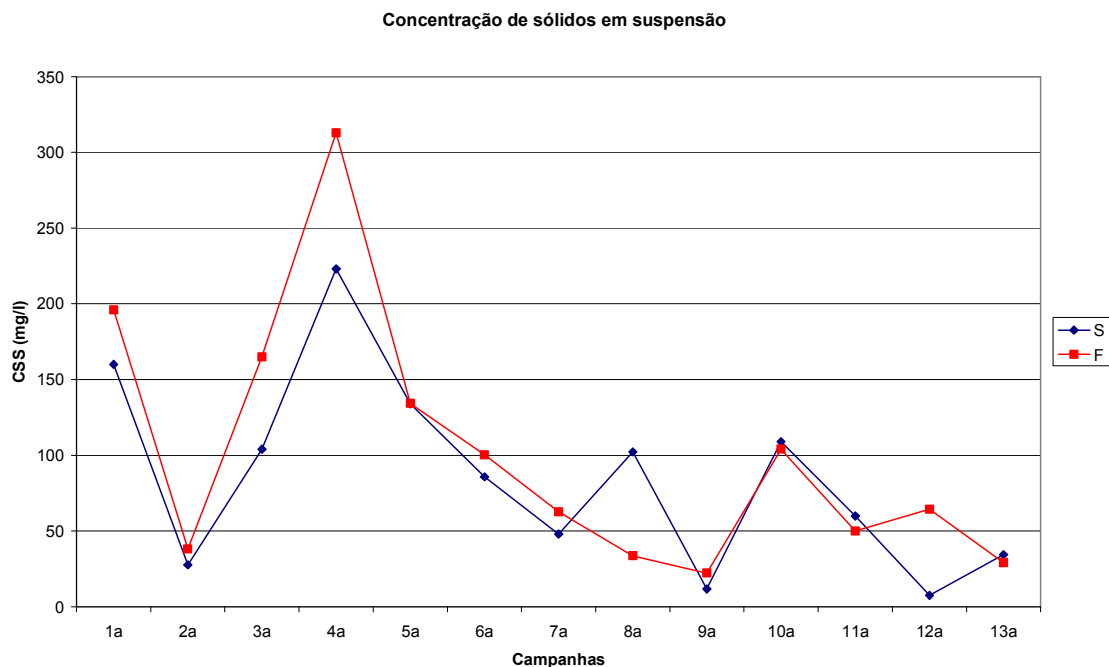
Estes valores estão no interior da faixa observada para outros pequenos rios da região nordeste ( $\cong$  110 mg/L) e para grandes rios da região leste ( $\cong$  159 mg/L) (Milliman, 1975 *apud* Knoppers, *et al.*, 1999) e para as águas da região (50 mg/L) de acordo com Leipe, *et al.*, (1999). No entanto, são mais altos do que aqueles encontrados em outras regiões costeiras (8 mg/L - Cepemar, 1999 e 0,5 a 5 mg/L - UNESCO/WHO/UNEP, 1992).

Observaram-se águas mais calmas e menos turvas em épocas de verão, enquanto que no inverno as condições se invertem.

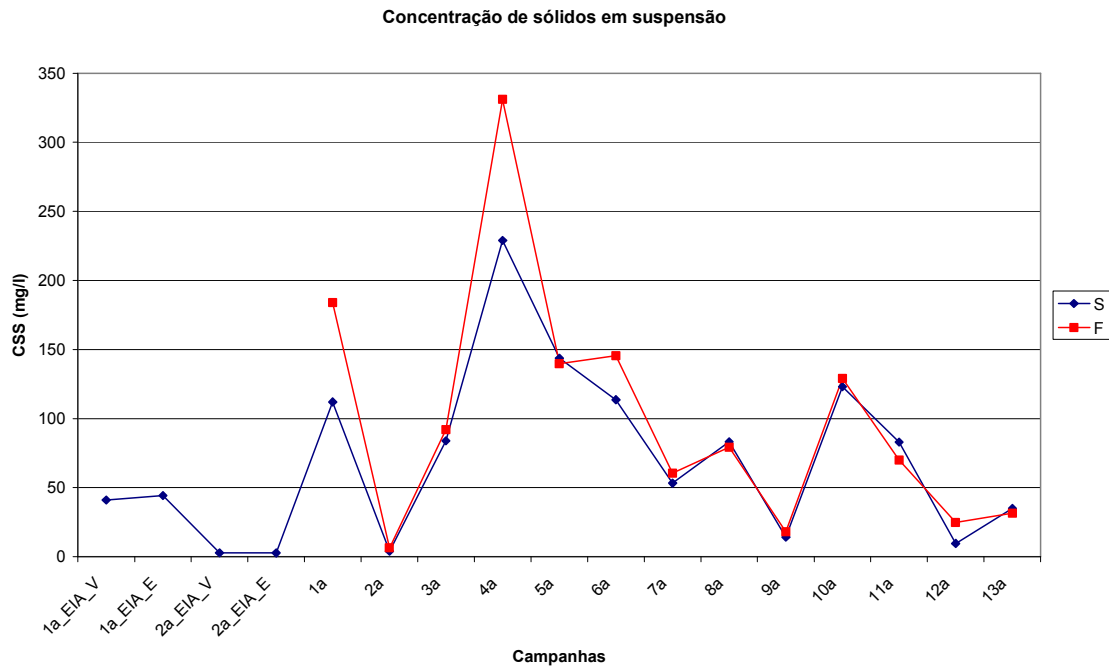
Dos treze monitoramentos em que se mediu a concentração da superfície e do fundo, as menores médias de concentração (14,9 mg/L para o fundo e 8,4 mg/L para a superfície) foram obtidas na 2ª Campanha em fevereiro de 2003, data na qual houve operação de dragagem. Em outras campanhas em que não se dragava no período, como por exemplo, na 5ª ou 6ª campanhas, os valores médios de CSS foram muito superiores para todas as estações.

Executando-se uma análise comparativa ao longo do tempo para as estações M2 (Canal), M3 (Área de Descarte) e M6 (Área de Controle), veja a Figura 5.1.4-7, Figura 5.1.4-8 e Figura 5.1.4-9, pode-se constatar que normalmente as estações seguem um padrão semelhante da CSS não influenciado pela ocorrência de dragagem. Note que a CSS na área de descarte, com exceção das 4ª, 5ª e 6ª campanhas (épocas em que não houve dragagem), apresenta valores compatíveis com os encontrados nas amostragens pré-operacionais.

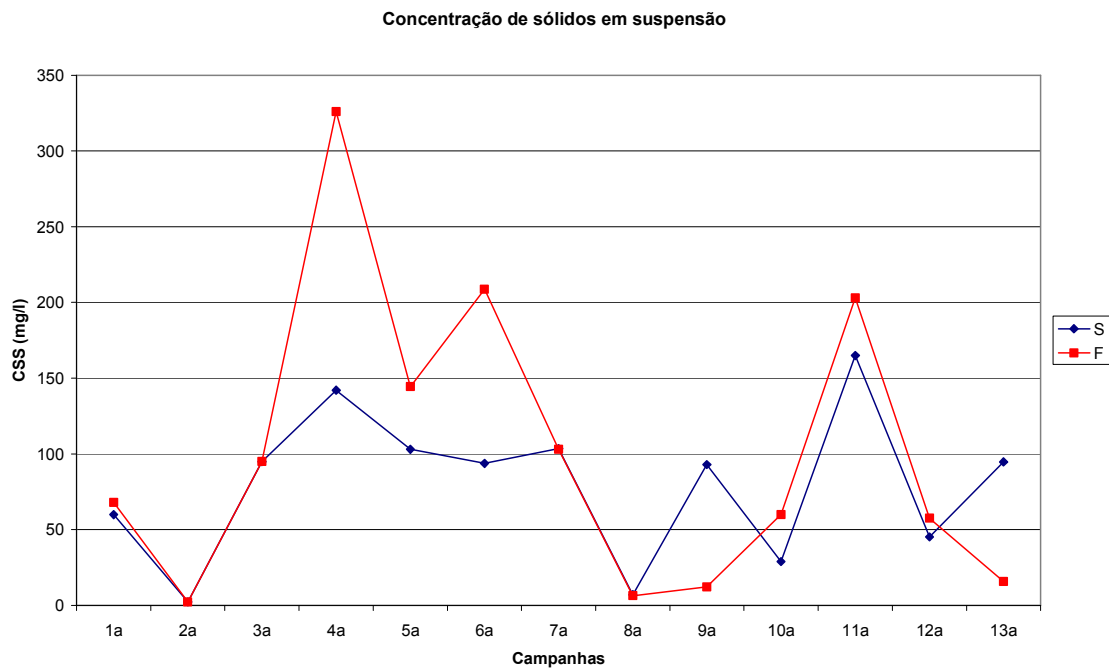
Evidentemente, as alterações de turbidez devido às dragagens ocorreram, a CSS observada na 10ª campanha aponta maiores turbidez para as estações M2 e M3 que não foram acompanhadas pela estação M6, resultando em um indicativo de que estas maiores concentrações nas regiões do Canal e Área de Descarte tenham sido originadas pela dragagem. Entretanto, na maioria dos levantamentos não se pode relacionar as concentrações com o empreendimento de dragagem, mesmo para as estações diretamente afetadas. Isto ocorre provavelmente devido ao caráter discreto e pontual desta amostragem, e pelo fato de que as variações naturais de turbidez são muito mais significativas, encobrendo os efeitos da dragagem. No item 5.1.4.4, os monitoramentos específicos, mais freqüentes e com maiores amostragens espaciais da CSS apresentam um refinado detalhamento da condição da CSS para a região.



**Figura 5.1.4-7 – Concentração de sólidos em suspensão (CSS) – Estação M2 - Canal**



**Figura 5.1.4-8 – Concentração de sólidos em suspensão (CSS) – Estação M3 - Área de Descarte**



**Figura 5.1.4-9 – Concentração de sólidos em suspensão (CSS) – Estação M6 - Área de Controle**

Os altos valores de sedimentos em suspensão naturalmente observados na região são creditados à ressuspensão dos sedimentos de fundo pelas ondas e correntes (Leipe, *et al.*

1999). O intenso processo erosivo natural dos terraços de mangue, da Ilha Cassurubá e da Ilha Pontal do Sul ocorrente na região, é responsável pela disponibilização de grande quantidade de sedimentos lamosos da linha de costa e por consequência contribui significativamente para a elevada carga de material em suspensão nas águas da região.

Contudo, o mais importante a ser compreendido, é que mesmo as maiores concentrações observadas estão dentro da faixa de variabilidade natural do ambiente, independentemente da ocorrência das obras de dragagem.

#### **5.1.4.3.5.16 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)**

O parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) foi utilizado como indicador de contaminação doméstica, assim como o parâmetro coliformes fecais. A DBO<sub>5</sub> foi analisada apenas nas campanhas pré-operacionais (ago/2000 e fev/2001) em situação de maré vazante, quando era esperada uma maior sensibilidade do sistema a qualquer tipo de impacto antrópico de origem continental. Neste aspecto, os valores obtidos demonstram a boa capacidade de suporte do sistema no sentido de diluir e dispersar os poluentes orgânicos dos esgotos domésticos da sede do município de Caravelas e do distrito de Ponta de Areia, que são lançados *in natura* no estuário do rio Caravelas. Os valores médios de DBO<sub>5</sub> oscilaram de 1,2 a 3,1 mg/L, valores estes considerados naturais (Tabela 4 do Anexo O).

#### **5.1.4.3.5.17 Cor**

O parâmetro cor foi avaliado somente nas duas campanhas pré-operacionais de agosto de 2000 e fevereiro de 2001, resultando em valores médios menores que 5 mg/L até 13,6 mg/L (Tabela 4 do Anexo O). Tal parâmetro não se mostrou um bom indicador da qualidade das águas na região, estando seus valores abaixo do limite de detecção em praticamente todas as estações.

#### **5.1.4.3.5.18 Coliformes fecais**

O parâmetro coliformes fecais foi utilizado como indicador de contaminação doméstica e assim como a DBO<sub>5</sub> também foi analisado sob as mesmas condições e período. Os valores médios obtidos para este parâmetro, variaram de 7 a 28 NMP/100ml (Tabela 4 do Anexo O), valores estes considerados naturais. Tais valores demonstram a boa dispersão e diluição dos poluentes orgânicos lançados a partir dos esgotos domésticos da cidade.

Vale ressaltar que mesmo com o aumento de pessoas no município devido ao afluxo de turistas no período do verão, o sistema apresenta boa capacidade de suporte no que se refere aos coliformes fecais e também à DBO<sub>5</sub>.



#### 5.1.4.3.6 *Caracterização da qualidade da água na zona de Influência Direta de acordo com as Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000*

A Resolução CONAMA 357/05 visa garantir a defesa dos níveis de qualidade das águas doces, salobras e salinas, avaliadas por parâmetros e indicadores específicos, assim como também dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

A Resolução CONAMA 274/2000 define critérios para a classificação das águas destinadas à recreação de contato primário. Segundo os critérios estabelecidos por essa resolução, as praias são classificadas em quatro categorias diferenciadas, quais sejam:

- Excelente;
- Muito boa;
- Satisfatória;
- Imprópria.

A categoria da praia é definida de acordo com as densidades de Coliformes Termotolerantes ou *E. coli* resultantes de análise feitas em cinco amostragens consecutivas. As categorias Excelente, Muito Boa e Satisfatória podem ser agrupadas numa única classificação denominada Própria.

Da Tabela 5.1.4-6 a Tabela 5.1.4-9 são apresentados os valores médios dos vários parâmetros monitorados na região de estudo para a superfície e fundo.

**Tabela 5.1.4-6 – Estatística dos parâmetros: transparência da água, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e condutividade**

Estatística	Transparência	Temperatura		Salinidade		Oxigênio		Condutividade	
	(m)	(°C)		(‰)		(mg/L)		(mS/cm)	
		S	F	S	F	S	F	S	F
<b>Média</b>	1,43	26,64	26,50	36,19	36,66	6,61	6,36	54,61	55,27
<b>Desvio padrão</b>	1,46	2,25	1,78	2,18	1,77	0,66	0,71	2,88	2,30
<b>Máximo</b>	7	31,49	30,91	40,57	40,5	8,41	8,9	60,43	60,32
<b>Mínimo</b>	0,1	22,83	23,65	28,87	31,7	5,56	5,2	44,58	48,34

**Tabela 5.1.4-7 – Estatística dos parâmetros: pH, clorofila-a, fosfato, fósforo total e amônia**

Estatística	pH		Clorofila a		Fosfato		P total		Amônia	
			(mg/L)		(mg/L)		(mg/L)		(mg/L)	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
<b>Média</b>	8,03	8,04	0,0014	0,0017	0,0136	0,0149	0,0454	0,0307	0,0262	0,0135
<b>Desvio padrão</b>	0,25	0,30	0,0032	0,0041	0,0190	0,0167	0,0395	0,0151	0,0280	0,0148
<b>Máximo</b>	8,79	8,79	0,0249	0,0369	0,1410	0,0880	0,2100	0,0870	0,1240	0,0710
<b>Mínimo</b>	7,41	7,1	0	0	0,0003	0,0001	0,0047	0,0080	0,0002	0,0006

**Tabela 5.1.4-8 – Estatística dos parâmetros: nitrato, nitrito, nitrogênio total, turbidez e concentração de sólidos em suspensão (CSS)**

Estatística	Nitrato		Nitrito		N total		Turbidez		CSS	
	(mg/L)		(mg/L)		(mg/L)		(NTU)		(mg/L)	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
<b>Média</b>	0,0431	0,0169	0,0114	0,0085	0,3658	0,1476	22,3	33,9	60,5	84,7
<b>Desvio padrão</b>	0,0634	0,0192	0,0186	0,0191	0,3760	0,0878	26,1	45,1	52,7	74,5
<b>Máximo</b>	0,4500	0,1080	0,1804	0,1724	1,3600	0,5307	137	220	229	331
<b>Mínimo</b>	0	0	0,0002	0,0003	0,0303	0,0245	0,5	0,9	0,8	0,8

**Tabela 5.1.4-9 – Estatística dos parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), cor e coliformes fecais**

Estatística	DBO <sub>5</sub>	Cor	Coliformes fecais
	(mg/L)	(mg/L)	(NMP/100ml)
	S	S	S
<b>Média</b>	2,2	8,0	14,9
<b>Desvio padrão</b>	1,7	8,5	15,7
<b>Máximo</b>	7,9	48,6	50
<b>Mínimo</b>	0,9	5	2

Considerando-se todos os monitoramentos realizados entre agosto de 2000 e março de 2007, verificou-se que os resultados dos parâmetros analisados classificaram as águas no entorno do empreendimento como águas salinas (águas com salinidade igual ou superior a 30‰) e de Classe 1 (veja Tabela 5.1.4-10) destinadas:

- à recreação de contato primário, conforme resolução CONAMA 274/2000;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à aquicultura e à atividade de pesca.

De acordo com a Resolução CONAMA 274/2000, a água da região monitorada foi classificada como “própria” e no que se refere à balneabilidade, considerada “muito boa” (“quando 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros”).

**Tabela 5.1.4-10 – Critérios de qualidade de águas (Tabela IV, Classe 1, águas salinas - CONAMA 357/05) e valores médios observados nas águas locais**

Parâmetros	Resolução CONAMA 357/2005	Valores médios dentre todos os monitoramentos (desvio padrão)*	
		Superfície	Fundo
Oxigênio dissolvido	> 6 mg/L	6,61 mg/L (0,66)	6,36 mg/L (0,71)
pH	6,5 – 8,5	8,0 (0,25)	8,0 (0,30)
Fósforo total	< 0,062 mg/L	0,045 mg/L (0,039)	0,031 mg/L (0,015)
Nitrato	< 0,40 mg/L	0,04 mg/L (0,06)	0,02 mg/L (0,02)
Nitrito	< 0,07 mg/L	0,01 mg/L (0,02)	0,01 mg/L (0,02)
Nitrogênio amoniacal total	< 0,40 mg/L	0,37 mg/L (0,38)	0,15 mg/L (0,09)
Coliformes fecais	CONAMA n°274/2000	14,9 NMP/100ml (15,7)	-

\* o valor do desvio padrão respectivo encontra-se entre parênteses

Conforme caracterizado, todos os parâmetros de qualidade da água analisados indicam que a mesma atende perfeitamente aos usos requeridos. Salienta-se que para o oxigênio dissolvido, algumas poucas amostras apresentaram valores ligeiramente abaixo do que demanda a legislação para a Classe 1. No entanto, tais valores costumam estar associados fundamentalmente a processos naturais, relacionados com o metabolismo do sistema (por exemplo, a produção e respiração da biota), hidrodinamismo e reações biogeoquímicas; e

no caso do rio Caravelas certamente também estão relacionados com o lançamento de esgotos *in natura* no estuário. Os menores valores de oxigênio ocorreram no período de maré vazante, situação em que é menor a influência das águas marinhas mais oxigenadas.

#### 5.1.4.3.7 *Análise Integrada dos Monitoramentos*

De uma forma geral, a costa leste brasileira é caracterizada por ser uma região de baixa produtividade, induzida pela presença de águas oligotróficas da Corrente Equatorial Sul (CES), que forma a Corrente do Brasil.

As baixas concentrações de nutrientes observadas neste estudo são típicas das águas oligotróficas das águas costeiras do litoral brasileiro, principalmente no litoral do nordeste. O aporte de nutrientes nesta região é decorrente principalmente do escoamento de médios e grandes rios que lançam matéria orgânica e nutrientes, aumentando a produtividade nas regiões próximas a sua foz (Ovalle, *et al.* 1999).

O rio Caravelas é responsável por um pequeno aporte de nutrientes para a zona costeira, já que a descarga fluvial do mesmo é baixa, fato evidente quando observamos a salinidade do canal que nunca apresentou valores abaixo de 29 ‰, mesmo em seu ponto mais interior. Tal fato reforça a hipótese de um fraco aporte de águas continentais e o domínio das águas da Corrente do Brasil (Água Tropical e Água Costeira) na área de estudo. A Água Tropical (AT) é caracterizada por uma massa de água quente ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ), com elevadas salinidades ( $>36,0\text{‰}$ ) e baixas concentrações de nutrientes. A água Costeira é representada pela AT com influência de aportes continentais (Susini-Ribeiro, 1999). Estas características são as mesmas observadas ao longo dos monitoramentos realizados na região costeira de Caravelas, o que reforça a importância desta massa de água na região em questão.

Outra fonte de nutrientes, tanto no rio Caravelas quanto na região costeira, é a ressuspensão do sedimento, que pode liberar nutrientes na forma orgânica e inorgânica para a coluna d'água. Embora as atividades de dragagem removam o sedimento, as baixas concentrações de nutrientes indicam que não está havendo liberação significativa para a coluna d'água.

Os valores médios observados para os nutrientes como, nitrito, nitrato e fosfato, podem ser considerados normais, adotando-se como critério as faixas de variação de nutrientes nos oceanos, que são: nitrito (0 - 0,042 mg/L); nitrato (0 - 0,63 mg/L); e fosfato (0 - 124 mg/L) (Niencheski, *et al.* 1999).

Quando comparamos os resultados obtidos no presente estudo com os valores de concentrações de nutrientes das massas de água costeiras predominantes na região podemos observar que os valores médios obtidos nas campanhas realizadas na região de

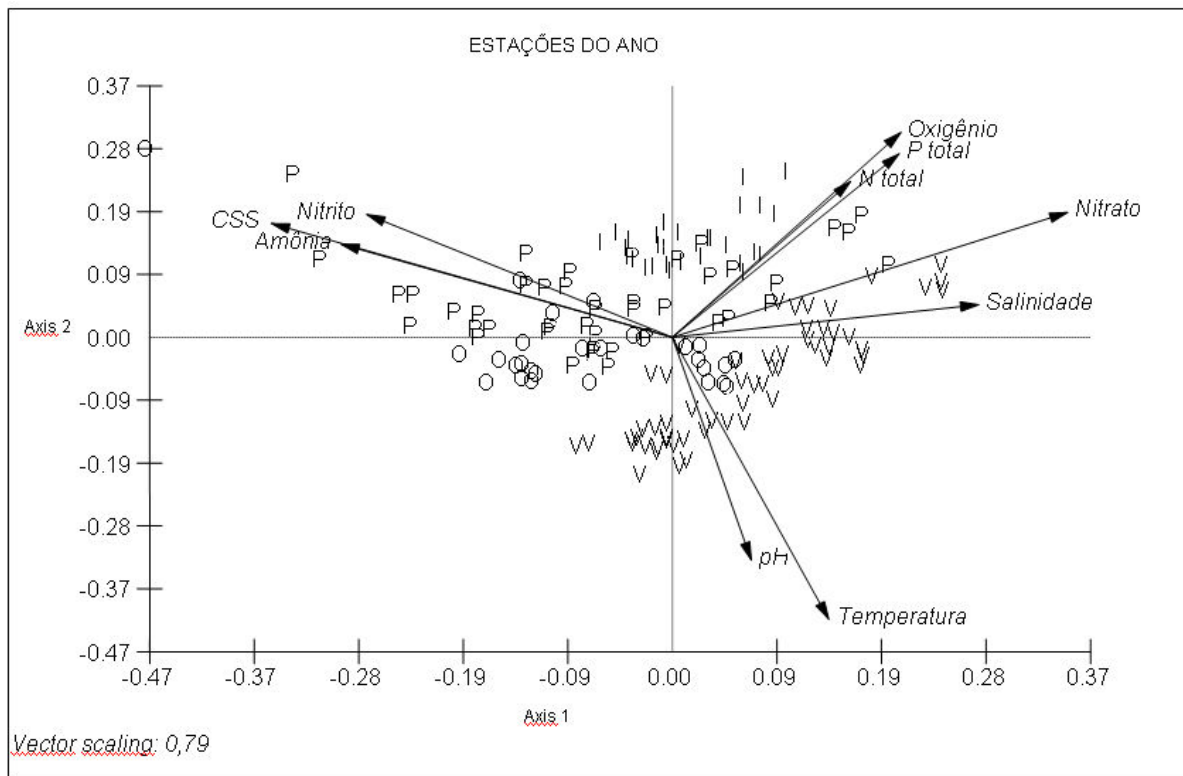
Caravelas estão sempre acima dos valores descritos na literatura para a Água Tropical (AT), para todos os nutrientes analisados. Entretanto, estes valores são similares aos descritos para a Água Costeira (AC). Os valores de nutrientes, observados na campanha de março de 2007 (realizada nos últimos dias desta campanha de dragagem), apresentam-se abaixo das médias históricas (2000/2006) para todos os parâmetros analisados, sendo que somente o nitrato apresentou valores um pouco acima das concentrações descritas na literatura para Água Costeira (AC). Este fato reforça que a oscilação de nutrientes das águas costeiras rasas ocorre por ressuspensão natural de sedimentos costeiros e pela contribuição do rio Caravelas, sem qualquer relação direta com a dragagem, que foi intensamente realizada durante março de 2007.

Em relação à produtividade, as concentrações de clorofila-a foram baixas, indicando uma provável baixa produtividade primária. De acordo com Hasegawa, *et al.* (2000), em ambientes marinhos costeiros o suprimento de nitrogênio e fósforo frequentemente limita a produção primária e conseqüentemente tem efeitos nos níveis tróficos superiores. Por outro lado, conforme observado anteriormente, apesar das baixas concentrações de nutrientes observadas na série histórica de coletas do presente monitoramento, o número de organismos fitoplanctônicos presentes por volume d'água, segundo o relatório Cepemar (2005), foi mediano. Baseado neste fato a região de Caravelas pode ser considerada como mesotrófica.

Observou-se que os valores de CSS e turbidez estão relacionados com a ressuspensão natural dos sedimentos de fundo, principalmente devido à ação das ondas, correntes e ventos que atuam sobre as baixas profundidades da região, demonstrando um intenso hidrodinamismo. Em algumas poucas campanhas foram observados aumentos de concentrações de alguns nutrientes assim como de turbidez que pudessem estar relacionados à atividade de dragagem, tendo em vista que os mesmos ocorreram em pontos próximos à área de descarte do material dragado. Porém este efeito foi localizado, bem próximo às áreas de dragagem e descarte, o que já podia ser esperado, não sendo observado nas estações mais distantes. Vale ressaltar que mesmo estes valores um pouco mais elevados encontram-se dentro da faixa de variabilidade anteriormente observada para o sistema, não representando nenhum dano ao ambiente.

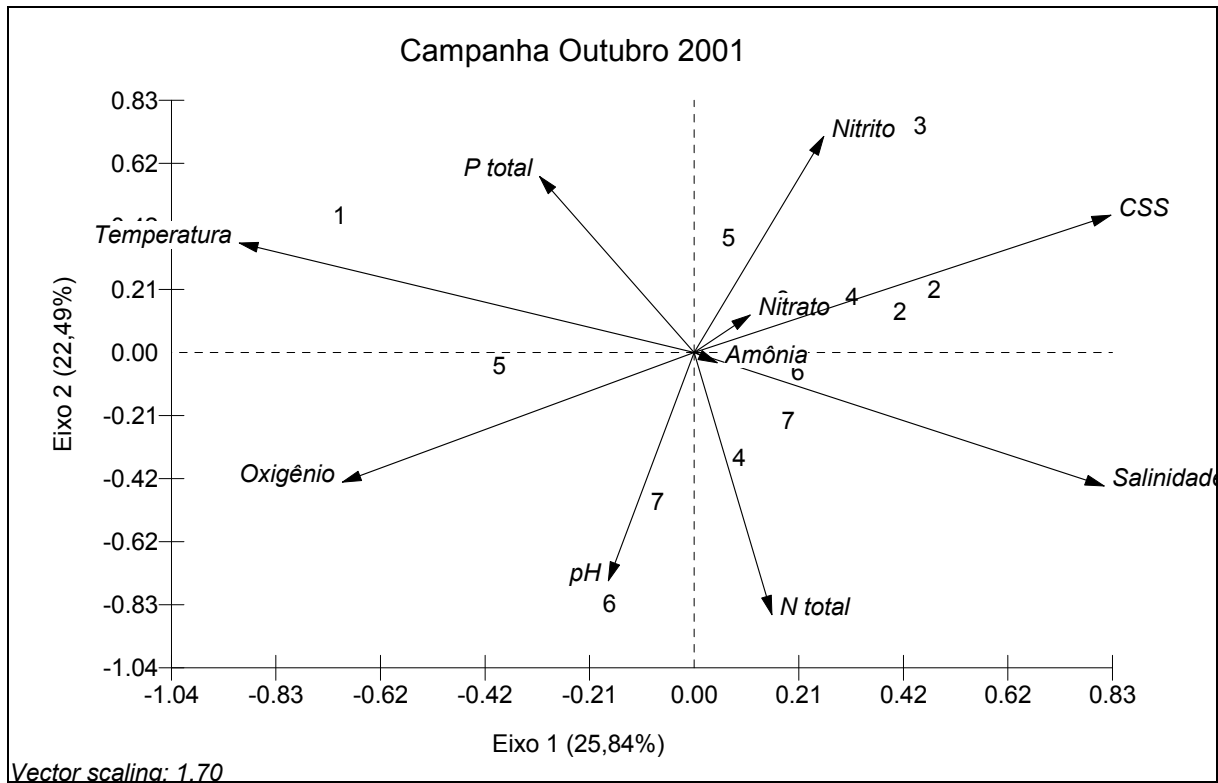
Apesar da amostragem realizada ao longo do monitoramento não ter tido periodicidade constante ao longo das estações, em uma avaliação da variação sazonal, pode-se observar que as coletas de primavera, outono e inverno, geralmente apresentam concentrações mais baixas de nutrientes, quando comparadas ao verão. Este fato ocorre principalmente devido à baixa pluviosidade que diminui o escoamento superficial minimizando a entrada de água doce para os sistemas estuarinos, sendo que estas águas são geralmente bastante enriquecidas em nutrientes e, portanto, uma importante fonte desses compostos para as

zonas costeiras (Jennerjahn, *et al.*, 1996). Nos períodos de verão com o aumento da pluviosidade a tendência é um maior aporte de nutrientes para a região costeira elevando as concentrações de nutrientes e a produtividade primária. Aplicando-se uma análise de componentes principais (PCA) com os dados de todas as coletas entre 2000 e 2006 e identificando-se em que estações do ano estas foram obtidas, pode-se observar melhor a diferença entre as estações do ano, veja a Figura 5.1.4-10.



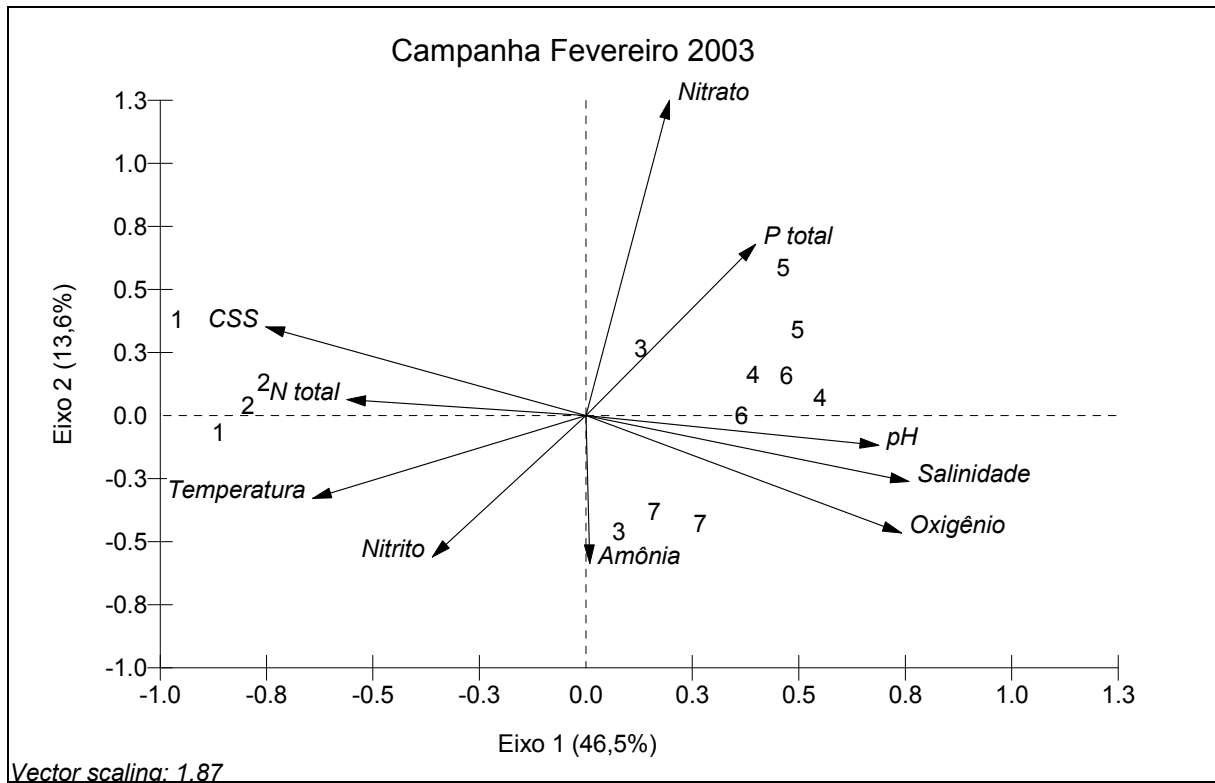
**Figura 5.1.4-10 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações do ano em que as amostras foram coletadas.**

Aplicando-se a análise de componente principais (PCA) isoladamente para cada campanha (veja da Figura 5.1.4-11 a Figura 5.1.4-22), não foi revelado nenhum padrão ao longo do período amostrado. Na campanha inicial (Out/2001), nenhuma das variáveis foi suficiente para explicar a variação observada entre os pontos de coleta, que se agruparam de maneira desconexa. A partir de 2003 as campanhas foram agrupadas de acordo com a afinidade entre os pontos de coleta. Assim os mesmos pontos tomados em diferentes profundidades foram agrupados conjuntamente. Logo em 2004, foi detectada uma clara influência da temperatura e da salinidade na distribuição dos pontos. Já em 2005 e 2006, notou-se a influência dos nutrientes nitrogenados na organização dos pontos amostrados, além da temperatura e salinidade.

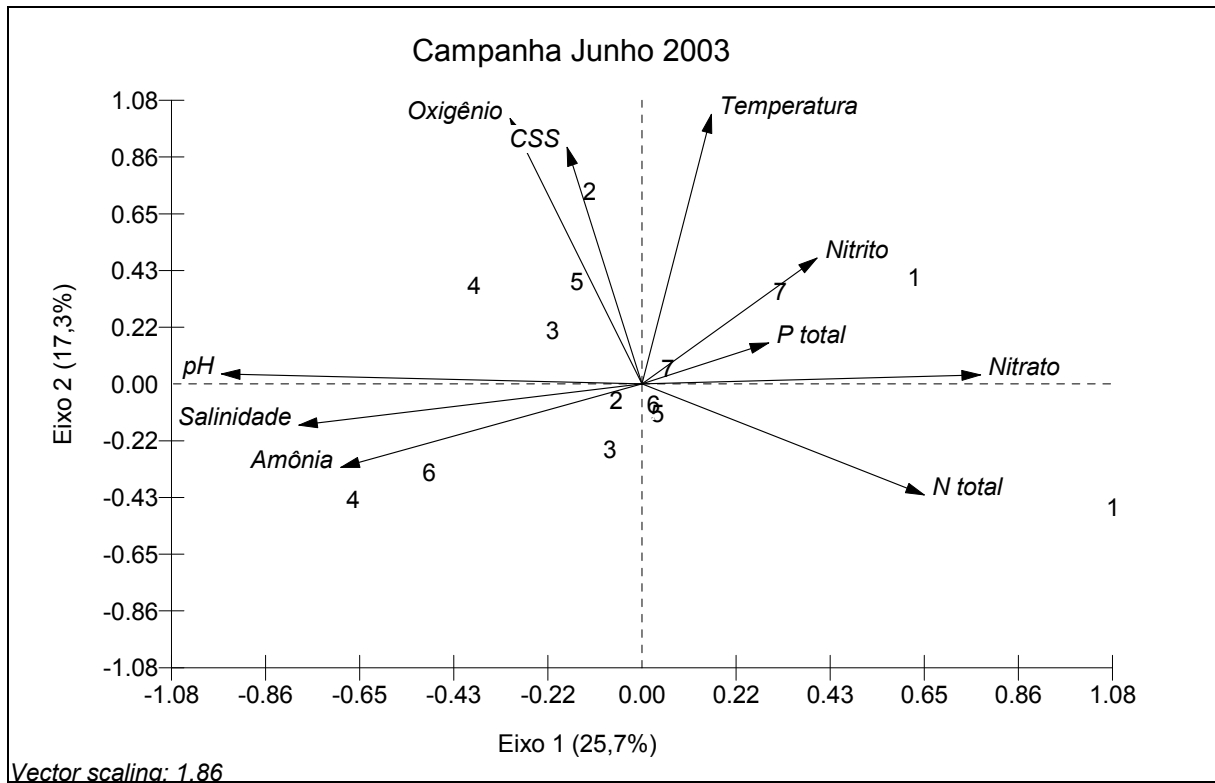


**Figura 5.1.4-11 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Outubro de 2001**

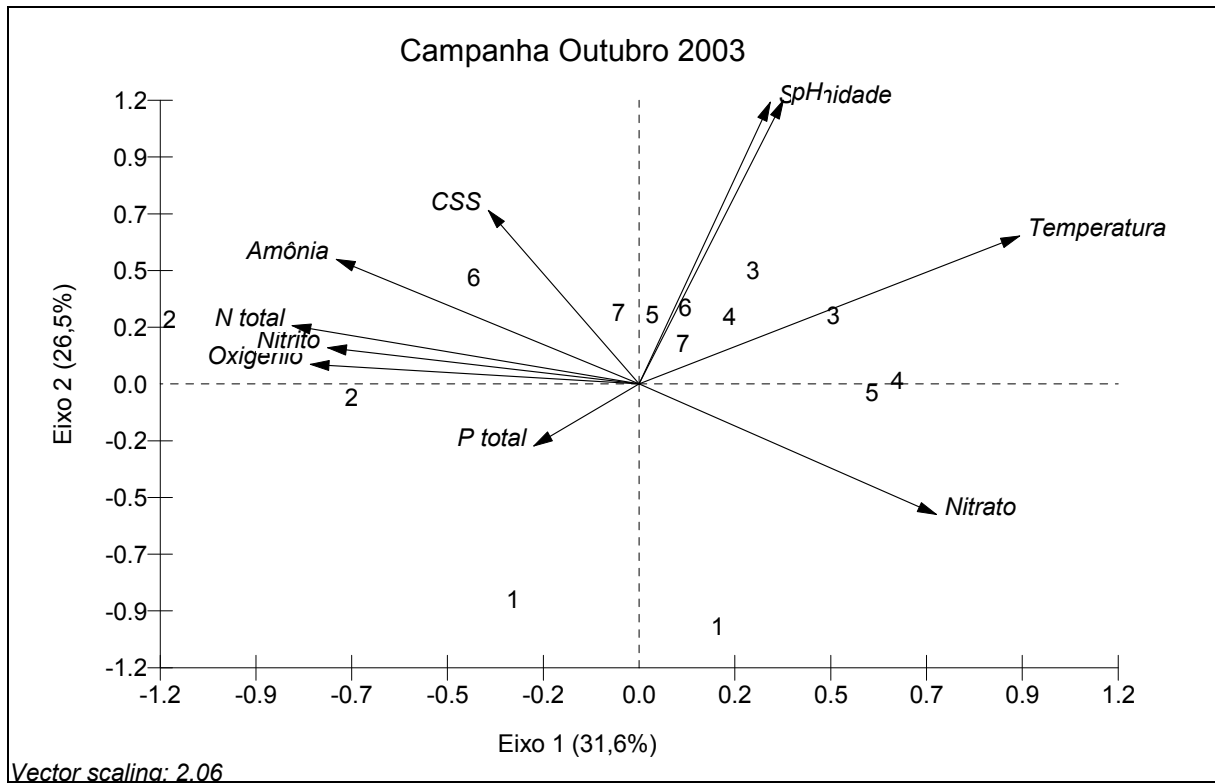




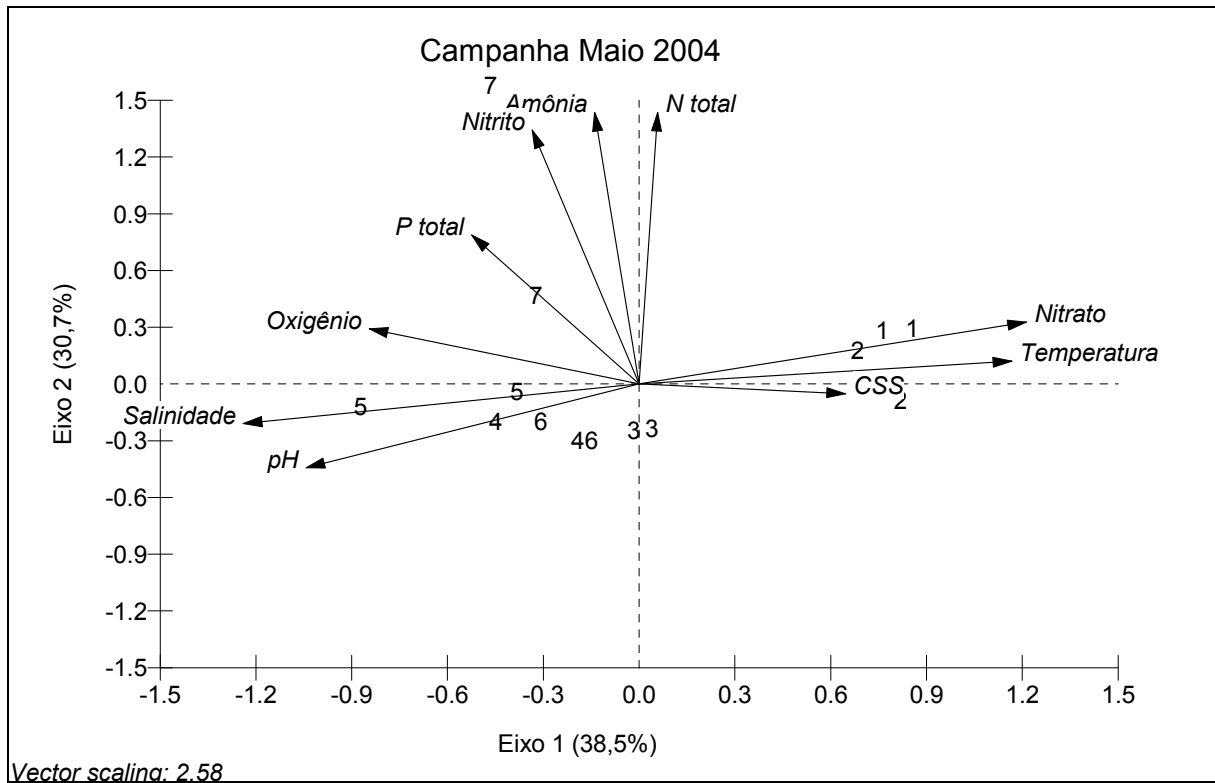
**Figura 5.1.4-12 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Fevereiro de 2003**



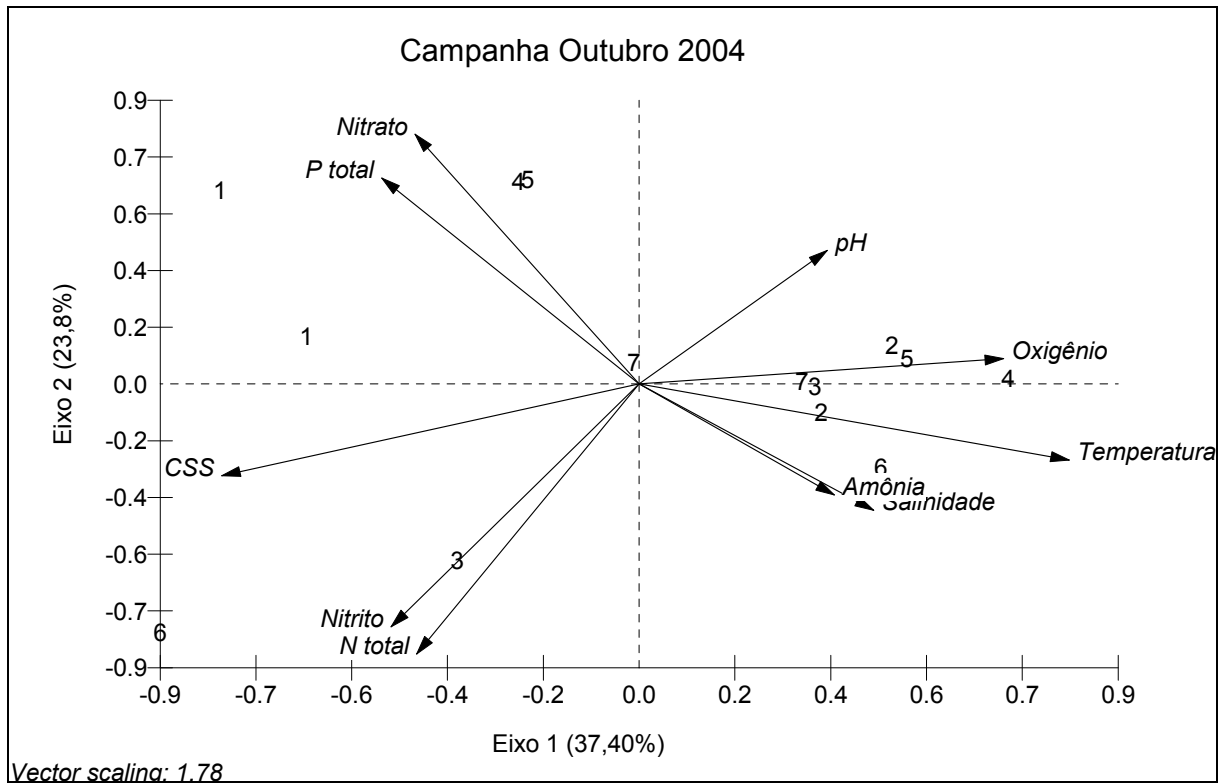
**Figura 5.1.4-13 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Junho de 2003**



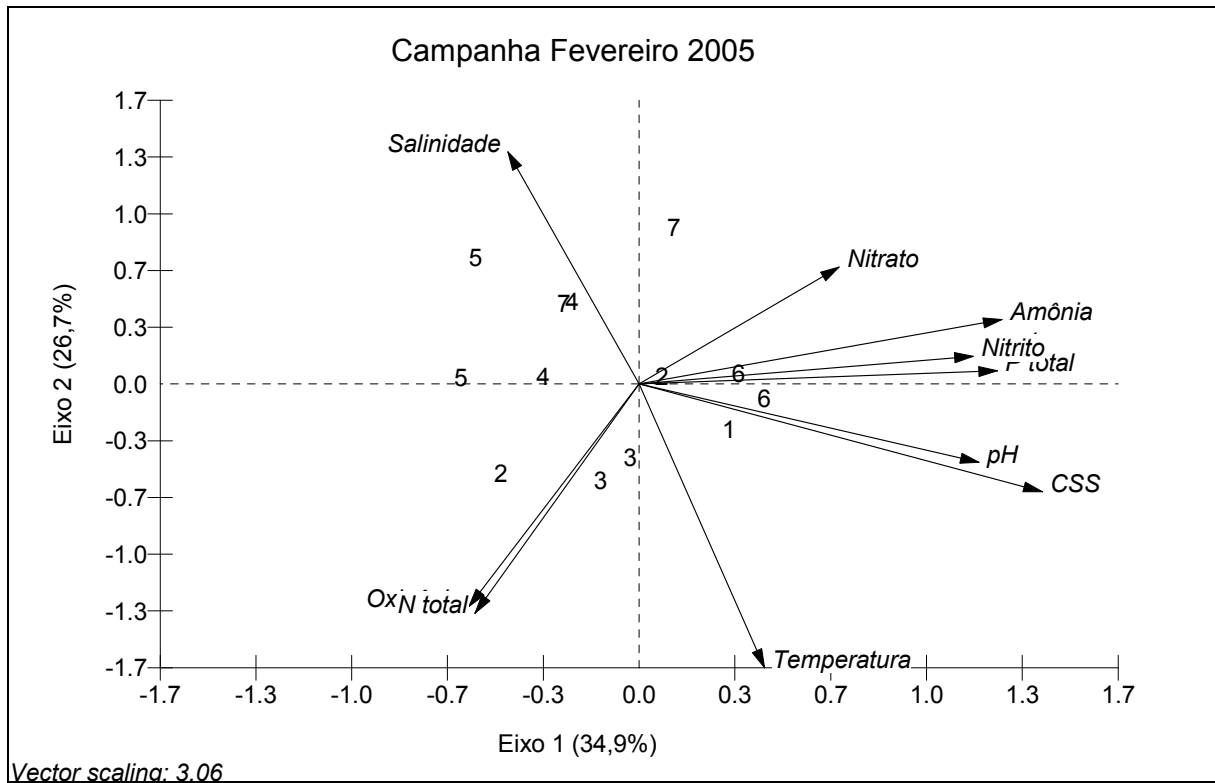
**Figura 5.1.4-14 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Outubro de 2003**



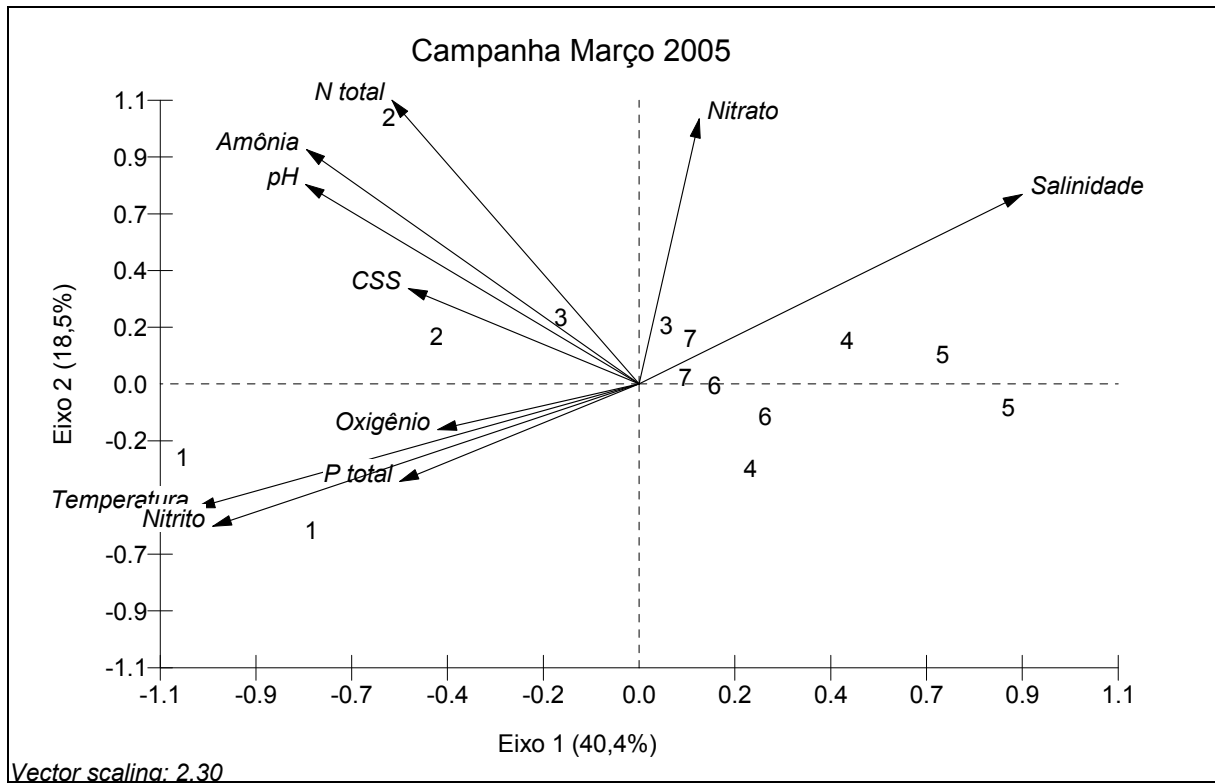
**Figura 5.1.4-15 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Maio de 2004**



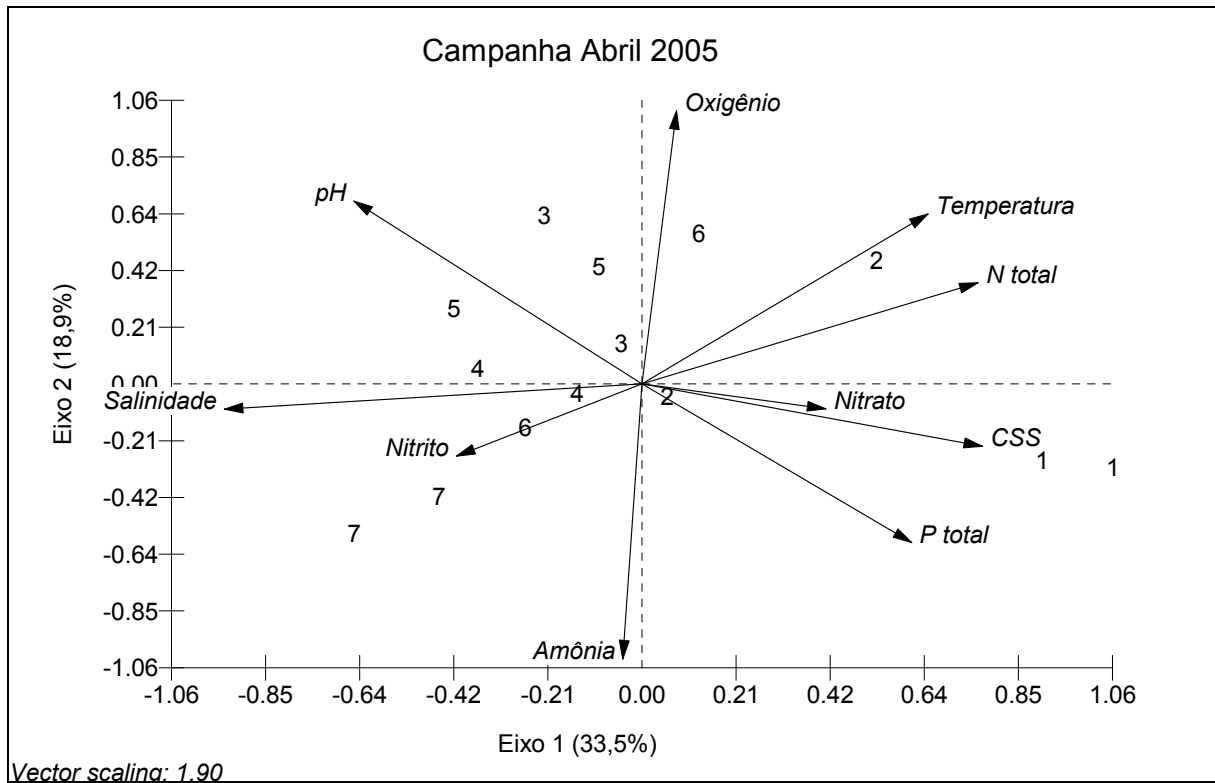
**Figura 5.1.4-16 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Outubro de 2004**



**Figura 5.1.4-17 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Fevereiro de 2005**

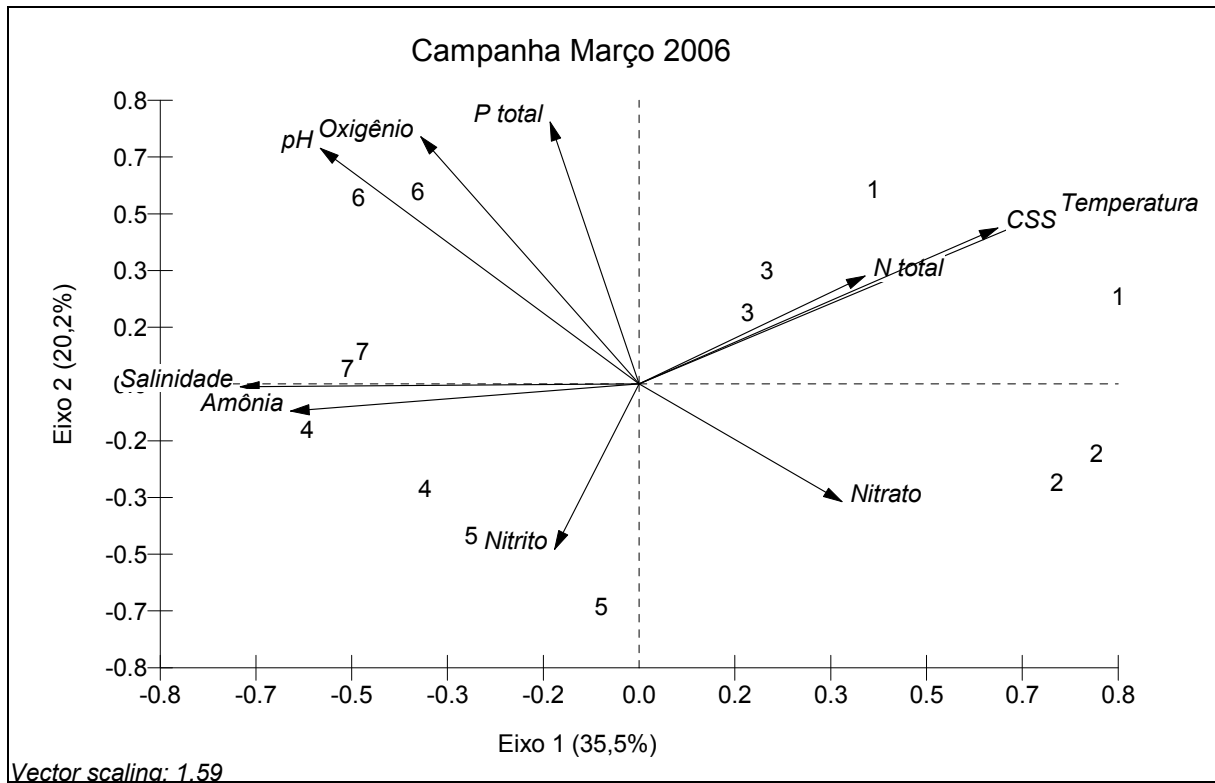


**Figura 5.1.4-18 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Março de 2005**

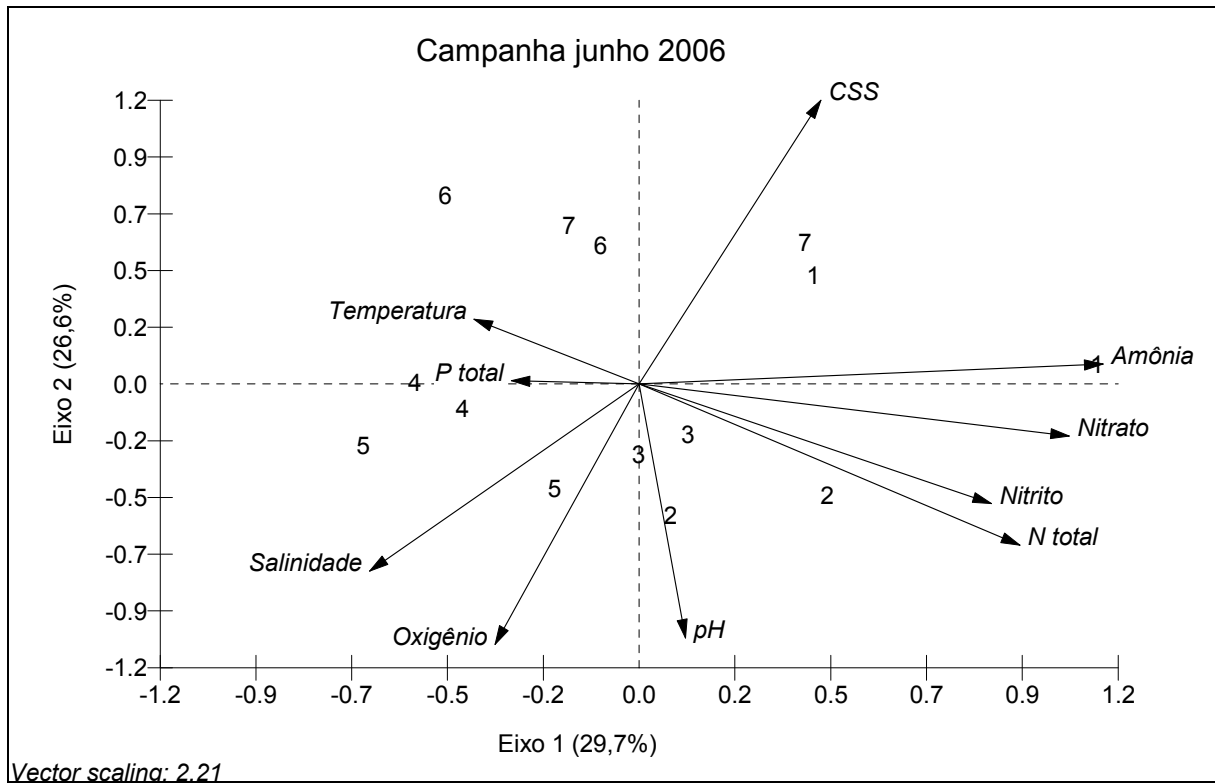


**Figura 5.1.4-19 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Abril de 2005**

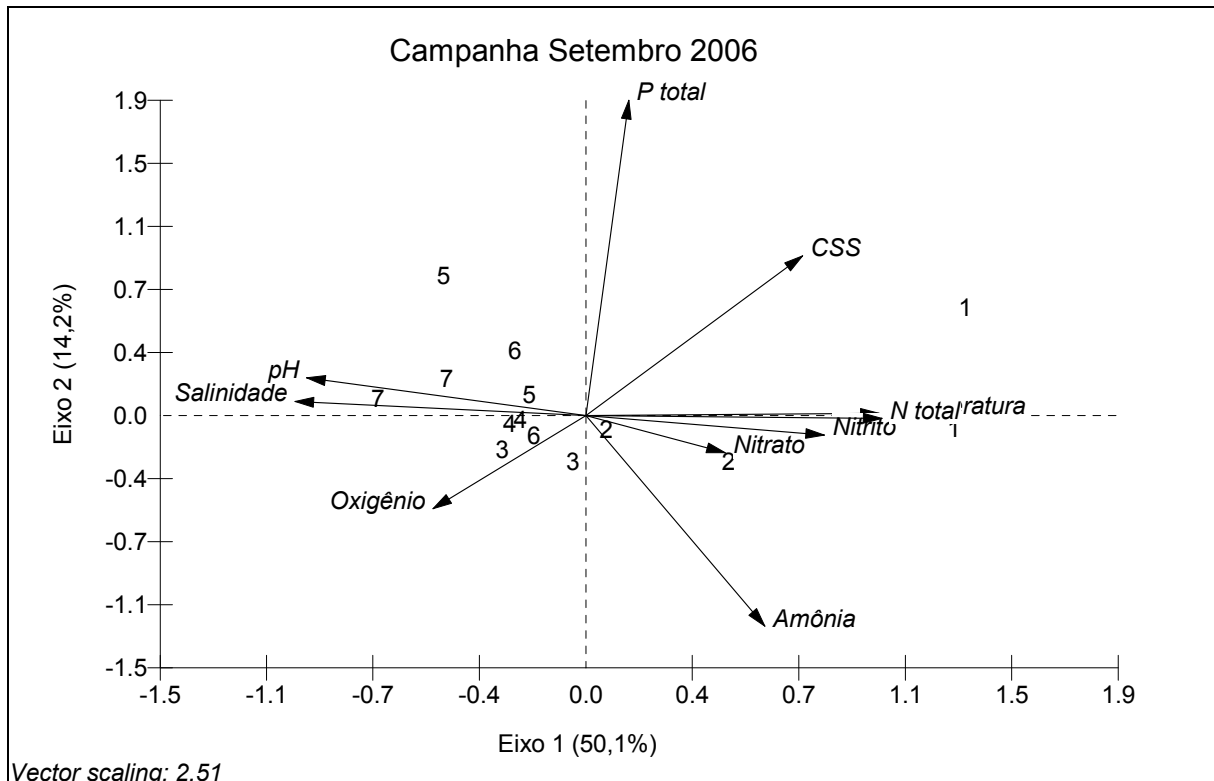




**Figura 5.1.4-20 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Março de 2006**



**Figura 5.1.4-21 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Junho de 2006**



**Figura 5.1.4-22 – Representação gráfica da análise de componente principais (PCA) com os dados de parâmetros físico-químicos e nutrientes com identificação das estações de monitoramento (1 a 7) – Campanha de Setembro de 2006**

Como resultado das análises de componentes principais conclui-se que as amostras de água analisadas separadamente para cada campanha não mostram uma separação das estações de controle (M6 e M7) das demais, demonstrando que não existe uma influência direta do empreendimento de dragagem na qualidade da água no local ao longo dos anos.

#### 5.1.4.3.8 Conclusão

A distribuição de nutrientes assim como a turbidez são considerados excelentes indicadores de qualidade ambiental nos corpos hídricos, uma vez que podem responder às mínimas alterações causadas por empreendimentos nos mesmos.

Os parâmetros físico-químicos analisados *in situ* permitiram caracterizar as águas locais como tipicamente costeiras (Águas Tropicais da Corrente do Brasil) com pequena influência de águas continentais. Segundo Leipe, *et al.* (1999), o estuário de Caravelas comporta-se como um típico canal de maré, governado por águas costeiras. Na região de estudo, não

existem importantes aportes fluviais, sendo o sistema abastecido de água doce, principalmente, por águas do lençol freático.

A partir da análise do extenso banco de dados dos monitoramentos realizados, pode-se afirmar que a qualidade da água costeira da área de influência do empreendimento não apresentou nenhuma modificação significativa que possa ser atribuída às atividades de dragagem. Os resultados de qualidade da água indicam que todas as variações observadas encontram-se dentro da faixa natural deste ambiente.

Analisando-se a evolução dos parâmetros em conjunto com as localidades das estações e com os períodos de dragagem, conclui-se que as oscilações naturais são muito mais significativas, que as potencialmente originadas dos efeitos da dragagem, pouco detectadas.

No período de amostragem analisado pelo monitoramento não foram verificados impactos negativos da atividade de dragagem que possam causar dano ambiental na região, quanto à qualidade da água costeira.

Assim, conclui-se que a atividade de dragagem realizada dentro dos padrões atuais (periodicidade e volume de sedimentos dragados iguais ao atualmente praticados) não oferece danos à qualidade da água costeira local.

#### **5.1.4.4 Caracterização detalhada da Concentração de Sedimentos em Suspensão**

##### *5.1.4.4.1 Introdução*

Um programa de monitoramento da circulação de água e da concentração de sedimentos em suspensão foi estabelecido em uma área de aproximadamente 115 km<sup>2</sup> no Canal de Sueste, na região costeira de Caravelas (Figura 5.1.4-23). O monitoramento foi solicitado pelo IBAMA com o objetivo de acompanhar o grau e a extensão espacial dos impactos associados às atividades de dragagem do acesso ao Canal do Tomba, no tocante à Concentração de Sedimentos em Suspensão.

O monitoramento ainda prossegue atualmente, constituindo-se de duas atividades principais:

- A coleta contínua de informações em dois pontos fixos através de dois correntômetros InterOcean S4ADWI fundeados a 3 metros do fundo. Este monitoramento foi iniciado em janeiro de 2002 após instalação dos correntômetros nas estações #106 e #506;
- A determinação periódica das concentrações de sedimento em suspensão (CSS) na coluna d'água em 45 pontos distribuídos em 5 perfis transversais à linha de costa. Este monitoramento teve a primeira campanha realizada em novembro de 2001.

##### *5.1.4.4.2 Metodologia*

###### **5.1.4.4.2.1 Caracterização da turbidez – Estações #106 e #506**

A turbidez foi medida através de dispositivos OBS (optical backscatter), acoplados aos correntômetros fundeados nas estações #106 e #506. A estação #106 localiza-se na posição 17°47.700'S / 39°07.150'W (WGS-84) distando aproximadamente 11,3 km da Boca do Tomba na direção Leste, enquanto a estação #506 encontra-se nas coordenadas geográficas 17°53.400'S / 39°12.600'W (WGS-84) distando da Boca do Tomba cerca de 17,1 km na direção Sul (veja Tabela 5.1.4-11 e Figura 5.1.4-24). A profundidade média no local de ambas as estações é de aproximadamente 10 m (DHN), estando localizadas em região de fundo plano e com sedimento lamoso na camada superficial.

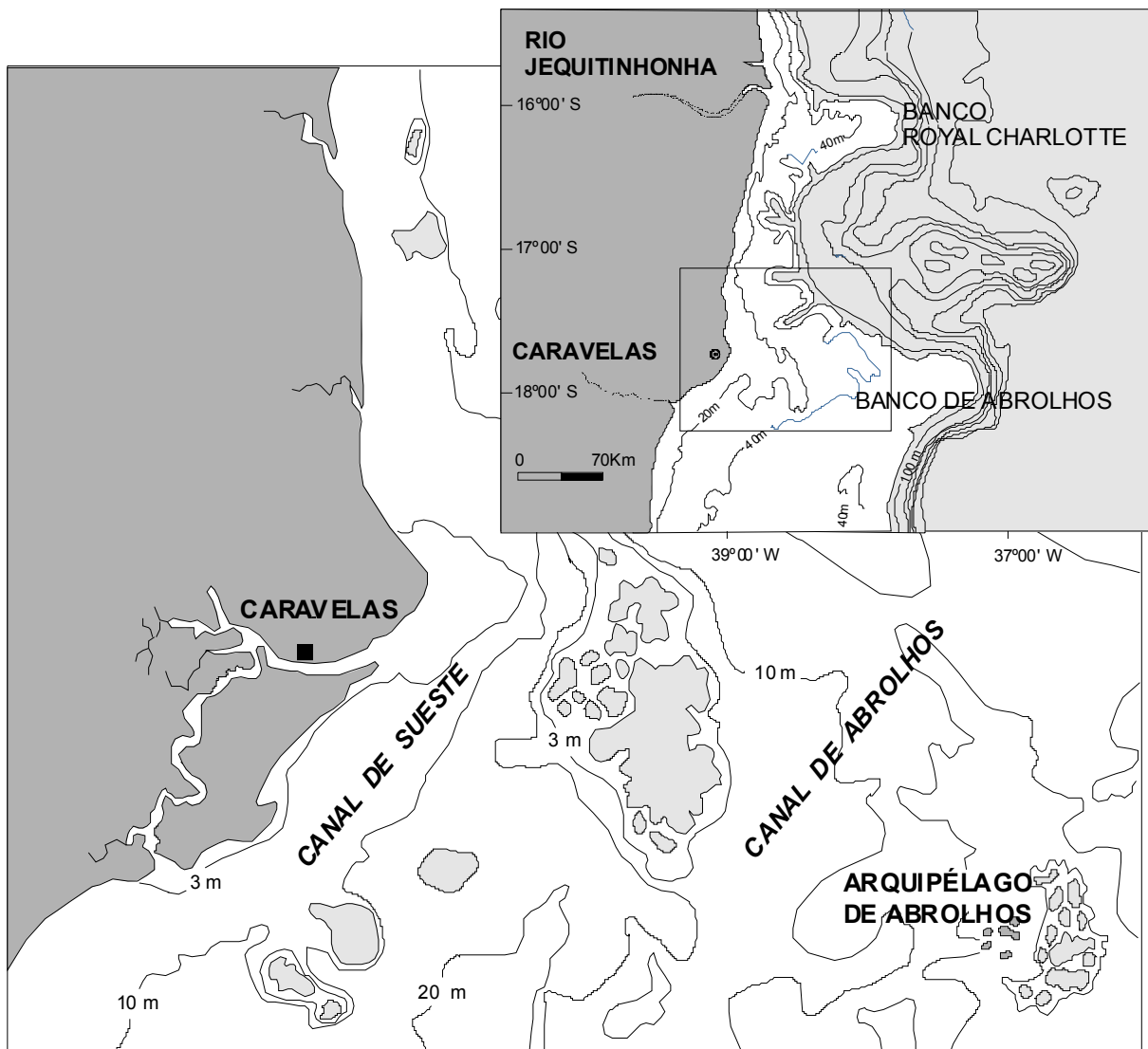
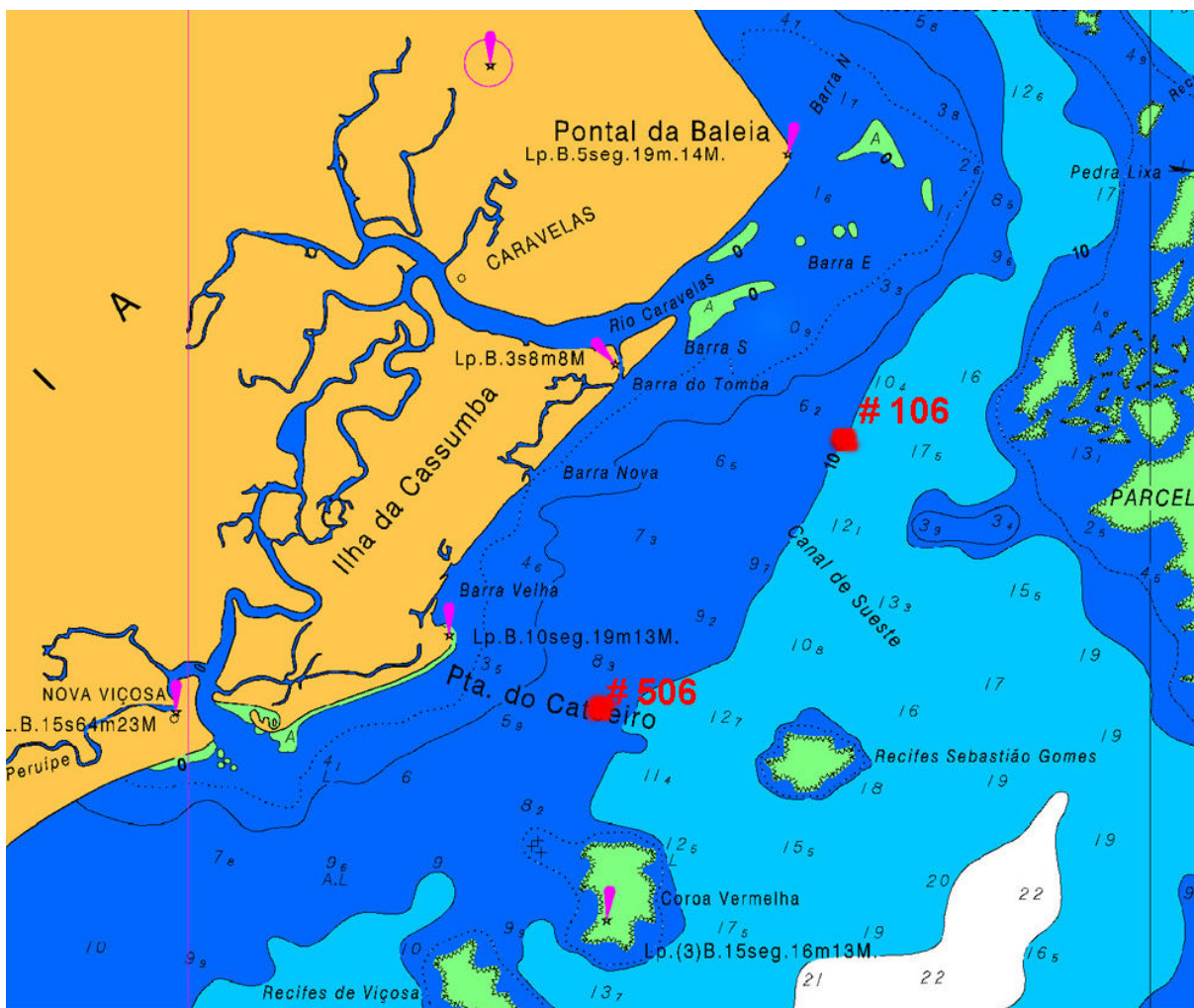


Figura 5.1.4-23 – Localização da região de estudo

Tabela 5.1.4-11 – Características de localização das Estações de Monitoramento

Estações	Latitude (WGS-84)	Longitude (WGS-84)	Profundidade aproximada (m) (DHN)	Distância da costa (km)*
# 106	17°47.700'S	39°07.150'W	10 m	11,3
# 506	17°53.400'S	39°12.600'W	10 m	17,1

\* distancia entre a Boca do Tomba até as estações (#506 e #106).



**Figura 5.1.4-24 – Localização das Estações #106 e #506 – Carta Náutica da DHN.**

Em cada um dos correntômetros encontra-se acoplado um turbidímetro, que se interliga com o instrumento através de um cabo elétrico.

A Figura 5.1.4-25 mostra o sensor OBS acoplado ao eixo de titânio do correntômetro S4ADWI, atualmente em utilização.



**Figura 5.1.4-25 – Detalhe do sensor OBS acoplado ao S4ADWI**

O princípio de funcionamento consiste na emissão de feixe de luz infravermelho, que incidido na coluna d'água reflete-se no material em suspensão existente. Através da medição da intensidade de luz que é refletida de volta para o sensor, estima-se a turbidez. Até o ano de 2006 o turbidímetro utilizado registrava os valores de turbidez na unidade Volts, já em 2007 passou-se a utilizar um modelo de correntômetro mais sofisticado (modelo S4ADWI) cujo sensor OBS registra os dados na unidade FTU (Formazine Turbidity Unit).

Os valores médios de turbidez são registrados a cada 30 minutos. As médias são calculadas a partir de uma série temporal de 2 minutos, com dados adquiridos a uma frequência de 2 Hz, resultando em 240 valores de turbidez. É importante mencionar que os registros de turbidez são sincrônicos aos registros da velocidade e direção de correntes.

Valores espúrios de turbidez foram identificados após o estabelecimento de um envelope, ao longo das séries de dados, definido pela média mais ou menos dois desvios padrões. A média e o desvio foram calculados para uma janela móvel de 10,5 horas centrada no dado de interesse. Lacunas existentes na série de dados inferiores a 6 horas foram preenchidas por interpolação.

A concentração de sólidos em suspensão (CSS) foi indiretamente determinada através das medidas de turbidez da água obtidas pelos turbidímetros acoplados aos correntômetros. Os valores de turbidez foram convertidos em concentração de sedimentos por volume de água (mg/L) a partir de equações de retas de melhor calibração entre pares de dados (Volts versus CSS e FTU versus CSS).



#### 5.1.4.4.2 Caracterização da turbidez em 45 pontos

O monitoramento de turbidez na coluna d'água dos 45 pontos é realizado com turbidímetro portátil operado de dentro de uma embarcação. As médias de turbidez foram determinadas em intervalos de 1 metro de profundidade (iniciados 0,5 m abaixo da superfície) para os primeiros anos de campanhas, sendo que atualmente as medições são executadas em três níveis – superfície, meio e fundo. As localizações dos pontos de amostragem encontram-se na Figura 5.1.4-26.

Foram utilizados dois tipos de turbidímetro, um nefelômetro (o qual mede a taxa de extinção da luz - infra-vermelho - emitida por uma fonte) acoplado a sondas Hydrolab Quanta e Partech 770, e um sensor de retro-espalhamento Sea Point. O sensor de retro-espalhamento foi utilizado entre novembro e dezembro de 2001, e após setembro de 2002 até maio de 2006. Os nefelômetros foram utilizados entre janeiro e setembro de 2002 (Tabela 5.1.4-12).

Todos os monitoramentos foram acompanhados de coleta de amostras de água, a fim de possibilitar a construção da curva de conversão dos valores de NTU ou volts para massa de sedimentos por volume de água (mg/L), ou CSS. As conversões foram feitas a partir de equações de retas de melhor ajuste entre os pares de dados NTU (ou volts) e a CSS. Os pares de dados localizados a uma distância superior a 2 desvios padrões da reta de melhor ajuste foram excluídos dos cálculos, e a reta redefinida.

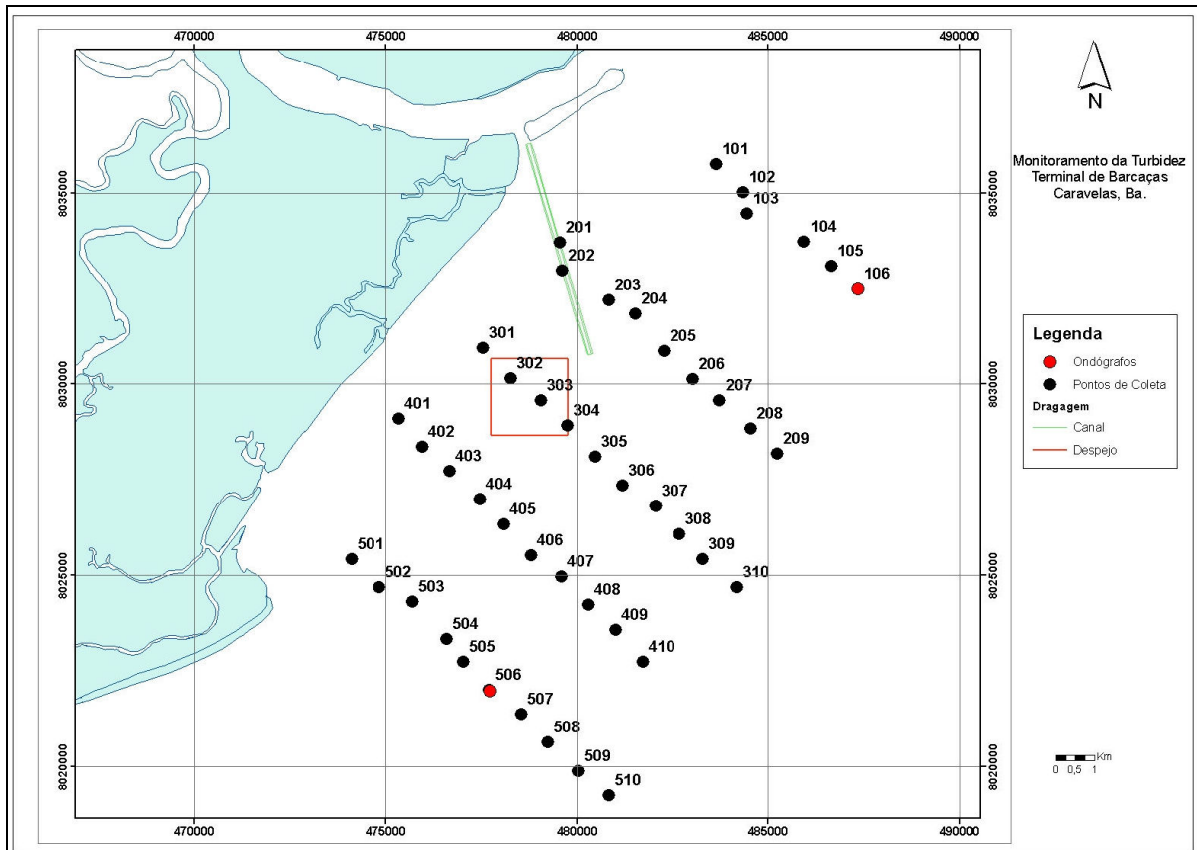


Figura 5.1.4-26 – Área de estudo identificando os 45 pontos de monitoramento da turbidez

**Tabela 5.1.4-12 – Datas das campanhas realizadas e o equipamento utilizado**

DATA	EQUIPAMENTO
09/11/01, 26/11/01, 04/12/01	Sonda de retro-espalhamento
25/01/02, 02/02/02, 07/02/02, 15/02/02, 22/02/02, 01/03/02, 08/03/02, 15/03/02, 23/03/02, 28/03/02, 05/04/02, 12/04/02, 29/04/02, 26/04/02, 03/05/02, 10/05/02, 17/05/02, 29/05/02, 06/06/02, 12/06/02, 21/06/02, 28/06/02, 05/07/02, 12/07/02, 23/07/02, 26/07/02, 05/08/02, 16/08/02, 27/08/02, 30/08/02, 10/09/02, 19/09/02	Nefelômetro
02/10/02, 18/10/02, 10/12/02, 13/12/02, 20/12/02, 31/12/02, 07/01/03, 10/01/03, 17/01/03, 24/01/03, 31/01/03, 07/02/03, 14/02/03, 21/02/03, 28/02/03, 07/03/03, 14/03/03, 21/03/03, 28/03/03, 04/04/03, 11/04/03, 22/04/03, 29/04/03, 05/05/03, 19/05/03, 13/06/03, 27/06/03, 11/07/03, 29/07/03, 08/08/03, 22/08/03, 09/09/03, 09/01/04, 23/01/04, 05/02/04, 17/02/04, 05/03/04, 19/03/04, 02/04/04, 20/04/04, 04/05/04, 13/05/04, 01/06/04, 30/07/04, 06/08/04, 13/08/04, 15/09/04, 24/09/04, 04/04/05, 05/05/05, 01/06/05, 05/07/05, 27/02/06, 09/03/06, 28/03/06, 06/05/06, 29/05/06, 08/07/06	Sonda de retro-espalhamento

#### 5.1.4.4.3 Resultados

##### 5.1.4.4.3.1 Estações Fixas - #106 e #506

Após cinco anos completos de monitoramento contínuo, os registros indicam concentrações médias anuais muito semelhantes para ambas as estações, em torno de 14 mg/L. Entretanto, este valor médio isoladamente não reflete a turbidez da região, que segue um padrão de variação marcante ao longo do ano, porém com muitas oscilações de curto período. As concentrações médias mensais indicam que os valores de CSS mais baixos

(<10 mg/L) ocorrem normalmente nos meses de janeiro, fevereiro e março. As concentrações mais altas ocorrem nos meses de setembro, outubro e novembro, quando os valores médios mais elevados (>20 mg/l) são alcançados. Assim, nota-se ao longo do ano um ciclo de variação da turbidez com um mínimo no verão, crescimento durante o outono e inverno, culminando em um máximo durante a primavera.

A estatística mensal dos dados de concentração de sedimentos em suspensão é apresentada na Tabela 5.1.4-13 para ambas as estações. Foram considerados dados de janeiro de 2002 a março de 2007.

**Tabela 5.1.4-13 – Estatística mensal dos valores de CSS (em mg/L) para as estações**

Mês	Estação #106			Estação #506		
	Nº de dados = 64.723			Nº de dados = 77.836		
	Média	Desvio padrão	Máximo	Média	Desvio padrão	Máximo
<b>Janeiro</b>	6,7	9,0	98,4	7,5	8,4	104,0
<b>Fevereiro</b>	7,3	9,5	94,6	5,7	6,3	88,9
<b>Março</b>	5,3	4,8	53,5	6,5	5,5	71,5
<b>Abril</b>	7,5	10,1	104,1	10,2	10,3	73,9
<b>Mai</b>	15,4	17,9	139,1	14,4	11,5	121,1
<b>Junho</b>	11,6	13,5	140,9	14,4	13,3	125,4
<b>Julho</b>	18,7	22,6	149,3	18,0	15,6	138,5
<b>Agosto</b>	15,7	13,2	133,8	14,9	10,1	82,5
<b>Setembro</b>	26,5	22,1	136,6	22,0	16,2	131,8
<b>Outubro</b>	18,4	16,5	163,2	24,4	18,7	143,5
<b>Novembro</b>	22,2	25,6	165,7	23,2	17,3	96,9
<b>Dezembro</b>	10,5	12,6	135,3	11,3	11,8	117,7

Valores máximos absolutos de CSS chegaram a 165,7 mg/L na estação #106 no mês de novembro de 2003 e 143,5 mg/L na estação #506 no mês de outubro de 2004.

As concentrações médias mensais para as estações #106 e #506 para os anos de 2002 a 2007 são apresentadas nas Figura 5.1.4-27 e Figura 5.1.4-28, respectivamente.

O histograma apresentado na Figura 5.1.4-29 mostra que a classe mais freqüente de CSS está no intervalo de 0-5 mg/L, para ambas as estações, atingindo 33% na estação #106 e 28% na estação #506.

A variação da turbidez ao longo do ano está relacionada a fenômenos físicos naturais decorrentes do regime climático de ventos, correntes e ondas atuantes na região. Em todos os anos de monitoramento não foi possível detectar qualquer aumento da turbidez nas estações #106 e #506 relacionados com as atividades de dragagem e descarte. Todos os valores detectados situaram-se dentro dos valores naturais observados e sempre que valores de turbidez elevados foram detectados, os mesmos estavam ligados a eventos oceano-meteorológicos de maior energia. Um detalhamento da CSS, correlacionada com a hidrodinâmica costeira e aos períodos e volumes de dragagem, é apresentado no item 5.1.5 – Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira.

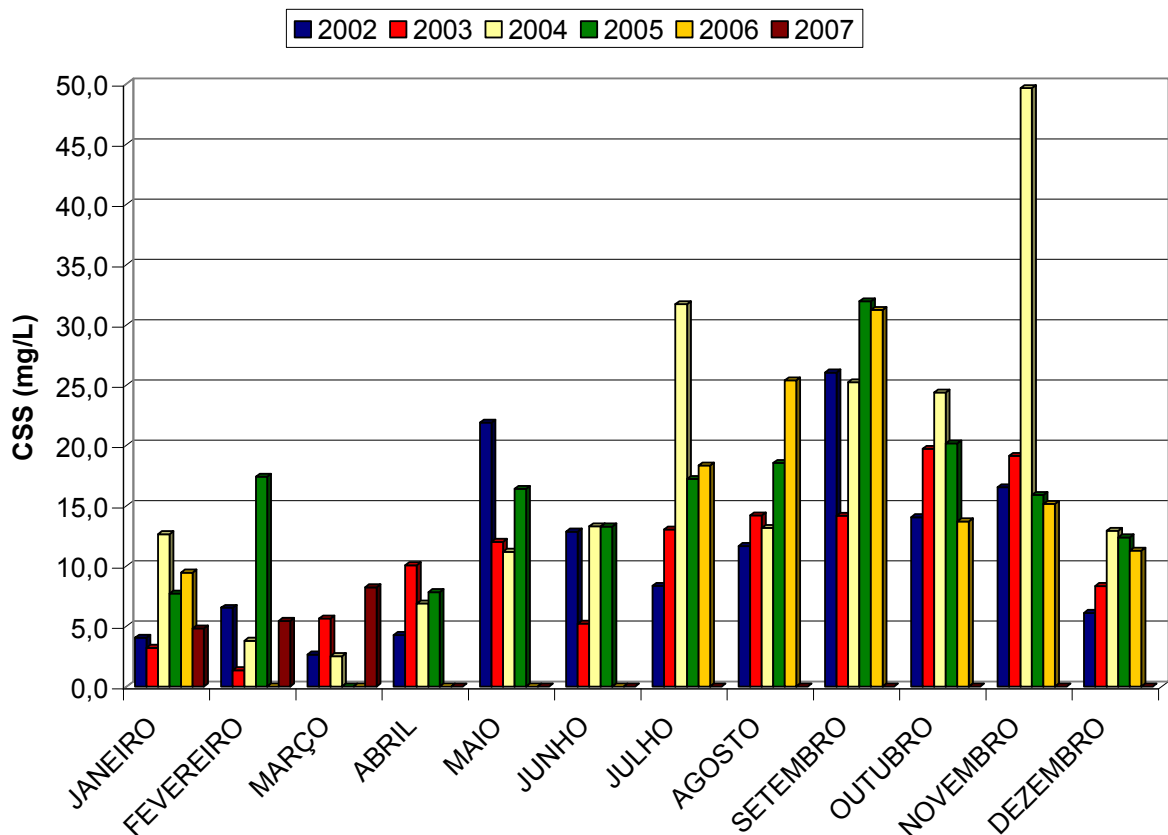


Figura 5.1.4-27 – Médias mensais da CSS referentes aos anos de 2002 a 2007 na estação #106

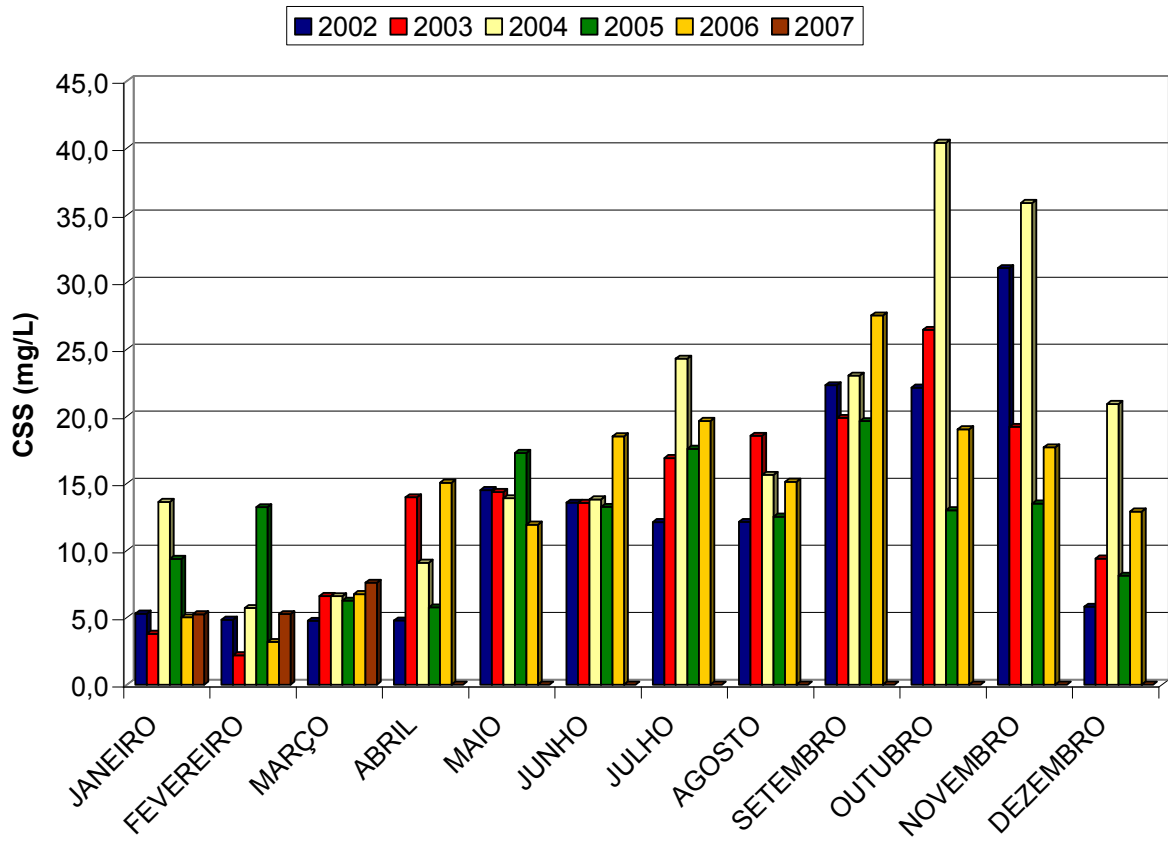
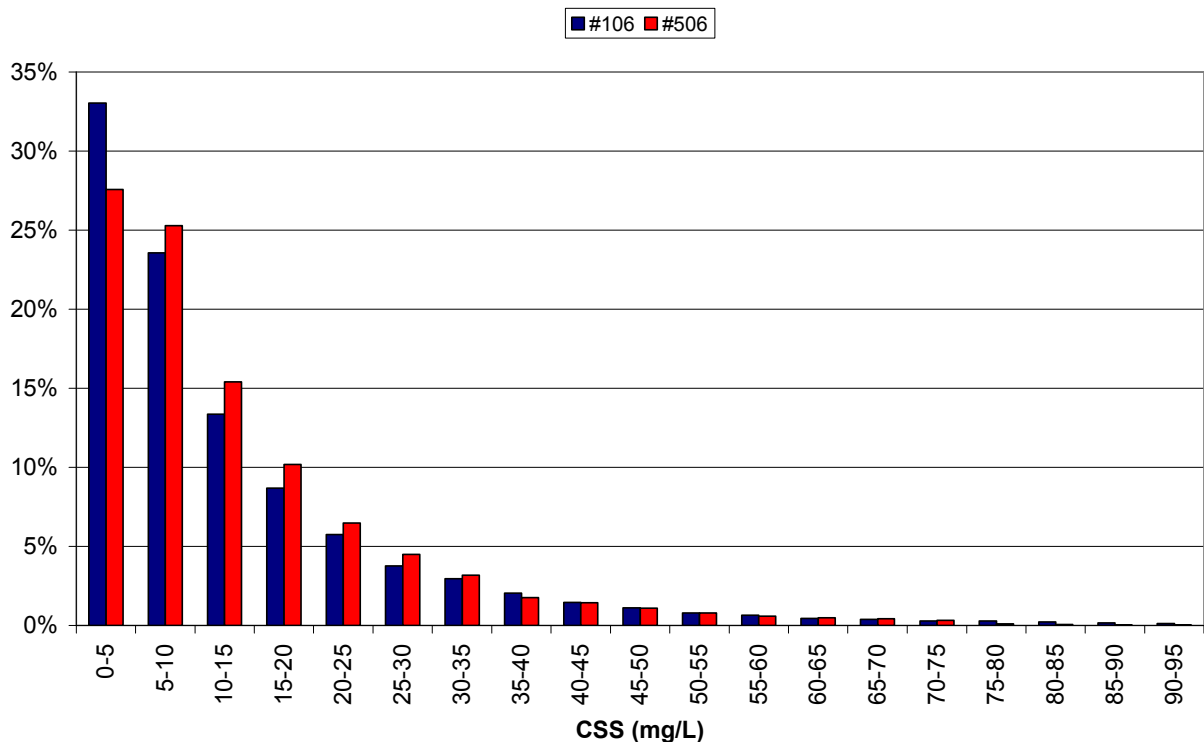


Figura 5.1.4-28 – Médias mensais da CSS referentes aos anos de 2002 a 2007 na estação #506



**Figura 5.1.4-29 – Histograma da Concentração de Sólidos em Suspensão para as estações #106 e #506**

#### 5.1.4.4.3.2 Estações espaciais - 45 pontos

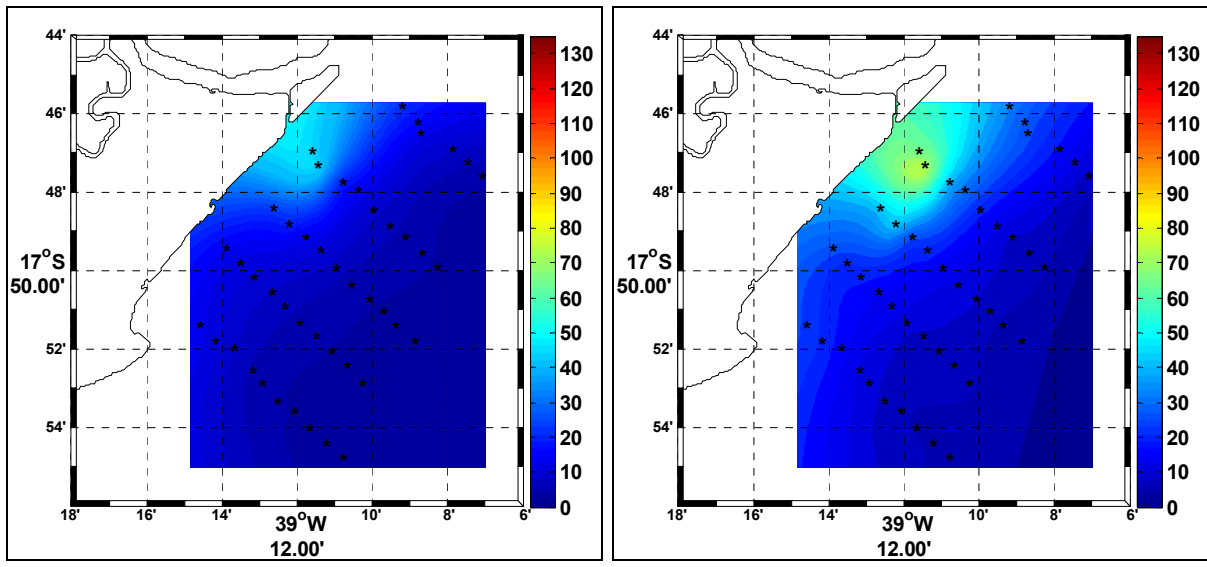
A Figura 5.1.4-30 apresenta os resultados da concentração de sedimentos em suspensão – CSS - média dos 45 pontos de monitoramento entre 2001 e 2006. A Figura 5.1.4-31 apresenta os valores médios de CSS e seus respectivos desvios padrões, nas 45 estações espaciais ao longo de todos os meses de monitoramento considerados.

Os maiores valores médios de concentração de sedimentos em suspensão foram encontrado no canal do Tomba (estações #201, #202 e #203) e na área de descarte (estações #301 e #302) mesmo 2 a 3 meses após o final das operações de dragagem.

Após a dragagem, a maior CSS no Canal é associada às menores profundidades do delta de maré vazante, sendo feição característica (permanente) do local. Já a maior suspensão no ponto de descarte indica que o retrabalhamento dos sedimentos ali despejados se processa por mais um tempo após o encerramento da dragagem, retrabalhamento este causado pela sobrelevação artificial do fundo gerada pelo descarte de sedimentos. A maior concentração local detectada na área de descarte, no entanto, não é observada nas regiões

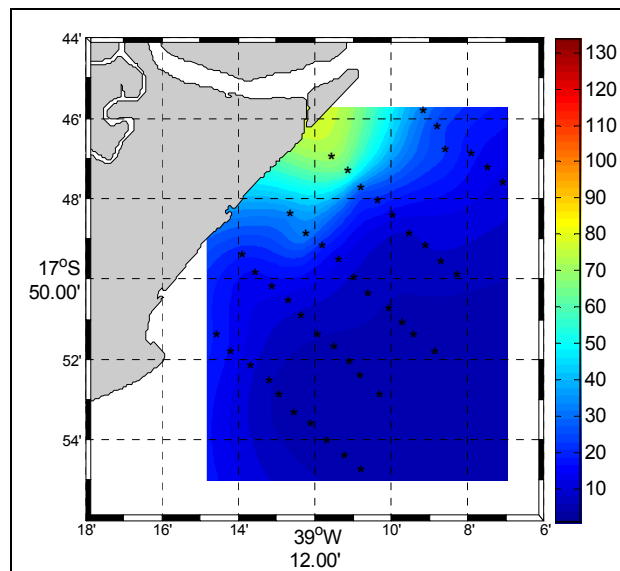
próximas e vizinhas, indicando que decantação do sedimento em suspensão ocorre nos arredores do ponto de descarte, com alcance espacial muito restrito.

Os valores máximos observados nos registros não acompanharam as oscilações da média, pois estiveram quase sempre relacionados a uma região limitada próxima à área de dragagem onde a suspensão é forçada artificialmente, durante as atividades de dragagem.



Superfície

Profundidade máxima amostrada

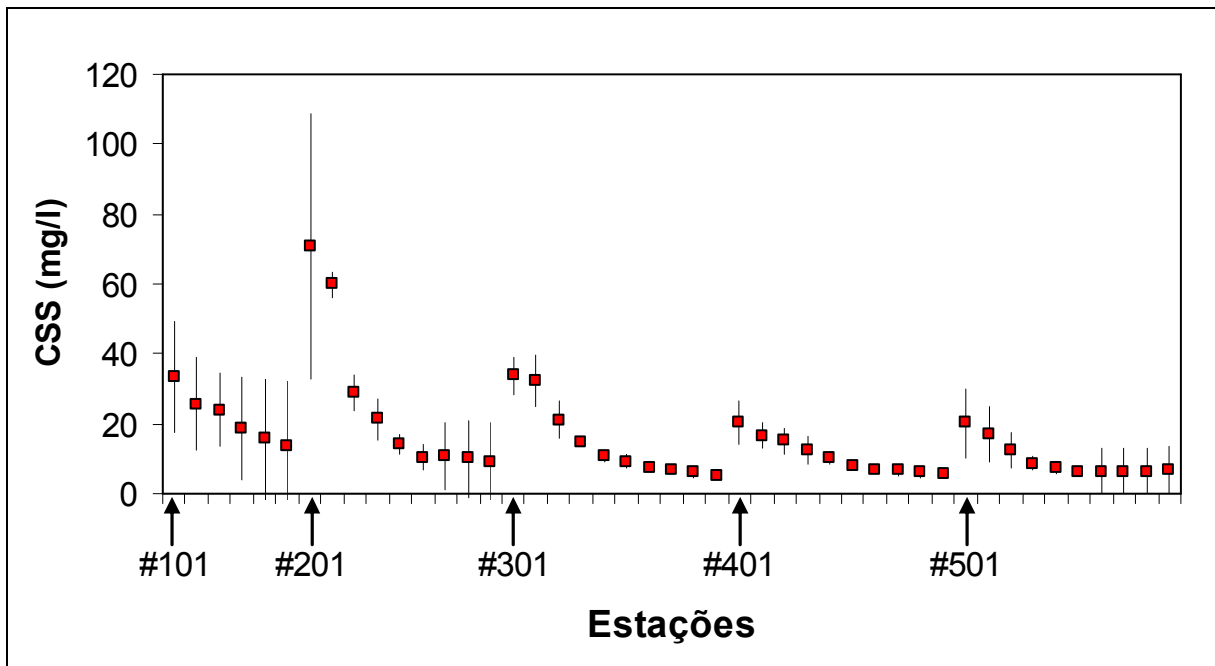


Média da coluna d'água

**Figura 5.1.4-30 – Média da concentração de sedimentos em suspensão dos 45 pontos de monitoramento entre 2001 e 2006 (em mg/L)**



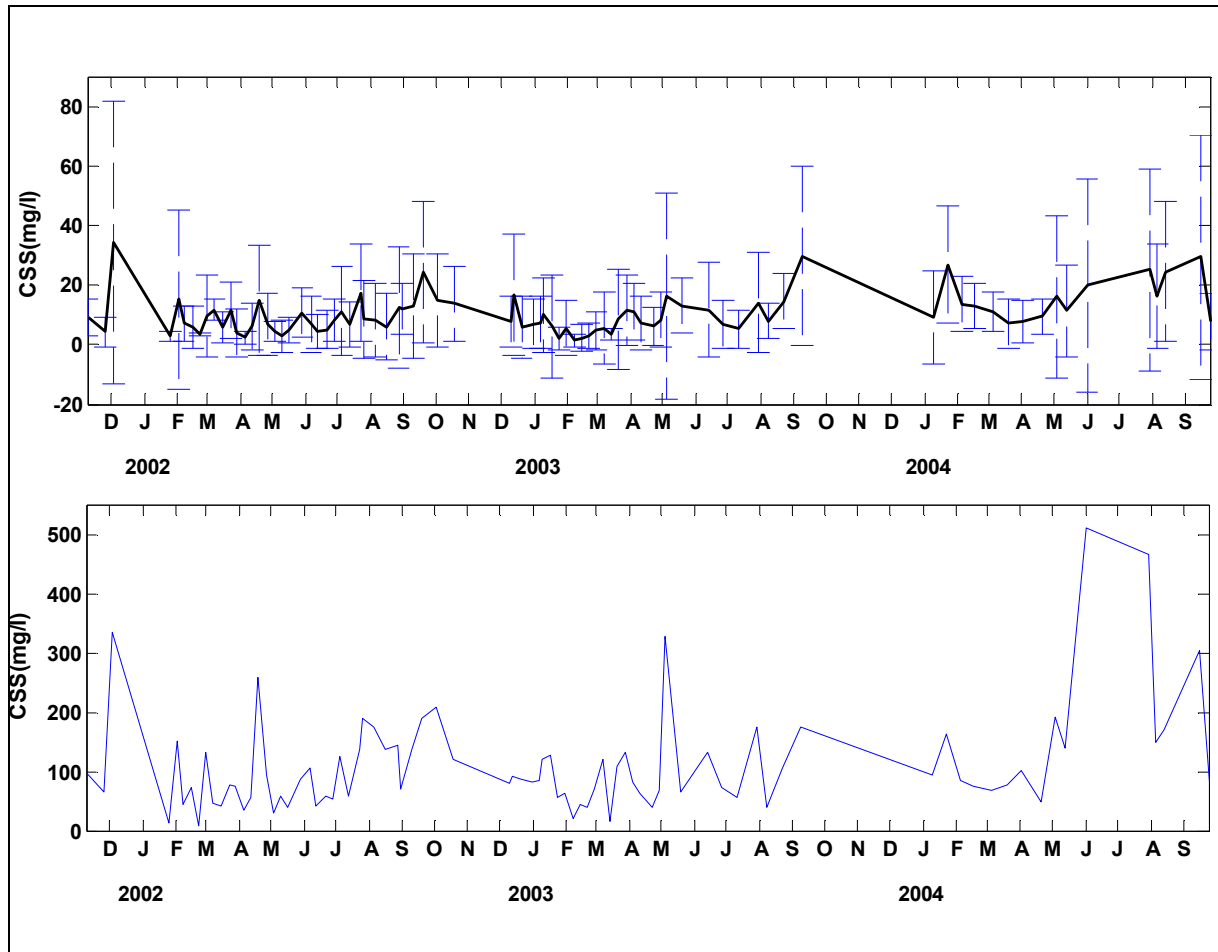
Valores mais elevados, acima de 50 mg/L, ocorrem nas estações #201 e #202, sendo que a média junto ao fundo é superior a 80 mg/L na estação #202. Na Área de Descarte, estações #301 e #302, são encontrados valores médios superiores a 30 mg/L (>50 mg/L junto ao fundo). Embora a estação #303 esteja localizada próxima ao centro da Área de Descarte apresenta concentração menores, próximas de 20 mg/L, devido ao fato de estar em maior profundidade que as estações #301 e #302, e assim ser menos influenciada pela agitação marítima.



**Figura 5.1.4-31 – Variação da média da CSS, junto aos seus desvios padrões, nas 45 estações espaciais ao longo de todos os meses de monitoramento. As setas indicam a posição da primeira estação de cada perfil.**

Embora a região de estudo apresente um padrão de turbidez das águas, que em média segue um ciclo ao longo do ano de baixa para alta turbidez, conforme já observado do monitoramento contínuo das estações #106 e #506, não foi possível através das amostragens discretas das campanhas de monitoramento espacial de 45 pontos a observação desta sazonalidade de forma bem definida. Isso provavelmente ocorre devido ao fato de serem comuns na região oscilações significativas de curto período na condição da turbidez. Estas oscilações estão normalmente ligadas a variações meteorológicas como penetração de frentes do sul, como também da intensificação repentina dos ventos alísios de NE, e podem ocultar a real condição de turbidez do período amostrado se a amostragem se der nesses dias. A Figura 5.1.4-32 apresenta os dados médios de CSS de todos os 45 pontos das campanhas entre novembro de 2001 a outubro de 2004. Note a grande

amplitude dos desvios padrão e a elevada turbidez observada em dezembro de 2001, data anterior às dragagens e em mês que normalmente apresenta baixa turbidez.



**Figura 5.1.4-32 – Distribuição temporal dos valores médios, de desvio padrão, e máximos da CSS de todos os 45 pontos em cada dia de monitoramento**

Observa-se na Figura 5.1.4-31 que os perfis #100, #200 e #300, são os mais turvos junto à costa, sendo que as concentrações médias na estação #201 são superiores em duas vezes as concentrações mais elevadas nos perfis vizinhos. Em todos os cinco perfis transversais à costa observa-se uma tendência de decaimento assintótico da carga de sedimentos em suspensão costa a fora.

Um detalhamento da CSS dos 45 pontos, correlacionada com a hidrodinâmica costeira e aos períodos de dragagem, é apresentado no item 5.1.5 – Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira.

#### 5.1.4.4 Conclusão

Conclui-se através dos monitoramentos que existe uma constante e natural zona de turbidez junto à costa. A maior concentração de sedimentos em suspensão é encontrada no canal, sendo uma feição característica e permanente do local.

As altas concentrações de sedimento em suspensão observadas na região estão relacionadas principalmente à ação das ondas e correntes que atuam sobre as baixas profundidades desta região costeira, que apresenta bancos de areia, baixa declividade e conta com uma alta disponibilidade de material sedimentar coesivo de baixa granulometria.

Verificou-se que a concentração de sedimentos em suspensão segue um padrão de variação médio bem definido ao longo do ano, porém com muitas oscilações de curto período. Nota-se ao longo do ano um ciclo de variação da turbidez com um mínimo no verão, crescimento durante o outono e inverno, culminando em um máximo durante a primavera. Esta variação da CSS ao longo do ano está relacionada à oceano-meteorologia da região.

As concentrações de sedimentos em suspensão detectadas na área de descarte indicam que os sedimentos da sobrelevação do fundo, continuam sendo mobilizados pelas ondas mesmo alguns meses após a finalização das operações de dragagem. A falta de continuidade da pluma de sedimentos nos pontos de monitoramento vizinhos indica que a deposição destes sedimentos ressuspensos ocorre nas imediações bem próximas.

Em todo o período de monitoramento os valores de CSS medidos situaram-se dentro dos valores naturais observados neste ambiente, e sempre que valores de turbidez elevados foram detectados, os mesmos foram relacionados a eventos oceano-meteorológicos de maior energia.

Especificamente para as estações #106 e #506, não foi possível detectar nenhuma variação da CSS que pudesse estar relacionada com as atividades de dragagem e descarte. Isto indica que tais estações estão aquém da área de influência da dragagem, o que de fato pôde ser determinado através do monitoramento espacial dos 45 pontos, que verificou que a influência das atividades de dragagem e descarte é muito limitada espacialmente, estando restrita aos locais de dragagem e descarte. Uma análise da CSS, correlacionada com a hidrodinâmica costeira e aos períodos e volumes de dragagem, é apresentada no item 5.1.5 – Oceanografia e Hidrodinâmica Costeira.