



# EIA

Estudo de Impacto  
Ambiental  
Porto de Paranaguá

## **4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA**

### **4.1 MEIO FÍSICO**

#### **4.1.1 Material e Métodos**

A caracterização do clima foi realizada mediante coleta de dados de temperatura, precipitação, ventos, etc, junto aos Órgãos responsáveis, bem como em informações secundárias, disponibilizadas em trabalhos desenvolvidos na área de estudo.

Especificamente na área de influência direta foram coletados dados de temperatura e precipitação dos Postos de Paranaguá, processados e fornecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dos últimos 5 anos e do Posto de Antonina, processado e fornecido pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR, entidade de direito privado e interesse público, unidade complementar de Serviço Social Autônomo Paraná Tecnologia, vinculado à Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado do Paraná.

Para a área de influência indireta foram apresentados dados climáticos disponibilizados em outros trabalhos executados no litoral paranaense, coletados, da mesma forma, de Órgãos e entidades vinculadas aos anteriormente citados.

Os técnicos que trabalharam no presente EIA, de há muito vem se dedicando ao estudo da geologia costeira do Estado do Paraná, tendo inclusive, feito dela, assunto de suas teses de mestrado e doutorado. Assim sendo, não houve trabalhos específicos de campo, no presente caso, a não ser um reconhecimento expedito, tendo o trabalho sido feito, basicamente sobre dados bibliográficos, muitos dos quais, de propriedades desses mesmos técnicos. Foram, também utilizados perfis de sondagens geotécnicas fornecidas pelo empreendedor e dados inéditos, dos laboratórios de Estudos Costeiros (LECOST) e de Oceanografia Geológica (LOGEO/CEM) da Universidade Federal do Paraná. A geologia do escudo foi trabalhada a partir dos levantamentos realizados pelo convênio SEMA, MINEROPAR, PRÓ-ATLÂNTICA, gerando uma compilação dos dados em forma de um Mapa Geológico na escala 1:100.000.

O levantamento dos recursos minerais foi efetuado em duas fases de trabalho: (i) inicial, que constituiu do levantamento de dados bibliográficos dirigidos ao assunto em tela e pesquisa junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), objetivando a caracterização dos processos mineiros ocorrentes na área de estudo; (ii) final, onde

elaborou-se o Relatório técnico, o mapa temático (escala 1:100.000) com as poligonais dos processos ativos e o quadro descritivo dos processos mineiros.

O levantamento hidrogeológico foi, também, efetuado em duas fases de trabalho: (i) inicial, onde levantou-se os dados bibliográficos; (ii) final, onde caracterizou-se hidrogeológica da Região, abordando aspectos como: litotipos encontrados, vazões de poços, exploração, poluição e outros.

O levantamento pedológico foi desenvolvido em duas etapas distintas, envolvendo os trabalhos preliminares e conclusivos de escritório que compreendeu duas fases, uma prévia aos trabalhos de campo, e outra posterior aos mesmos. Essas duas fases consistiram em: (i) inicial, com o levantamento das informações existentes, relevante para os estudos, compilação das cartas planialtimétricas do IBGE/DSG na escala 1:50.000 e do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Litoral do Estado do Paraná, realizado pela EMBRAPA na escala 1:300.000; (ii) final, que consistiu na classificação definitiva das unidades pedológicas existentes até o segundo nível categórico, utilizando o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) e elaboração do Relatório Técnico. A segunda etapa dos trabalhos de pedologia compreendeu uma fase de campo, onde foi desenvolvida a descrição sucinta dos perfis e das características morfológicas dos horizontes e a correlação do mapa pedológico, base com os padrões de solo encontrados em campo.

A metodologia para mensuração de ruído foi baseada na Portaria Federal MINTER n.º 92/90, Resolução CONAMA n.º 01/90, Resolução CONAMA n.º 02/90 e normas técnicas da ABNT: NBR 10.151 e NBR 10.152. A medição foi efetuada no período matutino (entre 10h 00min e 13h 15min) e no período vespertino (entre 14h 00min e 16h 30min).

Para a determinação instantânea do ruído ambiental, envolvendo o ruído comunitário, ruído de tráfego e de atividades portuárias presente, fez-se o uso de medidor de níveis de pressão sonora, conhecido como dosímetro de ruído – decibelímetro, do tipo digital, com as seguintes características técnicas:

- modelo Q-300;
- atende aos padrões ANSI S1.25 - 1991, e IEC 1252 – 1993;
- fabricante QUEST Technologies<sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> Empresa certificada com a BS EN ISO 9001, pela National Accreditation of Certification Bodies, sob o n.º U0061.

- Dosímetro foi calibrado<sup>2</sup> antes do uso com auxílio do calibrador acústico, modelo QC-10, no valor de 94 dB, na frequência de 1000 Hz, conforme os padrões ANSI S1.40-1984 e IEC 942:1988;
- As medições foram efetuadas fazendo-se o uso da curva de compensação “A”, em circuito de resposta lenta (“SLOW”), do medidor de nível sonoro;
- O medidor de níveis sonoros atende as especificações IEC-123 e IEC-651.

Para a determinação instantânea da velocidade do vento e das correntes de ar presentes, bem como das direções predominantes dos ventos, fez-se o uso de anemômetro digital, com as seguintes características técnicas:

- Fabricante: INSTRUTHERM Instrumentos de Medição Ltda
- Painel de *display* de cristal líquido (LCD) de 3 1/2 dígitos
- Escalas:
  - 0,4 a 30,0 m/s;
  - 80 a 5.910 ft/min;
  - 1,4 a 108 km/h;
  - 0;9 s 67;0 mile/h;
  - 0;8 a 58;3 knots.
- Precisão:
  - ≤ 20 m/s: ± 3% da escala cheia
  - > 20 m/s: ± 4% da escala cheia
- Resolução:
  - 0,1 m/s;
  - 1 ft/min;
  - 0,1 km/h;
  - 0,1 MPH;
  - 0,1 knots.
- Sensor (ventoinha) incorporado ao aparelho
- Tecla de memória: máxima e mínima
- Tecla *Data Hold*: congela a leitura no Display
- Temperatura de operação: 0 a 50°C
- Umidade relativa de operação: máxima de 80% RH
- Alimentação: 1 bateria de 9V
- Dimensões: 156mm x 60mm x 33mm

---

<sup>2</sup> O valor de calibração foi de 114,0 dB (A).

- Peso: 160g

Para a localização dos pontos amostrados fez-se o uso de GPS marca Garmin, modelo E-Trex Legend, que possui um BaseMap completo das Américas do Norte e Sul, com armazenamento para 500 Waypoints com nome e símbolo gráfico; Track Log automático com capacidade de armazenamento para dez Tracks com 250 pontos cada; computador de viagem para exibição de uma grande variedade de dados de navegação como velocidade, direção, odômetro, etc; função localizador de pontos para busca de cidades, estradas, ruas, lagos, endereços e interseções; 8 (oito) Mb de armazenamento para download de dados de Mapas/Cartas, permitindo a transferência destes dados obtidos por meio de Softwares que acompanham o aparelho (MapSource); sistema WAAS (Wide Augmentation System), que permite uma precisão de posição de menos de 3 (três) m; função de cálculo de áreas levantadas e base de dados de navegação marítima.

A avaliação de fontes emissoras de poluentes atmosféricos nos municípios de Paranaguá, Antonina e Morretes foi feita com base no Banco de Dados dos órgãos de controle ambiental: antiga SUREHMA e o atual IAP e do PGRS elaborado pelo SENAI/CIC – CETSAM de Curitiba - PR.

Para a caracterização física da dinâmica das águas estuarinas e costeiras foram utilizados dados do banco de dados oceanográficos do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, mantido pelo Grupo de Física Marinha.

Os dados de maré, por exemplo, são originários dos marégrafos instalados de forma permanente (Paranaguá, Antonina, Ilha do Mel) e outros instalados de forma esporádica, em outros pontos da área (Pontal do Sul, Guaraqueçaba, etc.). Os registros dos marégrafos permanentes são do tipo contínuo em papel e estão referidos aos níveis de redução locais. Estes registros analógicos são digitalizados a cada 30 minutos, produzindo-se assim os arquivos digitais do nível do mar que, dependendo do local, estendem-se por vários anos. Já os registros digitais esporádicos são obtidos com marégrafos digitais do tipo Aanderaa, em intervalos entre 5 e 30 minutos, por períodos de pelo menos um mês e até 4 meses. Estes dados são referidos ao nível médio do mar no local.

Os dados de correntes foram obtidos por diferentes métodos e, ao serem integrados para a área de estudo, permitiram a elaboração dos mapas de correntes apresentados. Para a obtenção dos dados, métodos Lagrangianos e Eulerianos são utilizados. Num caso, elementos de marcação (garrafas de deriva, tintas especiais - rodamina) são lançados no mar e o seu movimento acompanhado ao longo do tempo. Assim, parte das informações utilizadas corresponde ao lançamento de 4000 garrafas de deriva, no Canal da Galheta e no

Canal Norte, com taxa de recuperação superior ao 30% e de observações realizadas com rodamina, na área de despejo do banco dos Ciganos.

Diferente destes métodos que fornecem a direção das correntes e do transporte, de forma qualitativa, métodos quantitativos foram intensivamente usados na construção das cartas de correntes. Para tal, foram empregados correntômetros digitais tradicionais Sensordata SD6000, correntômetros eletromagnéticos Interocean S4 e correntômetros de efeito Doppler ADP Sontek. No caso dos dois primeiros, as medições foram realizadas, na maioria das oportunidades em fundeios, quando os equipamento ficaram amarrados a um peso no fundo, realizando as observações de intensidade e direção das correntes em intervalos regulares de 5 a 30 minutos ou uma hora. Esses mesmos equipamentos foram utilizados para perfilagens verticais, quando os correntômetros são descidos de uma embarcação ancorada, da superfície ao fundo, em intervalos de 30 minutos até duas horas, por, pelo menos, um ciclo de maré (12,40 h para a área de estudo).

As medições com o uso de correntômetros ADP, foram feitas com o equipamento fixo numa embarcação em movimento. O equipamento emite um som que, no seu retorno (eco) é modificado pelas correntes, pelo efeito Doppler, o que permite estabelecer as intensidades e direções com referência ao fundo. Travessias a cada uma ou duas horas dos canais com este equipamento, durante pelo menos um ciclo completo de maré, fornecem “fotografias” das correntes na seção amostrada.

Finalmente, informações sobre temperatura, salinidade, turbidez e outros parâmetros oceanográficos foram obtidas ou por instrumentos autônomos (CTDs SensorData SD200) ou por sensores adicionais anexados aos correntômetros (IOS S4, SD6000, etc.). Quando devidamente equipados, os correntômetros IOS S4 podem funcionar como ondógrafos, para o que, devem ser instalados em fundeios, como foi feito na área da boca da baía de Paranaguá. Também, dados de ondas foram obtidos na estação da Ilha do Mel com ondógrafo Falmouth de efeito Doppler.

Os dados meteorológicos utilizados são originários das estações meteorológicas do CEM na área (Tipo Campbell), que monitoram, de forma permanente, a temperatura do ar, pressão atmosférica, pluviosidade, intensidade e direção dos ventos, etc.

Outras perfilagens de correntes, foram realizadas nos mais diversos locais do CEP. Nestas medições, com duração mínima de um ciclo completo de maré, em períodos de inverno e verão e em intervalos de 20 minutos a 2 horas, um ou vários pontos, numa seção transversal ao canal, foram amostrados em toda a coluna d'água. Outras observações foram realizadas com perfilagens, não numa seção transversal, mas em áreas de interesse,

amostrando-se durante os horários de máximas correntes (enchente e vazante) e nos estofos de maré.

A caracterização da qualidade dos sedimentos superficiais e da coluna d'água na área de influência direta (eixo leste-oeste do CEP), foi estabelecida a partir de dados obtidos em estudos pretéritos.

O prognóstico dos impactos decorrentes das atividades em questão foi estruturado principalmente com base na confrontação das concentrações dos elementos-traço nos sedimentos superficiais com os valores críticos estabelecidos pela Resolução n.º 344 do CONAMA. Além disso, utilizou-se a dinâmica espacial e temporal, natural e a associada a atividades portuárias, das variáveis indicadoras da qualidade da água no CEP, descrita em diversos estudos anteriores (MACHADO *et al.*, 1997; LANA *et al.*, 2000; KOLM *et al.* 2002a; 2002b; SÁ, 2003) e pesquisa na literatura específica.

Os estudos referentes a qualidade da água do CEP foram realizados a partir de coletadas de amostras de água de superfície e de fundo, com auxílio de uma garrafa de Van Dorn nos mesmos pontos estabelecidos para a amostragem dos sedimentos superficiais, para medições dos seguintes parâmetros: salinidade, temperatura, pH, transparência, alcalinidade, oxigênio dissolvido, clorofila-a, material particulado em suspensão, carbono orgânico particulado, nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrato, nitrito, amônio, fosfato e silicato) e nitrogênio e fósforo totais, de acordo com as metodologias descritas por GRASSHOFF *et al.* (1983) e CARMOUZE (1994). Medições da salinidade e temperatura foram efetuadas com auxílio de um CTD, e transparência com um disco de Secchi.

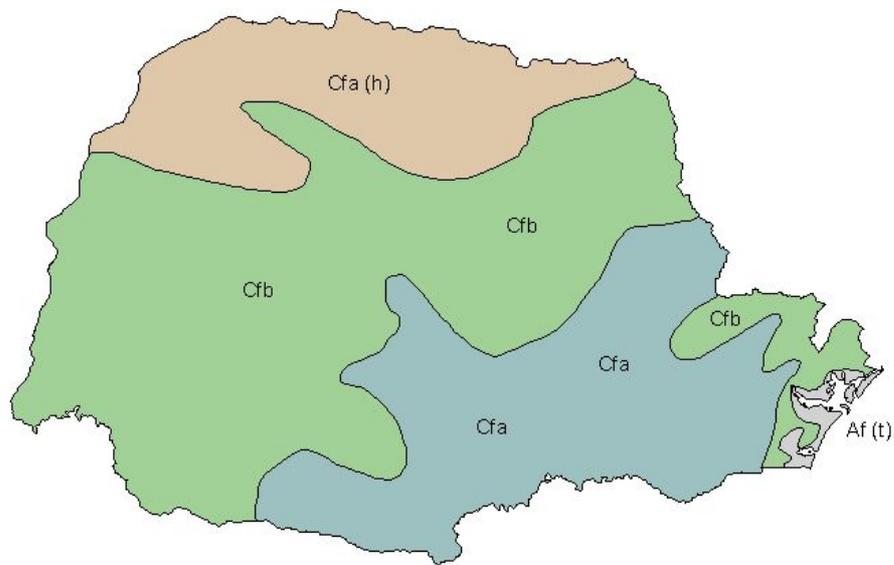
## **4.1.2 Clima e Meteorologia**

### **4.1.2.1 Clima e Pluviometria**

As ações atmosféricas do Atlântico Sul são as principais causas da circulação sobre a parte oriental do continente sul-americano. Os centros baixos de ação que controlam as condições meteorológicas da região do Empreendimento são os anti-ciclones subtropicais do Atlântico e do Pacífico.

Na Planície Litorânea, segundo a classificação de Wladimir Koeppen, e de acordo com os dados adiante apresentados, o clima é do tipo Cfa, temperado, com temperatura média variando entre -3°C e 18°C, sempre úmido, com chuvas em todos os meses do ano e temperatura média do mês mais quente no entorno de 22°C. MAACK (1968), entretanto, classifica esta mesma região como do tipo Af(t), chuvoso, tropical, sempre úmido, com

temperatura média superior a 18°C, caracterizando um clima megatérmico, com raríssimas geadas (Figura 4.1.2.1-I), no que foi seguido por outros autores, e confirmado pelos dados fornecidos pelo SIMEPAR e INMET (dos últimos 5 anos).



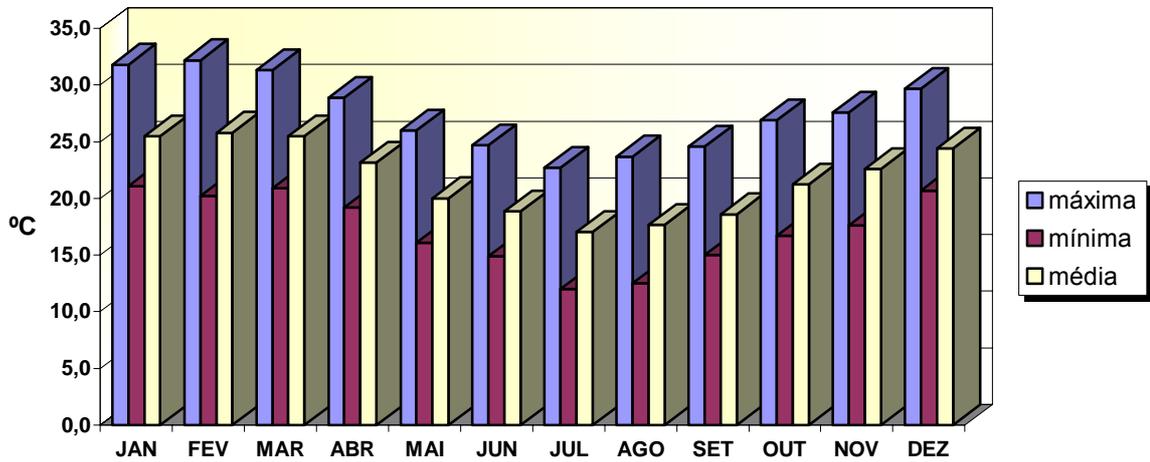
Fonte: baseado em MAACK, 1968.

Figura 4.1.2.1-I – Classificação climática no Estado do Paraná

A região de Paranaguá, particularmente, é controlada, na maior parte do ano, pelo anticiclone do Atlântico Sul. A massa de ar Tropical Atlântica possui, no centro do Anticiclone, temperatura homogênea, porém, em seu ramo ocidental, onde se situa Paranaguá, a camada inferior é instabilizada pela base, ao entrar em contato com correntes quentes. Esta instabilidade é aumentada no verão, ao estender-se o anticiclone por sobre o continente superaquecido. À medida que se aproxima da Serra do Mar (que serve de anteparo ao ar frio, comprimido no sopé das montanhas) envolve todo o entorno em nevoeiro ou submete toda a região a chuvas próprias de frentes frias, caracterizando um tempo nebuloso e elevada umidade atmosférica. A amplitude das temperaturas médias anuais chega a 9,8°C ao nível do mar, atingindo máximas de 36,1°C (mês de janeiro) e 16,3°C (mês de julho). Nas porções mais elevadas (altitudes superiores a 800 m) esta mesma se reduz a 8°C (mínima) e 21,6°C (máxima). À medida que aumenta a altitude, os valores de temperatura diminuem, atingindo extremos da ordem de 6,8°C.

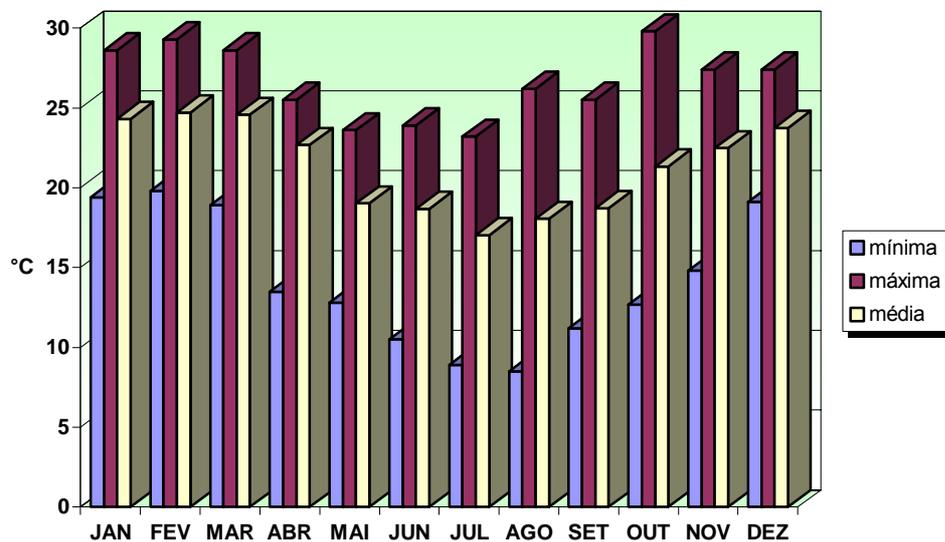
Para o presente estudo, foram coletados dados de temperaturas médias anuais nos postos de Paranaguá e Antonina (Figuras 4.1.2.1-II e 4.1.2.1-III), mostrando uma média anual de em torno de 21°C nos últimos 5 anos para ambos os postos, com mínima de 12°C

(julho/2000) em Paranaguá e 8,5°C (agosto/1999) em Antonina. As temperaturas máximas atingiram 32,2°C em Paranaguá e 29,3°C em Antonina, ambas em fevereiro/2003.



Fonte: INMET

Figura 4.1.2.1-II – Temperaturas médias anuais (1999-2003), em Paranaguá



Fonte: IPARDES/SIMEPAR

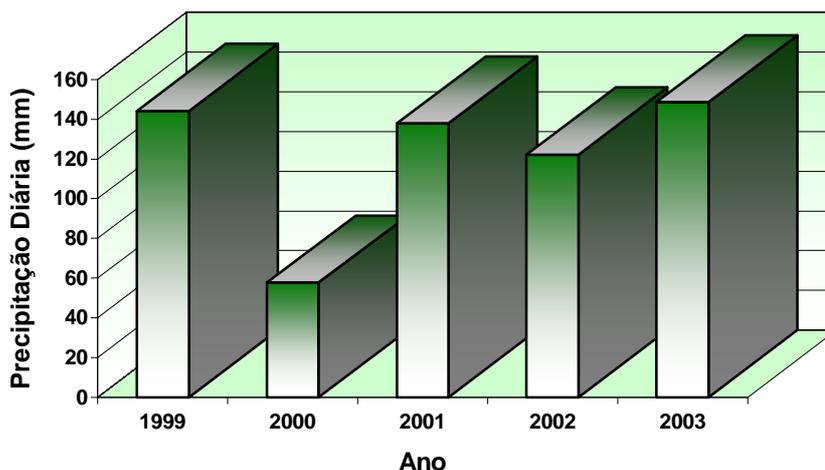
Figura 4.1.2.1-III – Temperaturas médias anuais (1965-Maio/2004), em Antonina

As chuvas que caem no Litoral, sobretudo no inverno, são do tipo ciclônico. Nas áreas de encontro de duas massas de ar com características diferentes, criam-se zonas de instabilidade que favorecem a formação de chuvas, que podem durar, desde várias horas, até dias. Um segundo tipo de chuva, é o de convecção, que consiste na ascensão do ar aquecido, seguido de seu resfriamento, ocasionando a condensação do vapor de água e

precipitação. Outro tipo de precipitação, já próxima a Serra do Mar, é a chuva orográfica, formada pela penetração da massa de ar, carregada de umidade que, ao se deslocar para o planalto, encontra a barreira da Serra do Mar, resfriando-se e ocasionando a condensação do vapor de água e conseqüente precipitação (MAACK, 1968; BIGARELLA, 1965).

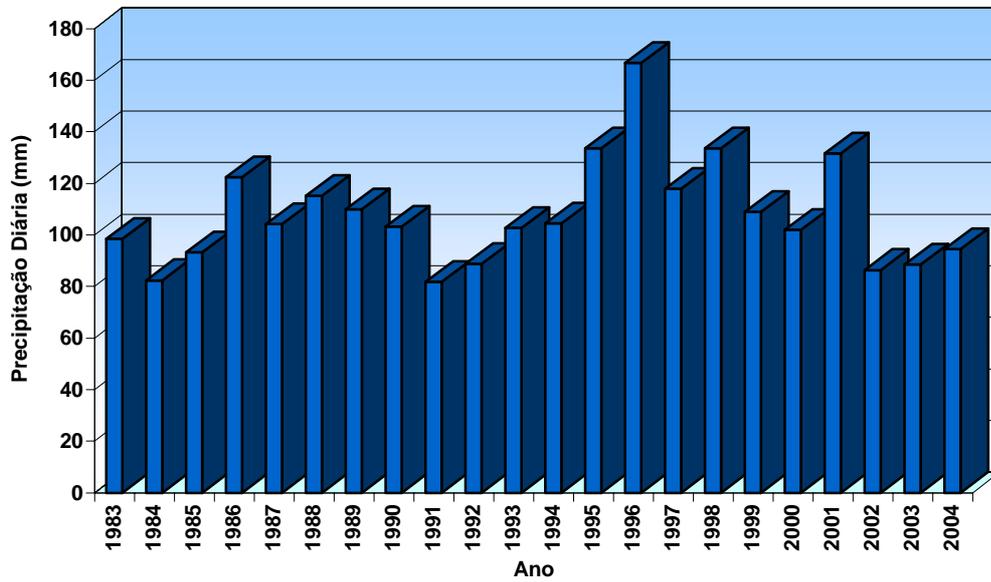
Na serra, a altitudes próximas de 150 m, as chuvas ultrapassam 2.300 mm, caindo, gradativamente, até 900 m de altura, onde atingem um mínimo de 1.700 mm. Acima desta altitude há uma tendência de aumento das precipitações. Na planície, entretanto, as precipitações atingem patamares superiores, verificando-se que as precipitações anuais máximas, em Paranaguá, nos anos de 1918 e 1947, atingiram 2.293,0 mm e 2.429,5 mm, respectivamente. As precipitações mínimas ocorreram em 1916 e 1955, com 1.433,0 mm e 1.677,2 mm, respectivamente.

No litoral paranaense o número de dias de chuva por ano é superior a 100, sendo que, na estação Veu de Noiva (Morretes), cuja precipitação é a maior do Paraná, foi registrada, num período de 8 anos, uma média de 221 dias com chuvas. Já na baixada litorânea nota-se variações de valores extremos com 135 e 216 dias, com uma média de, aproximadamente, 170 dias de chuvas, bem distribuídas ao longo do ano. Os gráficos apresentados nas Figuras 4.1.2.1-IV e 4.1.2.1-V mostram os dados de precipitação Diária Máxima Atual dos Postos de Paranaguá e Antonina.



Fonte: INMET

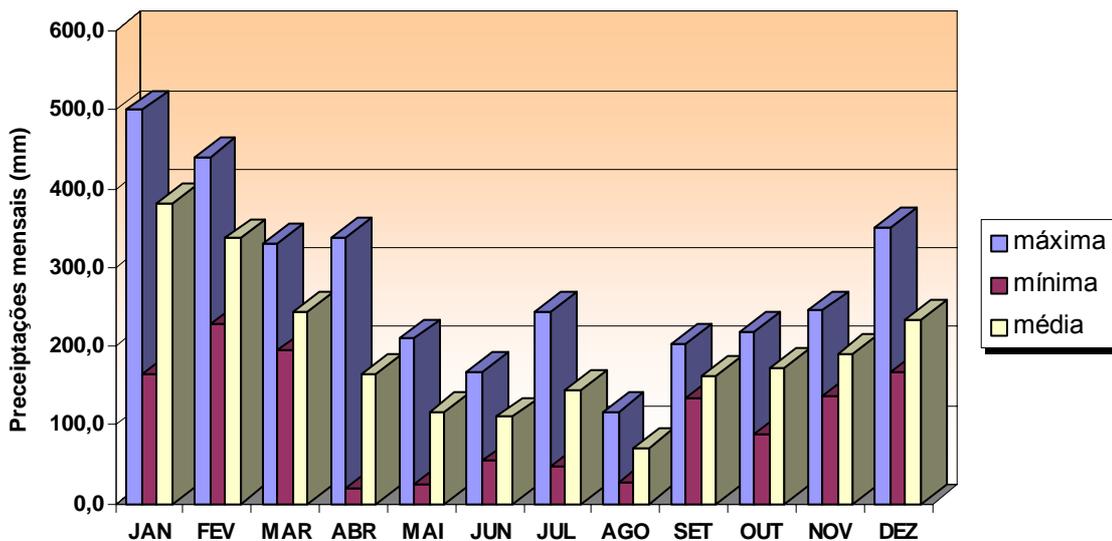
Figura 4.1.2.1-IV – Precipitação diária máxima atual registrada no Posto de Paranaguá



Fonte: IPARDES/SIMEPAR

Figura 4.1.2.1-V – Precipitação diária máxima atual (1983-maio/2004), Posto de Antonina

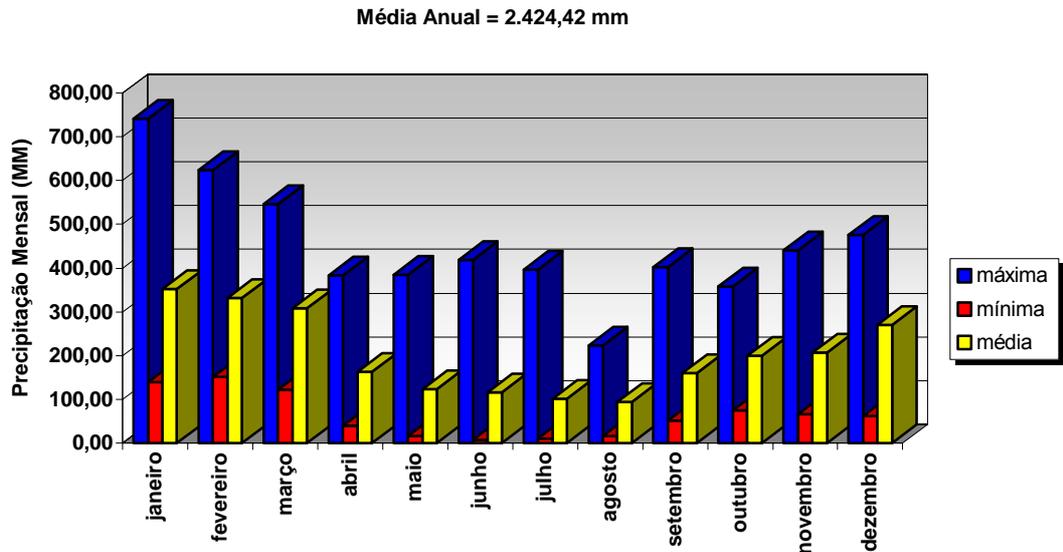
O gráfico apresentado na Figura 4.1.2.1-VI mostra os valores de precipitação das máximas, médias e mínimas mensais registradas no Posto de Paranaguá.



Fonte: INMET

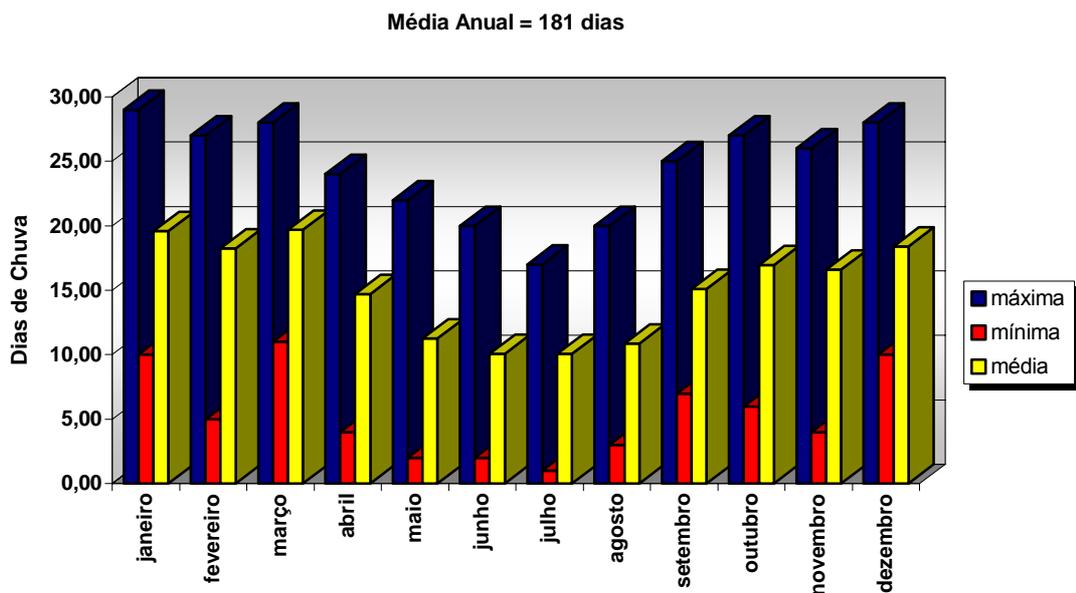
Figura 4.1.2.1-VI – Precipitações máximas, médias e mínimas mensais no Posto de Paranaguá

Os gráficos apresentados nas Figuras 4.1.2.1-VII e 4.1.2.1-VIII mostram os valores de precipitação das máximas, médias e mínimas mensais e dias de chuvas registradas, respectivamente, no Posto de Antonina.



Fonte: IPARDES/SIMEPAR

Figura 4.1.2.1-VII – Precipitações máximas, médias e mínimas mensais (1947-maio/2004), Posto de Antonina



Fonte: IPARDES/SIMEPAR

Figura 4.1.2.1-VIII – Dias de chuva: valores máximos, médios e mínimos anuais (1947-maio/2004), Posto de Antonina

Nota-se que em ambos os Postos a estação mais chuvosa é a de verão e a menos chuvosa a de inverno, não havendo períodos secos. No verão também ocorrem as maiores precipitações diárias, em torno de 100 mm, podendo atingir máximos de 400 mm.

No Quadro 4.1.2.1-A está representado o total de chuva anual e o número de dias de chuva em outros postos localizados no litoral e na Serra do Mar.

Quadro 4.1.2.1-A: Total de chuva anual e número de dias com chuva, segundo postos da Serra do Mar, 1976-89

	Postos	Município	Lat.	Long.	Alt. (m)	n.º dias de chuva	Chuva média (%)	Chuva máx 1976-89 (mm)	Período 24 h 1976-89 (mm)	
1	Guaratuba	Guaratuba	25°49'	48°45'	9	160	43,8	2322	309,6	Dez/80
2	Cubatão	Guaratuba	25°49'	48°45'	12	167	45,8	2855	204,0	Mar/81
3	Morro Grande	Guaratuba	25°57'	48°42'	15	164	44,9	2365	226,0	Dez/80
4	Marumbi	Morretes	25°30'	48°52'	60	157	43,0	2011	120,4	Jan/89
5	Antonina	Antonina	25°26'	48°46'	74	17	48,5	2150	246,2	Out/81
6	Colônia Santa Cruz	Paranaguá	25°37'	48°40'	79	146	40,0	1992	175,6	Jan/89
7	Pedra Branca e Araraquara	Guaratuba	25°59'	48°53'	150	174	47,7	2684	259,6	Mar/8
8	São João da Graciosa	Morretes	25°23'	48°52'	159	186	51,0	2693	480,5	Abr/89
9	Pilão de Pedra	Morretes	25°36'	48°57'	893	206	56,4	2218	132,2	Jan/89
10	Ribeirão do Mel	Tijucas	25°53'	49°06'	899	150	41,1	1499	97,0	Ago/80
11	Rincão	Tijucas	25°47'	49°09'	900	118	32,3	1554	109,2	Dez/79
12	Mananciais da Serra	Piraquara	25°29'	48°59'	1040	153	41,9	2485	335,0	Out/89

Fonte: ITCF, 1990

As altas precipitações do litoral provocam excedentes hídricos durante todo o ano, não ocorrendo deficiência (índice hídrico superior a 60), caracterizando tipos úmido (60 a 100) e superúmido (acima de 100), segundo a classificação de Thornthwaite. Os excedentes hídricos anuais, na faixa litorânea, são superiores a 500 mm, com curtos períodos de deficiência hídrica. Em toda a região litorânea, os excedentes hídricos são superiores aos encontrados a oeste, sendo que em Guaraqueçaba, em meses de janeiro, foi encontrado valor superior a 250 mm.

Os registros de umidade relativa do ar, na estação de Paranaguá, revelam médias mensais anuais em torno de 12.103 mB<sup>3</sup>, ocorrendo máximas de 12.197 e 11.153, nos anos de 1968 e 1969, respectivamente. As maiores médias mensais ocorrem nos meses de junho, julho e agosto, enquanto os menores índices estão presentes nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

<sup>3</sup> milibares

#### 4.1.2.2 Ventos

A dinâmica dos ventos em toda a área litorânea é definida, basicamente, pelo Anticiclone do Atlântico Sul e pelo Anticiclone Migratório Polar, na sua ação sobre o ramo Atlântico da Massa Polar (BIGARELLA *et al.*, 1978).

A diferença de comportamento térmico entre a superfície terrestre e a superfície aquática ocasiona as brisas terrestres e marítimas. Durante o dia, a terra se aquece mais rapidamente do que a superfície aquática e, como consequência, uma baixa térmica local se desenvolve sobre o continente, com os ventos soprando do mar para a terra, configurando uma brisa marítima. À noite, a terra se esfria rapidamente, enquanto o mar permanece quente, invertendo-se o gradiente de pressão, com o vento soprando da terra para o mar e caracterizando a brisa terrestre. Outro tipo de circulação é a que se estabelece entre a planície litorânea e a Serra do Mar: pela manhã, o ar aquecido se eleva penetrando pelos vales da serra. Desta forma, em Paranaguá, as brisas marinhas, de leste e sudeste, sopram, durante o dia, do mar para o interior, com uma velocidade em torno de 2,20 m/s. À noite, ocorre a situação inversa, com ventos soprando do sudoeste e do sul e, com menos frequência, do noroeste, variando de 1,60 a 2,20 m/s. Embora haja períodos de calmaria, numa frequência de 11,0%, entre 1999 e 2001, a maior rajada verificada foi de 17,2 m/s.

A frequência média da direção do vento, no período de abril/1999 à setembro/2001 está apresentada na tabela 4.1.2.2-a.

Tabela 4.1.2.2-a: Frequência média mensal da Direção do Vento (%)

Mês/Ano	Direção procedente do Vento							
	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
Abril/1999 à março/2001	9,39	5,58	8,11	15,43	12,89	9,14	14,64	24,83
Abril/2001	12,64	4,44	7,50	13,33	11,94	11,11	11,81	27,22
Maio/2001	11,42	5,24	6,72	12,63	10,89	9,01	12,23	31,85
Junho/2001	15,56	5,14	5,56	12,92	9,44	6,81	8,33	36,25
Julho/2001	13,04	6,32	7,26	13,44	11,69	7,66	10,22	30,38
Agosto/2001	10,62	5,11	6,59	13,71	12,50	7,53	8,74	35,22
Setembro/2001	9,44	6,81	7,50	16,11	13,47	9,58	13,89	23,19

Fonte: SIMEPAR

Somente ventos sudeste, reforçados pelo efeito das brisas soprando no semestre de inverno, são suficientemente fortes para transportar areia e formar depósitos eólicos. Outros ventos ou são mais fracos ou sopram em condições de maior umidade.

Assim, também a pressão atmosférica é influenciada pela circulação geral das massas de ar, devido ao aquecimento diferenciado entre terra e água. Nos meses de

inverno predominam as massas de ar subtropical de alta pressão, do Atlântico Sul, com pressões registradas, superiores a 1.018 mB, enquanto nos meses de verão, os valores de pressão caem para menos de 1.011 mB.

### 4.1.3 Qualidade do Ar

#### 4.1.3.1. Introdução

Pode-se dizer que existe poluição do ar quando ele contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para causar danos em seres humanos, em animais, em vegetais ou em materiais. Esses danos podem advir, também, de parâmetros físicos como, por exemplo, o calor e o som. Essas concentrações dependem do clima, da topografia, da densidade populacional, do nível e tipo de atividades industriais, comerciais e de serviços locais.

Os poluentes são classificados em primários e secundários. Os primários são aqueles lançados diretamente no ar, como o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), o monóxido de carbono (CO) e alguns materiais particulados, como a poeira em suspensão. Os secundários formam-se na atmosfera por meio de reações que ocorrem devido à presença de certas substâncias químicas e determinadas condições físicas. Por exemplo o  $\text{SO}_3$  (formado pelo  $\text{SO}_2$  e  $\text{O}_2$  no ar) reage com o vapor de água para produzir o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) que precipita originando a denominada “chuva ácida”.

As emissões mundiais de  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono), poluente secundário, gás considerado o principal responsável pelo aquecimento global, podem aumentar 50% até 2020, conforme estudos realizados pela empresa petroleira norte-americana EXXON<sup>4</sup>. Por outro lado, o Protocolo de Kyoto prevê que os países desenvolvidos reduzam, em média, 5,2% das emissões de gases-estufa, entre 2008 e 2012, em relação aos índices registrados em 1990. Estudos indicam que os Estados Unidos, a maior economia do mundo e detentor de apenas 4% da população mundial, é responsável atualmente pela emissão de 25% de todos os gases-estufa que chegam à atmosfera.

Do ponto de vista espacial, as fontes de poluição podem ser classificadas como móveis e estacionárias. Exemplo de fonte estacionária é uma chaminé que emite gases e fumaças, tal como a chaminé da FOSPAR. Veículos são fontes móveis, pois produzem poluentes de modo disperso. As fontes estacionárias produzem cargas pontuais de poluentes, enquanto as fontes móveis, produzem cargas difusas.

<sup>4</sup> Aproximadamente 7 bilhões de toneladas de dióxido de carbono são liberadas na atmosfera terrestre a cada ano por indústrias, carros e outras fontes estacionárias ou móveis.

#### **4.1.3.2. Qualidade do Ar no Terminal Portuário**

A qualidade do ar no Porto de Paranaguá é satisfatória, havendo em determinados instantes e pontualmente a emissão fugitiva de poeira vegetal dos cereais, de adubos e de fertilizantes, embarcados nos navios e outras embarcações marítimas. Os resíduos de cereais e outros granéis sólidos, derrubados no solo, junto à faixa operacional, envolvendo calçadas de vias públicas e pavimentos das vias internas de circulação, quando fermentados, exalam um odor fétido ao meio ambiente, apesar de não ser emissão tóxica.

As emissões atmosféricas incluem os gases e vapores dos processos de aquecimento de adubos e fertilizantes na FOSPAR e da armazenagem de líquidos inflamáveis do Terminal da PETROBRAS, envolvendo o processo de combustão, dentre outros. Dentre estas emissões deve-se destacar a presença de material particulado e de gases  $SO_x$  (anidrido sulfuroso/sulfúrico),  $NO_x$  (óxidos de nitrogênio) e CO (monóxido de carbono).

Em caso de ocorrência de colisões de veículos, na faixa operacional, com cargas perigosas, poderá haver o aparecimento de nuvem tóxica, dependendo do produto transportado e da quantidade sinistrada. Também poderá ocorrer o aparecimento de fumaça e nuvem tóxica em caso de incêndio em armazéns e silos graneleiros e em correias transportadoras e, ainda, na transferência de navio/terminal, com vazamento acidental de substâncias químicas.

Não há dados disponíveis sobre monitoramento das emissões atmosféricas nas chaminés da FOSPAR, relacionado às atividades portuárias do empreendedor APPA, apesar de constatada visualmente a emanação de fumaça.

#### **4.1.3.3 Influência da Soja em Decomposição na Qualidade do Ar, na Agricultura e no Terminal Portuário**

A principal fonte de poluição da atmosfera é a queima de combustíveis fósseis, tais como: petróleo e carvão mineral, responsáveis por mais de 60% das emissões de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), substância responsável por danos ambientais como o aquecimento global e problemas respiratórios. Em segundo lugar na emissão de  $CO_2$  está a agricultura, tanto pelo uso de combustíveis, na mecanização, quanto pelas técnicas de manejo do solo. Neste contexto, a soja é uma das culturas que mais dependem da concentração de carbono no solo, ao mesmo tempo em que aparece como a maior causa de emissão de  $CO_2$  na agricultura (REICOSKY, 2004).

O carbono (C) é um nutriente natural do solo, cuja função é garantir a ciclagem dos componentes físicos, químicos e biológicos que servem de alimento às plantas, durante todo o desenvolvimento vegetativo. A conservação do carbono no solo garante uma menor demanda por insumos, maior retenção da água e menor compactação. O carbono funciona como uma esponja que minimiza os impactos na compactação. A estrutura do solo sofre a pressão, mas volta ao seu estado normal em pouco tempo. No processo de fotossíntese das plantas, o oxigênio (O<sub>2</sub>) chega ao solo, aumentando a atividade microbiana. A união C + O<sub>2</sub> resulta na produção de CO<sub>2</sub> substância eliminada gradativamente na decomposição das plantas. Contudo, a sincronia perfeita da natureza na sustentabilidade do sistema é afetada pela intervenção do homem, usando técnicas agrícolas que aceleram a emissão de CO<sub>2</sub>.

Na revirada do solo para descompactação e plantio, procedimento comum na agricultura convencional, há uma decomposição muito rápida da matéria orgânica (restos culturais que ficaram na última colheita). A emissão de CO<sub>2</sub> durante o revolvimento do solo é semelhante à queima pelo fogo, com alta poluição atmosférica, só que de maneira não visível. O carbono não é algo palpável como a água e, essa é uma das restrições ao reconhecimento da importância deste problema.

A soja causa efeitos dramáticos no solo, já que se decompõe mais rapidamente do que qualquer outra cultura. Na remoção do solo, a soja representa um valor 24 vezes maior de perda de carbono. No solo sem plantio, a perda de carbono e emissão de CO<sub>2</sub> fica em 100%; no trigo, é de 196%, mas na soja, essa perda representa 264%. O carbono é muito importante para manter a biodiversidade e a fertilidade do solo.

Como se não bastasse, a soja ainda tem menor capacidade de infiltração de água em relação a outras culturas, gerando uma erosão de 778 kg de solo por hectare ao ano; no milho é de cerca de 350 kg/ha. Estudos mostram que a perda de carbono implica na redução de água no solo, prejudicando o desenvolvimento da soja.

Os solos brasileiros são muito deficientes em nutrientes, com os produtores mais preocupados em manter os benefícios do carbono no solo do que com a questão ambiental da emissão de CO<sub>2</sub>. Os produtores brasileiros não estão mais conscientes da conservação do que os norte-americanos. O que existe é a necessidade de cuidados especiais, já que nos países tropicais chove mais, resultando na lixiviação dos nutrientes do solo.

A soja derramada sobre o piso e pavimentos na área de influência direta – AID do Terminal Portuário, quando em estado de decomposição avançado e na presença de radiação solar, emana no ar, um odor fétido, intenso, característico em áreas portuárias. Não há dados disponibilizados pela APPA quanto a quantidade de unidades de odor que

são lançadas na atmosfera, por hora, nesta AID, embora em conformidade com o artigo 11 da Resolução SEMA 041/2002 seja especificado como limite de taxa de emissão, 5.000.000 UO/h, que é quantificada por processo de olfatometria.

#### **4.1.3.4 Influência dos Veículos Automotores na Qualidade do Ar no Terminal Portuário**

O aumento no número de carros dentro do terminal portuário também vai ajudar na elevação da emissão de gases-estufa. Estudos da EXXON mostram que atualmente existem 15 carros para cada mil habitantes do planeta, número que deve chegar a 50 por mil em 2020. Embora a eficiência da energia venha crescendo em média 1% ao ano com as inovações tecnológicas, a humanidade continuará dependendo de combustíveis fósseis nas próximas décadas, principalmente porque as reservas de petróleo são grandes e acredita-se que o suprimento da demanda mundial ultrapassará a 2020.

A topografia exerce efeitos locais nos ventos. Por exemplo, em regiões litorâneas, como é o caso dos Terminais Portuários de Paranaguá e Antonina, a brisa marítima pode provocar ventos que ajudam na dispersão dos poluentes atmosféricos e, desta forma, reduzir a poluição atmosférica causada por veículos automotores. Outro problema de dispersão está relacionado com a superfície do solo e a sua ocupação, por edifícios, galpões, silos de armazenagem de grãos do Terminal Portuário, que servem como anteparos ao fluxo de poluentes na atmosfera, em dias de difícil dispersão de poluentes.

Embora na se conheça número de veículos que trafegam dentro do Terminal Portuário, o que dificulta o estabelecimento da taxa real de poluentes jogados no ar, pode-se constatar que, apesar de ser relativamente grande esse número, em determinados horários do dia, o efeito da poluição do ar não é significativo, visto não se formar o denominado “smog fotoquímico”.

Deve-se ainda se destacar que a evolução tecnológica com o uso de conversores catalíticos, um tipo de “colméia cerâmica”, recoberta por sais de metais nobres que provocam reações e alterações nos gases emitidos pelo escapamento, a instalação de injeção eletrônica nos motores que garantem a regulação automática, a redução do teor de enxofre no óleo diesel; a adição de etanol à gasolina e a aditivação de combustíveis, são medidas que contribuem para a redução de emissão de gases poluentes na atmosfera e conseqüentemente auxiliam na melhoria da qualidade do ar. Os índices máximos permitidos atualmente para emissão em veículos novos, conforme definido pelo Programa Nacional de Controle de Poluição por Veículos Automotores - PROCONVE são de: CO (monóxido de carbono)= 12 g/km, HC (hidrocarbonetos)= 0,3 g/km e NOx (óxidos de nitrogênio)=0,6 g/km.

## 4.1.4 Ruídos

### 4.1.4.1 Introdução

O ruído pode ser classificado em 4 tipos, a seguir descritos:

- Ruído Contínuo: som que se mantém no tempo;
- Ruído Intermitente: som não contínuo, em que nos intervalos há dissipação da pressão sonora;
- Ruído Impulsivo: som proveniente de explosões, escape de gás, etc.;
- Ruído de Impacto: som proveniente de certas máquinas, tal como a prensa gráfica, por exemplo.

A avaliação de ruídos em ambientes é feita segundo dois critérios básicos: conforto acústico e ruído com exposição ocupacional (BRAGA *et al.*, 2002).

O conforto acústico é fixado pela Portaria Federal n.º 92/90, de 19/06/1980, do Ministério do Interior. Nessa portaria estão especificados os níveis de ruído para efeito do incômodo provocado em moradores próximos às fábricas e outras instalações fixas, tais como portos, aeroportos, rodoviárias, ferroviárias, etc.

Ainda a nível federal, em termos de conforto acústico, a Resolução CONAMA n.º 01/90, de 08/03/1990 estabelece padrões, critérios e diretrizes a serem obedecidos pela emissão de ruídos, no interesse da saúde e do sossego público e a Resolução CONAMA n.º 02/90, de 08/03/1990 institui, em caráter nacional, o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, denominado popularmente “Silêncio”.

A norma técnica da ABNT – NBR 10151 fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. Ela especifica um método para avaliação de ruído, a aplicação de correções nos níveis sonoros medidos (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e uma comparação dos níveis corrigidos, com um critério que leva em conta vários fatores ambientais.

A norma técnica da ABNT – NBR 10152 fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, em função das curvas de avaliação de ruído (NC) e das frequências centrais das bandas de oitava, não excluindo as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto.

O critério ocupacional trata dos efeitos auditivos causados pelo ruído, definidos pela Portaria n.º 3214, datada em 08/06/1978, do Ministério do Trabalho e especificados no Anexo n.º 1 da NR-15.

#### **4.1.4.2. Situação Atual de Poluição Sonora no Terminal Portuário**

As principais fontes de ruído do Porto de Paranaguá, durante a operação do terminal portuário, são provenientes do tráfego de veículos automotores pesados e leves, empilhadeiras tipo CATERPILAR e MADAU, guindaste móvel LORAIN (LOURIVAL E SALLES), locomotivas do terminal ferroviário, tratores, pá-carregadeiras, sistemas de carregamento tipo *grabs* e *shiploader* e sirenes dos navios, durante o embarque e desembarque. Na ampliação do Porto de Paranaguá deverão ser utilizados critérios adequados e projetados com atenção e cuidado para que se atinja limites especificados para campo próximo e campo afastado, conforme apresentado a seguir:

- Campo próximo: nível de pressão sonora de 85 dB(A) a 1,0 m de qualquer ponto de equipamento;
- Campo afastado: níveis de pressão sonora de:
  - 65 dB(A) na área limite dos cais e galpões de granéis secos do Porto de Paranaguá;
  - 55 dB(A) nos escritórios e Guarda Portuária.

Os níveis de ruído do Porto de Paranaguá tanto para campo próximo quanto para campo afastado, citados acima, encontram-se em conformidade com os Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente, citados na norma regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego - NR-15 (Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho). Quando trabalhando em áreas sujeitas a altos níveis de ruído, os operadores devem usar protetores auriculares tipo de inserção ou circunauriculares.

Conforme avaliações quantitativas realizadas pela empresa TQS Tecnologia em Qualidade e Segurança Ltda., em 1998, foram realizadas medições de ruído nos terminais rodoviário e ferroviário, nos armazéns, na avenida principal, na Oficina de Manutenção e em áreas administrativas. A Tabela 4.1.4.2-a apresenta os níveis de pressão sonora obtidos. O ruído de fundo medido, aquele que é superado 90% do tempo, situa-se ao nível típico de áreas urbanas de baixa densidade.

Tabela 4.1.4.2-a: Níveis de ruído emitidos dentro do Porto de Paranaguá

FONTE GERADORA	NÍVEL DE RUÍDO dB(A)
Terminais rodoviário e ferroviário	94
Avenida interna principal do Porto de Paranaguá, com tráfego de veículos automotores	92 a 93
Oficinas de Manutenção	92
Oficina mecânica SEMESE	84
Manutenção de guindastes	94
Sala da Chefia da Seção de Contêineres	65 a 74
Barracões dos Armazéns 10 Alfandegado, 7A e 11A	65 a 90
Barracão do Armazém 7B	67 a 91
Barracão do Armazém 9 <sup>A</sup>	66 a 90
Barracão do Armazém 10 <sup>A</sup>	67 a 90
Barracão do Armazém 12 <sup>A</sup>	60 a 90
Barracão do Armazém 13 <sup>A</sup>	61 a 90
Salas das Balanças 1, 2, 3, 4 e 9	90
Pátio de Triagem – Setor de Liberação	70 a 91
Pátio de Triagem – Setor de Entrada de Caminhões	72 a 92
Pátio de Triagem – Caixa de Água	75
Setor de Transportes – Rodoviário	94
Setor de Transportes – Ferroviário	96
Setor Elétrico – Operacional	95
Guindaste LORAIN	98
Máquinas e Veículos – Shiploader e Operadores MADAL	91
Máquinas e Veículos – Operadores TRIPPER e Operadores Tratores	91
Máquinas e Veículos – Operadores de Pá Carregadeira	91
Máquinas e Veículos – Operadores de Empilhadeira	90
Conferência de Contêineres – Faixa	95

Fonte: Os dados desta medição estão registrados no Laudo Pericial, realizado pela empresa TQS Tecnologia em Qualidade e Segurança Ltda., datado em 1998

A Tabela 4.1.4.2-b mostra os níveis de pressão sonora em diversas operações e atividades desenvolvidas no terminal portuário, mensurados.

Tabela 4.1.4.2-b: Níveis de ruído emitidos dentro do Porto de Paranaguá e áreas de influência

FONTE GERADORA	COORDENADAS UTM <sup>5</sup>	NÍVEL DE RUÍDO dB(A)	Foto	ATENDIMENTO A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL <sup>6</sup>
Portaria da Guarda Portuária <sup>7</sup>	749.872 7.176.951	76,0 a 77,0 <sup>8</sup>	4.1.4.2-1	não atende
Armazém A212 / Balança <sup>9</sup>	750.327	68,0 a 74,0 <sup>10</sup>	4.1.4.2-2	atende parcialmente

<sup>5</sup> O elipsóide considerado foi o sistema de projeção geodésico **SAD-69** (referência 1967), com meridiano central MC= -51°.

<sup>6</sup> Conforme a Portaria MINTER 092/80, datada de 19 de junho de 1980.

<sup>7</sup> A velocidade do vento, medida com anemômetro digital, variou de 0,6 a 0,8 m/s, com direção predominante NE-SW, o ruído de fundo foi de 60 dB(A).

<sup>8</sup> Devido ao tráfego intenso de caminhões se adentrando e saindo do terminal portuário.

<sup>9</sup> A velocidade do vento, medida com anemômetro digital, variou de 0,8 a 1,2 m/s, com direção predominante SW-NE, o ruído de fundo foi de 58 dB(A).

FONTE GERADORA	COORDENADAS UTM <sup>5</sup>	NÍVEL DE RUÍDO dB(A)	Foto	ATENDIMENTO A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL <sup>6</sup>
	7.177.078			
Elevador de Canecos do Silo de Cereais – Píer 5 <sup>11</sup>	749.433 717.7108	80,0 a 81,0 <sup>12</sup>	4.1.4.2-3	não atende
Canteiro de Obras de Ampliação - Píer 1 <sup>13</sup>	748.715 7.177.151	68,0 a 72,0 <sup>14</sup>	4.1.4.2-4	atende parcialmente
Praça do Rocio, próximo a Igreja do Rocio <sup>15</sup>	748.186 7.176.748	68,0 a 75,0 <sup>16</sup>	4.1.4.2-5	atende parcialmente
Trapiche do Cais do Porto <sup>17</sup>	748.132 7.177.001	68,0 a 70,5	4.1.4.2-6	atende parcialmente

Obs.: A medição foi efetuada no período matutino (entre 10h 00min e 13h 15min) e no período vespertino (entre 14h 00min e 16h 30min).



Foto 4.1.4.2-1



Foto 4.1.4.2-2

<sup>10</sup> Devido ao tráfego intenso de caminhões se adentrando e saindo do terminal portuário.

<sup>11</sup> A velocidade do vento, medida com anemômetro, digital variou de 0,0 a 0,2 m/s, com direção predominante SW-NE, ruído de fundo foi de 65 dB(A), sendo constatado a presença de paredes de bloqueio da propagação do ruído e da velocidade do vento, devido a 2 embarcações atracadas e da edificação do armazém de silos de cereais.

<sup>12</sup> Devido ao funcionamento do elevador de canecos e dos silos de armazenagem.

<sup>13</sup> A velocidade do vento, medida com anemômetro digital, variou de 0,0 a 0,2 m/s, com direção predominante SW-NE, ruído de fundo foi de 65 dB(A), sendo constatado a presença de paredes de bloqueio da propagação do ruído e da velocidade do vento, devido a 2 embarcações atracadas e da edificação do armazém de silos de cereais.

<sup>14</sup> Devido aos serviços de manutenção mecânica e metalúrgica, executados por empresa terceirizada.

<sup>15</sup> A velocidade do vento, medida com anemômetro digital, em área aberta sem nenhum tipo de bloqueio físico, variou de 1,1 a 2,6 m/s, com direção predominante W-E, sendo que o ruído de fundo foi de 62 dB(A) na maior parte do tempo e, no acionamento da buzina das locomotivas, foi de 81,0 dB(A).

<sup>16</sup> Devido a conversas de moradores e transeuntes.

<sup>17</sup> A velocidade do vento, medida com anemômetro digital, em área aberta sem nenhum tipo de bloqueio físico, variou de 1,2 a 2,9 m/s, com direção predominante W-E, sendo que o ruído de fundo variou de 70,5 a 71,0 dB(A) quando do acionamento do sinal sonoro do Terminal de Cargas Perigosas CATTALINI e de 76,0 a 77,0 quando do funcionamento de motores tipo 2 tempos, dos barcos de pescadores, distanciados a aproximadamente 20,0 m da fonte geradora.



Foto 4.1.4.2-3



Foto 4.1.4.2-4



Foto 4.1.4.2-5



Foto 4.1.4.2-6

## 4.1.5 Geologia da Porção Emersa

### 4.1.5.1. Aspectos Gerais

Na porção emersa da Área de Influência (AI) do empreendimento podem ser reconhecidos dois domínios geológicos principais: o do escudo e o da cobertura sedimentar cenozóica, como pode ser observado no Quadro 4.1.5.1-A e no Mapa Geológico apresentado na Figura 4.1.5.1-I.

Quadro 4.1.5.1-A: Coluna Litoestratigráfica da Área de Influência do Empreendimento

Era	Período	Época	Unidade Geológica	Registros no litoral paranaense	
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Sedimentos Terciários-Quaternários	<p>No Holoceno ocorreu nova transgressão marinha, atingindo um nível máximo do mar entre +2 e +4 m sobre o nível atual entre 5.100 e 5.400 anos atrás, erodindo parte da planície costeira. O nível do mar começa a baixar até atingir o atual. Praias e mangues são formados.</p> <p>No Pleistoceno ocorreram grandes variações do nível relativo do mar. Há 120.000 anos atrás este atingiu seu máximo (8 +/- 2m sobre o nível atual, chegando ao sopé da Serra do Mar. Nesta fase o litoral do Paraná teria configuração similar a um grande golfo, com ilhas esparsas. Entre 21.500 e 18.000 anos atrás o mar atingiu seu nível mais baixo em relação ao nível atual. Todos os depósitos da atual plataforma continental ficaram expostos (sub-aéreos), formando uma ampla planície costeira.</p> <p>No Terciário ocorreu o soerguimento da Serra do Mar a partir de atividades tectônicas. No Mioceno Inferior depositou-se a Formação Alexandra sobre o embasamento, sendo esta composta por sedimentos de origem continental, afloram apenas em um pequeno trecho do relevo atual. Em subsuperfície, a distribuição desta unidade ainda é pouco conhecida.</p>	
			QI		Leques e cones aluviais
			Qt		Talus
			Qv		Colúvios
			Qfp		Planícies de inundação
			Qfb		Barras em pontal
			Qfm		Meandros e canais abandonados
			Qfd		Diques marginais
			QAp		Praias
			QAb		Brejos intercordões
			QHd		Dunas frontais
			QHpc		Planície costeira com cordões litorâneos
			QAm		Manguezais
			QAm		Manguezais com Achosticum e Hibiscus
			QAmc		Zona de Cladium
			QAmb		Brejos de maré
			QAm		Pântanos de maré
			QAmr		Marismas e bancos
			QAt		Delta de maré
	QPe	Planícies com sedimentos paleoestuarinos			
QAr	Fundos rasos				
Qp	Planície costeira com cordões litorâneos				
Terciário	Mio-ceno	Plio/Pleistoceno	TQI	Leques e cones aluviais Plio-Pleistocênicos	
		Ta	Formação Alexandra - Conglomerados, arcólios, areias e argilitos		
Mesozóico	Juro Cretáceo		Intrusivas Básicas	Durante a Era Mesozóica ocorreu a formação do Oceano Atlântico. Início do soerguimento da Serra e aparecimento do Arco de Ponto Grossa (unidade estrutural importante regionalmente). Intrusões ígneas formam os diques de direção NW-SE, como os que ocorrem nas ilhas da Cotinga e do Mel.	
		JKdb	Formação Serra Geral - diques básicos em geral, incluindo basaltos, diabásios, gabros e dioritos pórfiros		
Pré-Cambriano	Proterozóico Superior / Cambriano		Suite Alcali-Granitos	Durante o Pré-Cambriano ocorreu a formação das rochas ígneas e metamórficas do Embasamento Cristalino que, posteriormente, foram soerguidas, resultando nas montanhas da Serra do Mar.	
			PEg2		Granito Graciosa - Rochas leucocráticas, cinza-claro e rosado, de granulção média, localmente porfírica
	Arqueano / Proterozóico Inferior		Complexo Gnásico-Migmatítico		
			APGImge		Migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaiss, mica-quartzo xisto, ultrabásito, metabasito e anfibolito
			APImgm		Migmatitos ofáltmicos, com paleossoma de biotita gnaiss, biotita-hornblenda gnaiss e hornblenda gnaiss, com quartzitos locais
			APImga		Gnaisses ocelares, interdigitado com migmatitos estromáticos, com ocorrência de gnaisses fitados e leucocráticos e xistos feldspáticos
			APImgi		Migmatitos indif., com anfibolitos e veios quartzo-feldspáticos ass. a migmatitos <i>dente de cheval</i> , localm. pegmatitos e aplo-granitos
			APIsqf		Suite granítica floiada, granitos metamórficos ou de anexia, indiferenciados
			Complexo Metamórfico Indiferenciado		
			APImx		Biotita-muscovita xistos e clorita-biotita-muscovita xistos, com occ. Locais de quartzo xistos e quartzitos. Clorita-biotita-muscovita xistos e tremolita-actinolita xistos
			Complexo Cachoeira		
APICgm	Sericita-biotita-clorita-quartzo xistos, quartzo xistos e quartzitos, parcialmente migmatizados				
APICxm	Xistos magnesianos, anfibolitos, metabasitos, metatrabasitos, gnaisses e ectonitos parcialmente migmatizados				

Fonte: Modificado de SOARES & MARONE, 2004 (no prelo) e PARANÁ, 2002

Figura 4.1.5.1 – MF-01: Mapa Geológico

#### 4.1.5.2. O Escudo

##### 4.1.5.2.1. Marco Estrutural

Segundo FUCK *et al.* (1969), os principais alinhamentos no embasamento são predominantemente de direção NE-SW. Na região de Paranaguá-Guaratuba, atingem orientação N20-30E até N-S. Ao norte de Baía de Paranaguá, os alinhamentos mudam de direção para N50-60E e, próximos à costa, fixam-se em N30-40E.

Dentre as estruturas regionais, destaca-se o Arco de Ponta Grossa, reconhecido por SANFORD & LANGE (1960 *apud* ALMEIDA, 1976). O Arco é uma estrutura alongada cujo eixo tem orientação NW. Durante o magmatismo mesozóico, devido ao intenso fraturamento distensivo, o Arco se constituiu numa via preferencial de ascensão do magma, fato que é evidenciado pelo grande enxame de diques de rochas básicas (ALMEIDA, 1976, 1982).

FERREIRA (1982) definiu quatro grandes alinhamentos tectônicos que delimitam compartimentos do Arco de Ponta Grossa e refletem, ou limitam, uma área com grande densidade de diques e soleiras de diabásio. Os alinhamentos São Jerônimo-Curiúva e Rio Alonzo, de orientação NW, passam pelo litoral norte e sul do Paraná, respectivamente.

Com relação às bacias mesozóico-cenozóicas, da margem continental brasileira, o litoral do Paraná se localiza na borda da Bacia de Santos. Segundo MACEDO (1987), a região continental adjacente a esta bacia, poderia ter sido soerguida desde o Eocretáceo, configurando uma "proto-Serra do Mar". Essa faixa continental teria mantido uma posição topográfica elevada ao longo do tempo, através de contínuas respostas a condicionamentos isostáticos.

O tectonismo cenozóico, segundo ASMUS & FERRARI (1978), resultou essencialmente em falhamentos normais com até 3.000 m de rejeitos verticais, ao longo de linhas de fraqueza pré-cambrianas, dando lugar ao deslizamento gravitacional de blocos, os quais atualmente se expressam por escarpas de linha de falha, tais como a Serra do Mar (ALMEIDA, 1976, ASMUS & FERRARI, 1978).

Com relação a neotectônica, RICCOMINI *et al.* (1989) se referem ao "sistema de rift da Serra do Mar", falhamentos de provável idade Pleistoceno Superior - Holoceno, possivelmente ativas até o presente.

Segundo MIOTO & HASUI (1982) a região costeira do Paraná seria uma das regiões sísmicas do sul e sudeste brasileiro.

Também SALAMUNI (1995) postula a existência de reativações de antigas linhas estruturais da Bacia de Curitiba até o Quaternário, evidenciados pelo controle estrutural da rede de drenagem.

#### **4.1.5.2.2. As Unidades Geológicas**

A Serra do Mar está inserida dentro da Região de Dobramento Sudeste (HASUI *et al.* 1978), sendo uma das grandes unidades geotectônicas do Ciclo Brasileiro, mais especificamente entre 1.000 e 450 M.A. Entretanto, a Serra do Mar, no Estado do Paraná, encontra-se representada no Maciço Mediano de Joinville (HASUI *et al.*, 1975) onde se incluem as unidades gnáissico-migmatíticas costeiras do Paraná, São Paulo e Santa Catarina, recebendo ainda outras denominações como Complexo Costeiro (HASUI *et al.*, 1984) e Complexo Gnáissico-Migmatítico Costeiro (DNPM/MINEROPAR, 1989).

Na AI também ocorrem as intrusivas básicas mesozóicas que são representadas por diques de composição predominantemente basáltica e diorítica. Esses diques são orientados a SE-NW e estão associados ao arqueamento de Ponta Grossa (SANFORD & LANGE, 1960 *apud* SALAZAR Jr., 1992).

##### **4.1.5.2.2.1 Complexo Cachoeira**

Este complexo é constituído por rochas gnáissicas, foliadas a bandadas, leuco a mesocráticas e de textura fina a média, que ocorrem na região de Morretes, Antonina e Guaraqueçaba. Encontram-se associadas, na forma de enclaves, rochas básicas e ultrabásicas: piroxenitos, metagabronoritos, anfibolitos e xistos magnesianos, além de charnoquitos, enderbitos, granulitos e gnaisses cataclásticos e milonitos, e em menor proporção quartzitos, magnetita quartzitos, formações ferríferas e gnaisses kinzigíticos. Rochas cataclásticas e miloníticas ocorrem ao longo de inúmeras zonas de cisalhamento que rasgam esse domínio, à semelhança do anterior, em direções WNW-ESE e NE-SW. Essas feições ocorrem notadamente nas proximidades das zonas de contato com os domínios adjacentes. Na área de estudo se destacam os seguintes litotipos:

- Magnetita quartzitos (APIcmq) que ocorrem a NNW do Rio Curitibabaiba, próximo a localidade de Rio Seco.
- Muscovita-biotita quartzitos, fucsita quartzitos, quartzos xistos, metarenitos e metarcósios, com intercalações de magnetita-mica-quartzo xisto, mica-quartzo xistos e metacherts (APIcq) que afloram nas ilhas do Teixeira,

Guamiranga de Fora e de Dentro; no Morro da Quatinga; nas localidades de Faisqueira, Marta, Sambaqui e Floresta.

- Sericita-biotita-clorita-quartzo xistos, quartzo xistos e quartzitos, parcialmente migmatizados (APIcgm) que ocorre no trecho da PR-340, entre os rios Guapiara e do Nunes.
- Xistos magnesianos, anfíbolitos, metabasitos, metaultrabasitos, gnaisses e ectinitos parcialmente migmatizados (APIcxm) que são encontrados nas adjacências do município de Antonina e nas localidades de São João, Figueira de Braço e Ceuta Funda.

#### **4.1.5.2.2 Complexo Metamórfico Indiferenciado**

Este compartimento consiste numa seqüência de rochas que perderam suas características originais, podendo ser definidas como tectono-fácies. Predominam as rochas gnáissicas (biotita-anfíbólio gnaisses e migmatíticas) com melanossoma de biotita-anfíbólio gnaisses e leucossoma de composição tonalítico-granodiorítica, associadas a anfíbolitos, gnaisses graníticos, núcleos de gnaisses granulíticos e rochas máfico-ultramáficas toleíticas: metaperidotitos, serpentinitos, xistos magnesianos, metapiroxenitos e gabros. Na região específica afloram:

- Biotita-muscovita xistos e clorita-biotita-muscovita xistos, com ocorrências locais de quartzo xistos e quartzitos; clorita-biotita-muscovita xistos e tremolita-actinolita xistos (APIrmx). Ocorrem na Ilha do Teixeira, do Ramos, Redonda, da Ponta Grossa, Guamiranga de Fora e de Dentro, na Ponta Grossa e do Touro, bem como na localidade de Mundo Novo.

#### **4.1.5.2.3 Complexo Gnáissico-Migmatítico**

Trata-se de um conjunto de migmatitos estromáticos, augen-gnaisses, gnaisses graníticos e fitados, rochas meta-ultrabásicas, metabasitos, anfíbolitos e quartzitos. A associação suíte granítica foliada, anatexítica e metassomática (APIsgf) está inserida no Complexo Gnáissico-Migmatítico pela íntima relação como os migmatitos encaixantes, em contraste com as rochas granitóides do Complexo Granítico-Gnáissico, consideradas intrusivas. A foliação NE-SW constitui o principal padrão estrutural, marcado pelo achatamento e estiramento dos minerais. Ocorrem na área:

- Migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaiss, mica xisto, ultrabasito, metabasito e anfibolito – APlmge –. Afloram nos morros do Cedro, do Retiro, do Uva, do Pasto, do Caçoeiro, dos Pacas, do Superagüi e do Barbado, entre outros; nas ilhas do Gererê, Biguá e das Bananas; na ponta do Pasto e nas localidade de Amparo e Cacatu.
- Migmatitos oftálmicos (Foto 4.1.5.2.2.3-1), com paleossoma de biotita gnaiss, biotita-hornblenda gnaiss e gnaiss, com quartzitos locais (APlmgm). Afloramentos são encontrados nas ilhas do Lamin e Guararema; na ponta do Pasto; nas localidades de Eufrasina, Quatinga, Toral, colônias Taunay e Maria Luiza; no morro Inglês e no trecho da BR-277 entre a PR-508 e PR-407.



Foto 4.1.5.2.2.3-1 – Afloramento de migmatito na BR-277

- Granitos ocelares, interdigitados com migmatitos estromáticos, com ocorrência de gnaisses fitados e leucocráticos (Foto 4.1.5.2.2.3-2) e xistos feldspáticos (APlmga). Podem ser encontrados nas localidades de Mergulhão, Itapema de Baixo e colônia Saiva, bem como no Morro da Boa Vista.
- Migmatitos indiferenciados, com anfibolitos e veios quartzo-feldspáticos associados a migmatitos *dent de cheval*, localmente pegmatitos e aplogranitos (APlmgi). Afloram nas ilhas da Cotinga, da Galheta, das Cobras e do Mel (Morros do Miguel, Melo, das Conchas e do Farol, pontas da Galheta e da Nhapina).



Foto 4.1.5.2.2.3-2 – Afloramento de gnaissse fitado, leucocrático – Ponta da Pita, Antonina

- Suíte granítica foliada, granitos metassomáticos ou de anatexia, indiferenciados (APIsgf) (Foto 4.1.5.2.2.3-3). Podem ser encontrados na cidade de Antonina; na ilha do Corisco; na ponta do Rolim; Nos morros da Quatinga, da Vista e do Roial e nos espigões do Feiticeiro e da Canavieira.



Foto 4.1.5.2.2.3-3 – Afloramento da unidade APIsgf na BR-277

#### 4.1.5.2.2.4 Suíte Álcali-Granitos

Trata-se de um magmatismo em regime extensional pós-orogênico. Os maciços graníticos apresentam dimensões variadas, constituindo desde pequenos *stocks* até batólitos, cujas denominações têm por base a toponímia regional onde ocorrem, no caso, o

Granito Serra Graciosa. Caracteriza-se pela natureza alcalina, pela textura equigranular e pela isotropia, em contraste com a pronunciada foliação dos gnaisses e migmatitos encaixantes, com os quais os contatos são normalmente realizados, através de zonas de falha.

### **Granito Graciosa**

Delimitado parcialmente por MAACK (1961) e descrito por CORDANI e GIRARDI (1967), ocupa uma superfície superior a 300 km<sup>2</sup>, ocorrendo a nordeste da cidade de Curitiba, onde constitui a Serra dos Órgãos, como o Pico Paraná, Graciosa e Farinha Seca. Este corpo tem direção NE e faz contatos tectônicos com as rochas do domínio Paranaguá a leste. Na área de influência aflora esse granito representado por uma grande variedade de litotipos, predominando rochas leucocráticas, com cores cinza-claro e rosado, de granulação média, localmente porfíricas, com porções isentas de minerais máficos e outras ricas em biotita e anfibólios (Peg2). Aflora nas adjacências do Rio do Nunes (a NW do Complexo Gnáissico-Migmatítico) e nas localidades de Cacatu e Mergulhão.

#### **4.1.5.2.2.5 Intrusivas Básicas**

Estas rochas intrusivas estão relacionadas ao rifteamento do Atlântico e à Formação Serra Geral (vulcanismo basáltico na Bacia do Paraná). São corpos hipoabissais, em geral subverticais, alongados e de direção N50-70W, com idades variando de 136 e 113 milhões de anos (MINEROPAR, 1989). Ocorrem as seguintes variedades litológicas:

- Diques básicos em geral, incluindo basaltos, diabásios, gabros e dioritos pórfiros (JKdb). Afloram em locais como a ilha da Cotinga.
- Diques de diorito pórfiro nomeados por JKdp. São encontrados no morro do Roial, do Queimado e da Quatinga e nas ilhas Biguá e do Lessa, bem como na localidade de Eufrasina.

#### **4.1.5.3 Os Sedimentos Cenozóicos**

Na porção emersa das Áreas de Influência (AI) a cobertura sedimentar cenozóica está representada por sedimentos continentais e costeiros. Os sedimentos continentais incluem depósitos atribuídos a leques aluviais em cavidades que vão de Mioceno Inferior (Formação Alexandra) ao Holoceno e depósitos associados a vertentes, tais como talus e colúvios e depósitos fluviais do Quaternário. Os sedimentos costeiros caracterizam a

planície costeira: cordões litorâneos (Pleistoceno Superior e Holoceno); sedimentos Paleoesuarinos (Pleistoceno Superior e Holoceno); as dunas (Holoceno) e os sedimentos atuais das planícies de maré: depressões intercordões e praias.

#### **4.1.5.3.1 Sedimentos Continentais**

##### **4.1.5.3.1.1 Formação Alexandra (Mioceno Inferior)**

Os depósitos da Formação Alexandra (Ta), que foi definida por BIGARELLA *et al.* (1959) e seção-tipo, por ANGULO (1995), ocorrem em colinas isoladas, niveladas topograficamente em altitudes em torno de 30 m. Os tipos principais de sedimentos que a constituem são areias arcoseanas e lamas e, subsidiariamente, cascalhos, argilas e, num único afloramento, uma camada de linhito (ANGULO, 1995). As cores predominantes dos sedimentos são cinza esverdeado e vermelho, sendo que as lamas também apresentam tons azulados ou violáceos. Nos sedimentos mais intemperizados, as cores tendem para o vermelho, laranja e amarelo.

Os processos atuantes na formação das fácies foram interpretados por ANGULO (1992b, 1995) como sendo principalmente fluxos gravitacionais, do tipo fluxo de detritos (conglomerados sustentados pela matriz) e fluxo de lama (lamas e lamas arenosas). Os arcóseos e arenitos arcoseanos sugeririam fluxos em canais entrelaçados (*braided*), ocorrendo transição para fluxos mais densos, não confinados. Os arcóseos com estratificação gradacional foram atribuídos a fluxos densos, em meio subaquoso. A camada linhítica indicaria um processo de carbonização em um ambiente do tipo pântano. Segundo esse autor, o conjunto dos depósitos sugere um sistema deposicional de leque aluvial associado a corpos aquosos, de pequena dimensão, talvez pântanos. ANGULO (1992b, 1995) admite que o clima, durante a deposição da Formação Alexandra, poderia ter sido úmido, porém mais seco que o atual, propiciando uma maior abundância de arbustos e plantas herbáceas. Talvez existisse, na serra, uma zonação vertical diferente da atual, com faixas maiores de campos e áreas arbustivas. A grande ocorrência de fluxos de lama e de detritos estaria associada à existência de um relevo acidentado, com superfícies de rocha exposta que favoreceriam o fornecimento de seixos e grânulos de quartzo e feldspato. A vegetação mais aberta, sobretudo nas partes altas da serra, não ofereceria uma proteção tão eficiente das encostas, como a Floresta Atlântica atual, favorecendo a ocorrência de corridas de lama e detritos e a existência de canais entrelaçados, num ambiente de leque aluvial.

LIMA & ANGULO (1990), com base no conteúdo palinológico da camada linhítica, posicionaram os depósitos da Formação Alexandra no Mioceno Inferior.

#### 4.1.5.3.1.2 Leques e Cones Aluviais (Plio-Quaternário)

Os leques e os cones aluviais apresentam sua morfologia preservada, total ou parcialmente e ocorrem associados às grandes vertentes da Serra do Mar (ANGULO, 1995). Estas duas feições apresentam morfologia semelhante, distinguindo-se pela sua inclinação: possuem raio entre 100 m e 400 m e declives entre 2° e 20°, sendo que os que possuem declives superiores a 10° se enquadrariam na categoria de cones de RAPP & FAIRBRIDGE (1968).

Os leques e cones formam-se onde uma drenagem secundária alcança a planície costeira ou o vale do rio principal; ambos apresentam diversos estágios de dissecação: nos menos dissecados, diversos canais abandonados compõem uma drenagem radial distributiva, típica de leque. Em vários locais, é possível distinguir três gerações de leques, sendo os das gerações localizadas a montante, mais dissecados. As três gerações já tinham sido identificadas por BIGARELLA *et al.* (1961), quando da definição da Formação Iquererim. Nos leques maiores, geralmente o canal fluvial principal está encaixado e retrabalha os depósitos do leque, evidenciando o predomínio da erosão vertical do canal fluvial, sugerindo que a dinâmica atual é diferente da que os originou.

Em superfície, os sedimentos dos leques compõem uma paisagem que inclui uma superfície suavemente inclinada, freqüentemente com a presença de grandes blocos esparsos. Em diversos locais, esses sedimentos jazem sobre uma superfície irregular, cortada nas rochas de embasamento e apresentam espessuras variáveis, sendo a maior observada, de 10 m. Segundo BESSA Jr. (1996) os leques são constituídos por areias arcoseanas, lamas, cascalhos clasto-suportados e matriz-suportados, com estruturas de escavação e preenchimento, estratificação cruzada acanalada e tabular, estratificação plano-paralela, granodecrescência ascendente, pelotas de argila e restos vegetais.

As principais fácies sedimentares encontradas podem ser atribuídas a fluxos densos de lama e detritos e a fluxos trativos fluviais. BESSA Jr. (1996) também descreve depósitos atribuídos a canais, confinados e não confinados, de rios entrelaçados e depósitos lacustres. Segundo o mesmo autor, as análises palinológicas, aliadas à presença de fósseis vegetais e depósitos lacustres, sugerem que a formação destes leques tenha ocorrido sob clima úmido. A datação de duas amostras de restos vegetais forneceram idades de  $13.850 \pm 120$  anos A.P. e  $8.330 \pm 80$  anos A.P., ou seja, do final do Pleistoceno e ao início do Holoceno.

Contudo, evidências geomorfológicas indicam a existência de, pelo menos, três gerações de leques e os mais antigos podem, segundo ANGULO (1995), alcançar o Plioceno.

#### 4.1.5.3.1.3 Talus (Quaternário)

No sopé das vertentes mais íngremes da serra, freqüentemente ocorrem acúmulos de sedimentos, cujas superfícies de deposição formam rampas de forte inclinação. Essas rampas não apresentam evidências de processos fluviais, ocorrendo aparentemente um predomínio do processo de queda de detritos. Em alguns casos, as rampas apresentam ravinamento, com padrão paralelo e não radial, como nos leques. Os sedimentos que formam essas rampas íngremes foram interpretados por ANGULO (1992b, 1995) como depósitos de talus (Qt).

#### 4.1.5.3.1.4 Colúvios (Quaternário)

Sob a denominação colúvios (QHc), ANGULO (1995) incluiu os sedimentos associados às vertentes da serra (Foto 4.1.5.3.1.4-1), nos quais não se observam evidências de transporte por fluxos de baixa viscosidade. Trata-se de sedimentos predominantemente finos, com proporções variáveis de areia e seixos, geralmente, sem estruturas. Os seixos podem estar dispersos na matriz ou concentrados em níveis ou linhas (*stone lines*). É freqüente a ocorrência de mais de um colúvio superposto, com características texturais, ou de coloração diferentes, podendo ocorrer solos enterrados. Alguns colúvios parecem ter sido originados por processos de movimentos de massa lentos, envolvendo o manto de intemperismo, porém, as linhas de seixos e os solos enterrados atestam a complexidade de sua evolução.

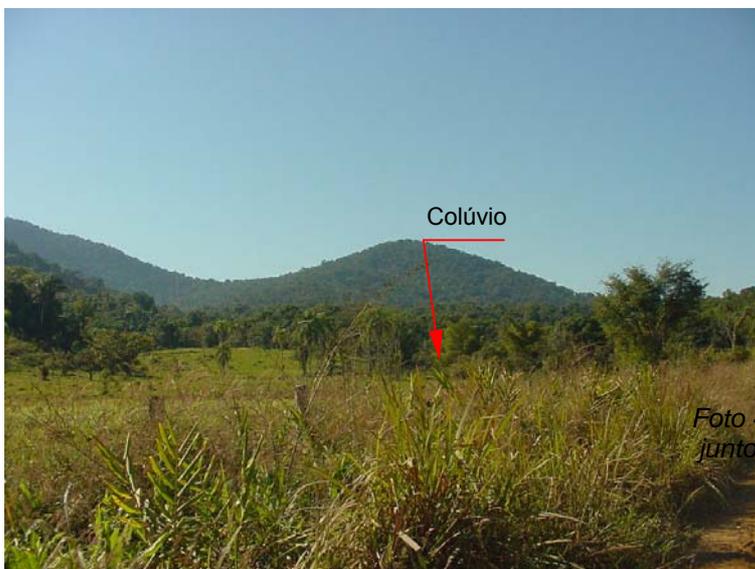


Foto 4.1.5.3.1.4-1 – Ocorrência de colúvio junto a PR-405 – Cacatu – Guraqueçaba

#### 4.1.5.3.1.5 Sedimentos Fluviais (Quaternários)

Os sedimentos fluviais (QHa) estão amplamente distribuídos nas Áreas de Influência. Em cada tipo de paisagem, as planícies aluviais e os canais fluviais apresentam características distintas. Na Serra do Mar, os rios são encaixados, com padrão retilíneo e planícies aluviais estreitas. Um tipo particular de planície aluvial, freqüente na Serra do Mar, são as *planícies de soleira*, formadas a montante de obstáculos, constituídos por rochas mais resistentes no curso fluvial. Na planície costeira, uma das principais características é a desproporção entre o tamanho da planície aluvial e o do canal fluvial. Segundo ANGULO (1992b) trata-se de rios desproporcionados, originados pelo afogamento de grandes vales fluviais, escavados durante períodos de mar baixo e afogados durante os períodos de mar alto. Outra característica dos rios da planície é a mudança do padrão do canal, ao longo do seu curso, que segundo ANGULO (1992b) estaria associada aos diferentes níveis de base do rio, durante o Quaternário e decorrentes das variações do nível do mar.

As principais fácies observadas foram: cascalhos clasto-suportados, com grânulos até matacões, imbricações e estruturas de corte e preenchimento de canal e areias pobremente e muito pobremente selecionadas, com estratificações cruzadas acanaladas e argilas maciças (ANGULO, 1992b).

Os sedimentos fluviais ocorrem em terraços, nas planícies aluviais atuais, que podem ser atribuídos ao Quaternário (Foto 4.1.5.3.1.5-1). ANGULO (1992b) identificou, através da morfologia, planícies aluviais anteriores e posteriores à transgressão pós-glacial, sendo, portanto, as primeiras do Pleistoceno e as últimas do Holoceno.



Foto 4.1.5.3.1.5-1 – Depósito fluvial às margens do Rio Cachoeira (PR-405, Cacatu – Guaraqueçaba)

#### **4.1.5.3.2 Sedimentos Costeiros**

##### **4.1.5.3.2.1 Planície Costeira com Cordões Litorâneos (Pleistoceno Superior e Holoceno)**

As planícies costeiras com cordões litorâneos (QPpc e QHpc) são uma das feições mais marcantes do litoral brasileiro, relacionados a antigas linhas de praia, sendo que no litoral paranaense se estendem ao longo de toda sua costa. Estas planícies formaram-se como conseqüência das oscilações do nível relativo do mar, durante o Quaternário. Eles são constituídos por areias finas e muito finas, moderadas a muito bem selecionadas e assimetria predominantemente negativa (BIGARELLA *et al.*, 1978; TESSLER & SUGUIO, 1987; ANGULO, 1992a,b). Os sedimentos desta unidade podem apresentar teores de finos, de até 20%, que ANGULO (1992a,b) interpretou como de origem epigenética, principalmente pedogenética.

ANGULO (1992a,b) identificou estratificação cruzada de baixo ângulo; estratificação cruzada acanalada, tangencial, sigmóide, planar e truncada por ondas; estrutura de corte e preenchimento de canal; laminação cruzada de marcas onduladas, simétricas e assimétricas; laminação convoluta e diversos tipos de bioturbações, destacando-se os tubos (*Ophiomorpha*) atribuídos a *Callichirus major*. Os depósitos foram interpretados como formados principalmente em ambiente de antepraia (*foreshore*) e face litorânea superior (*upper shore face*).

Características morfológicas e datações  $^{14}\text{C}$  permitiram distinguir planícies correspondentes a pelo menos dois eventos transgressivo-regressivos: um do Pleistoceno Superior e outro do Holoceno (MARTIN & SUGUIO 1986; MARTIN *et al.* 1988; ANGULO 1992b; LESSA *et al.*, 2000). Um modelo evolutivo das planícies costeiras paranaenses durante o Pleistoceno Superior e Holoceno foi proposto por LESSA *et al.* (2000).

##### **4.1.5.3.2.2 Planícies Paleo-Estuarinas (Pleistoceno Superior e Holoceno)**

Os sedimentos paleo-estuarinos (Qpe) estão amplamente distribuídos no litoral paranaense, ocorrendo em áreas planas, com altitude inferior a 7 m e não apresentando alinhamentos visíveis. Predominam areias, ocorrendo subsidiariamente areias argilosas, areias siltosas e siltes argilo-arenosos, sendo que a seleção variou entre muito bem e muito pobremente selecionados (ANGULO, 1992a; ,b). Estes sedimentos, segundo ANGULO (1992b), podem ser interpretados como depositados em ambiente estuarino ou lagunar.

Associados aos sedimentos paleo-estuarinos ocorrem abundantes conchas de moluscos, sendo a espécie dominante *Anomalocardia brasiliana*. Datações  $^{14}\text{C}$  destas conchas forneceram idades inferiores a 6.000 anos A.P. (BIGARELLA 1971; BIGARELLA & BECKER 1975; MARTIN *et al.*, 1988; ANGULO *et al.* 2001), o que permite correlacioná-los ao último ciclo transgressivo-regressivo do Holoceno.

Próximo ao canal do Varadouro foi identificada uma área de sedimentos paleo-estuarinos contendo troncos e detritos vegetais. A datação de um fragmento de tronco forneceu idade além do alcance do  $^{14}\text{C}$  (> 40.000 anos A.P.) o que permite atribuir os depósitos ao ciclo transgressivo-regressivo do último interglacial, no Pleistoceno (ANGULO *et al.*, 2001).

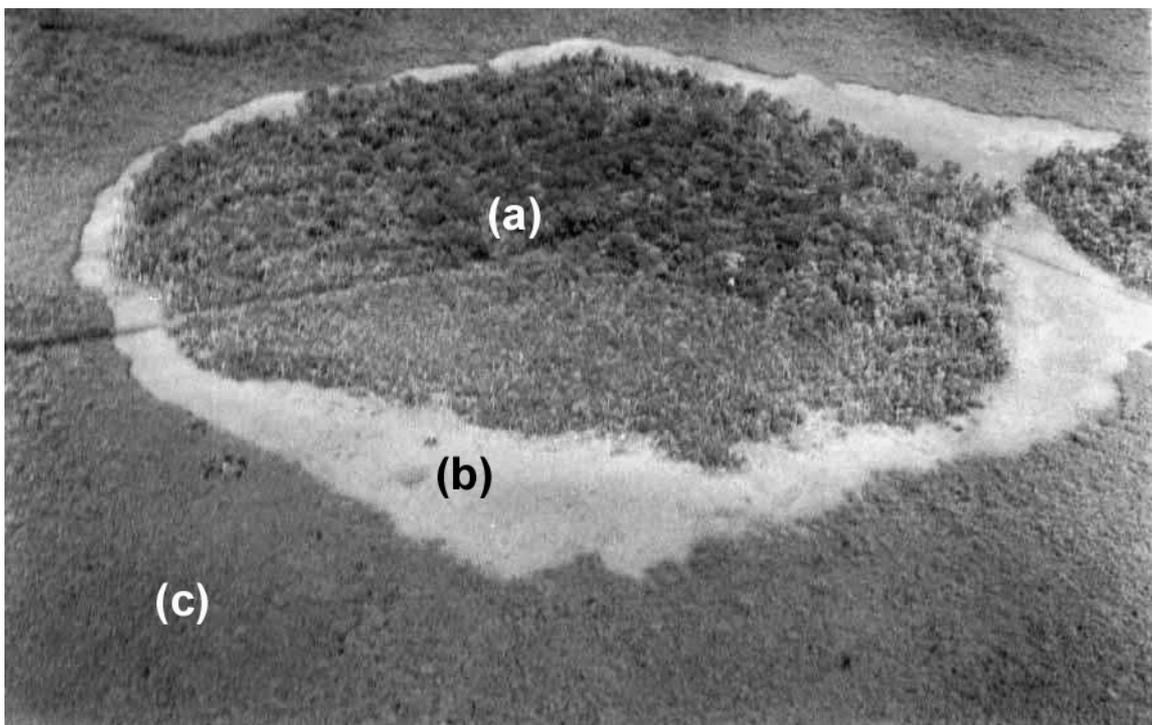
#### 4.1.5.3.2.3 Planícies de Maré (QHmg, QHmo, QAmr, QAr e QAt)

Segundo REINECK & SINGH (1973), as planícies de maré (*tidal-flats*) se desenvolvem ao longo de costas de baixo declive, com marcado ciclo de marés, onde há suficiente sedimento disponível e não há forte ação das ondas. Em diversos trabalhos sobre o litoral paranaense, essas áreas são referidas como manguezais; porém ANGULO (1990) propôs a utilização da denominação planície de maré, pois nela ocorrem diversos ecossistemas, sendo o manguezal, apenas um deles. No litoral paranaense foram mapeadas seis unidades correspondentes à planície de maré: (a) manguezais, (b) marismas e bancos não vegetados, (c) manguezal com *Acrostichum* e *Hibiscus*, (d) zona de *Cladium*, (e) pântano de maré e (f) brejo de maré. A maior parte da planície de maré é ocupada pelos manguezais. Na parte inferior, entre os manguezais e o estuário, ocorrem os marismas formados por *Spartina* e os bancos arenosos e areno-argilosos, sem vegetação (Figura 4.1.2.3.2.3-I). Na parte superior da planície de maré é freqüente a ocorrência da zona de *Cladium*, que é inundada apenas durante as preamares de sizígia e as tempestades (ANGULO & MÜLLER 1990) (Figura 4.1.2.3.2.3-II). Nas partes mais internas das baías, nos locais onde existe importante aporte fluvial, que impede ou dificulta a intrusão salina, os marismas e manguezais são substituídos por brejos e pântanos de maré (ANGULO & MÜLLER, 1990).



Fonte: Angulo, 2004

Figura 4.1.5.3.2.3-I – Manguezais e marismas na Baía de Paranaguá



Fonte: Angulo, 2004

Figura 4.1.2.3.2.3-II – Vista aérea da (a) planície paleo-estuarina, (b) zona de *Cladium* e (c) manguezais na Baía de Paranaguá

Os sedimentos da planície de maré variam de areias a argilas arenosas, geralmente ricos em matéria orgânica e podendo conter grânulos e seixos (BIGARELLA 1946; MARTIN *et al.* 1988; LANA & GUISS 1991; ANGULO 1992b).

#### 4.1.5.3.2.4 Dunas (QHd)

Em seu trabalho pioneiro sobre o litoral paranaense, BIGARELLA (1946) descreveu as dunas costeiras. Posteriormente, outros autores acrescentaram informações sobre as dunas do litoral paranaense (BIGARELLA, 1965, 1972; BIGARELLA *et al.* 1969a,b, 1970/71, 1978; ANGULO 1993a).

Os sedimentos eólicos que ocorrem na costa do Paraná, próximos ao litoral, constituem feições que podem ser denominadas, genericamente, de cordões dunares costeiros, identificando-se assim sua configuração linear, sua origem eólica e sua relação geográfica e genética com a costa (ANGULO, 1993a). Os cordões podem ser agrupados em dois tipos principais: os desenvolvidos e os incipientes ou embrionários, podendo ocorrer formas transitórias (ANGULO, 1993a). Os desenvolvidos são paralelos à linha de costa e tem largura entre 20 e 80 m, podendo alcançar até 250 m, sendo que o comprimento pode alcançar 15 km. A altura raramente ultrapassa 6 m sobre o nível da planície, sendo mais freqüentes alturas de 3 a 5 m. Uma exceção são as dunas existentes na Ilha do Mel, entre os morros Bento Alves e do Meio, que atingem altitude superior a 20 m (ANGULO, 1993a). Os cordões incipientes são feições com altura inferior a 3 m, às vezes formados pela coalescência de pequenas dunas linguóides ou dômicas. ANGULO (1993a) interpretou que todos os cordões dunares da costa paranaense se desenvolveram a partir de dunas frontais com o auxílio efetivo da vegetação.

BIGARELLA *et al.* (1969a,b) determinaram que as areias das dunas, no litoral sul, entre Matinhos e Pontal do Sul, tinham diâmetro médio de 2,0 a 2,9  $\phi$ , fração predominante de 3,0-2,0  $\phi$ , eram bem selecionadas e com assimetria predominantemente negativa. As estruturas sedimentares foram descritas em detalhe por BIGARELLA *et al.* (1969b, 1970/71).

Segundo ANGULO (1993a) os cordões de dunas, tanto os desenvolvidos como os incipientes, formaram-se no Holoceno, com exceção do existente entre os morros Bento Alves e do Meio, na Ilha do Mel, que poderia ser do Pleistoceno Superior ou do Holoceno.

#### 4.1.5.3.2.5 Depressões Intercordões (Qab)

Entre os cordões litorâneos da planície costeira, ocorrem depressões rasas, estreitas e alongadas, com largura inferior a 100 m e comprimento de até 13 km. Constituem áreas alagadas, com vegetação principalmente de *Cladium* e *Scirpus* (KLEIN, 1975), às vezes associadas a pequenas lagoas e cursos fluviais. Apresentam sedimentos arenosos com abundantes restos vegetais e de matéria orgânica.

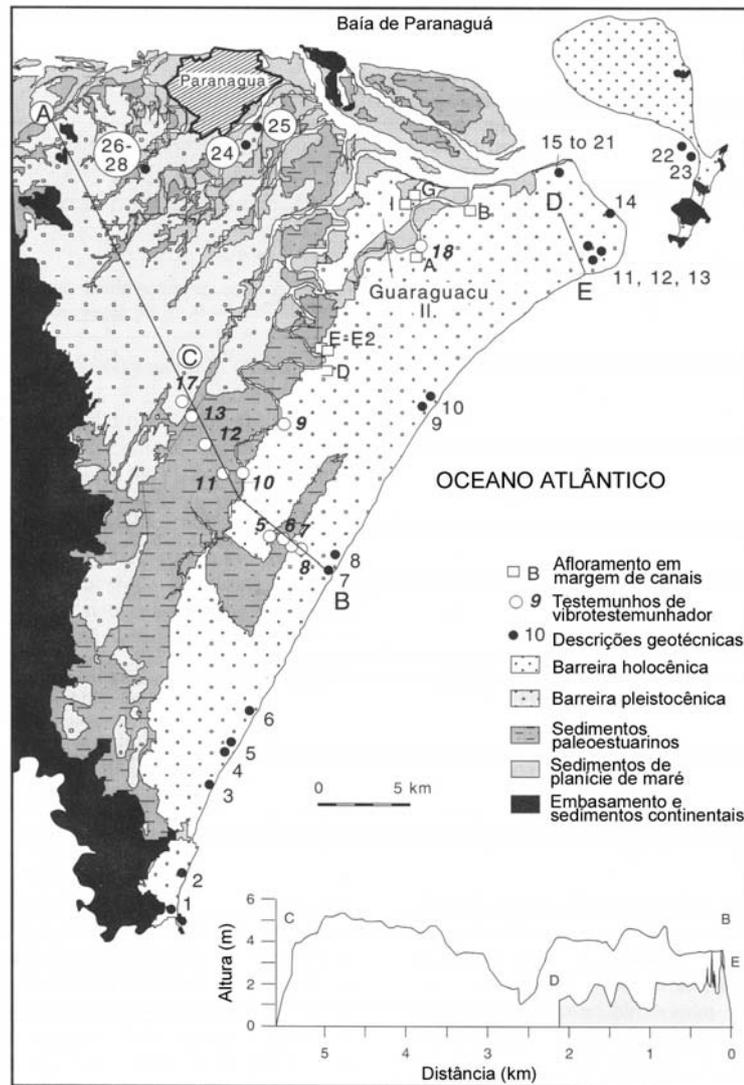
#### 4.1.5.3.2.6 Praias (QAp)

As praias paranaenses têm extensão de aproximadamente 126 km e com base na sua dinâmica foram classificadas em (a) oceânicas (ou de mar aberto), (b) oceânicas sob influências das desembocaduras estuarina e (c) estuarinas (ANGULO 1993b, ANGULO & ARAÚJO 1996). As praias são constituídas por areias finas a médias, bem selecionadas, constituídas principalmente por quartzo e teores variáveis de fragmentos carbonáticos biodetríticos e minerais pesados (BIGARELLA *et al.* 1966, 1969a, 1970/71; GIANNINI *et al.*, 1995; ANGULO *et al.*, 1996; PARANHOS, 1996; MIHÁLY, 1997).

#### 4.1.5.3.3 A PLANÍCIE COSTEIRA

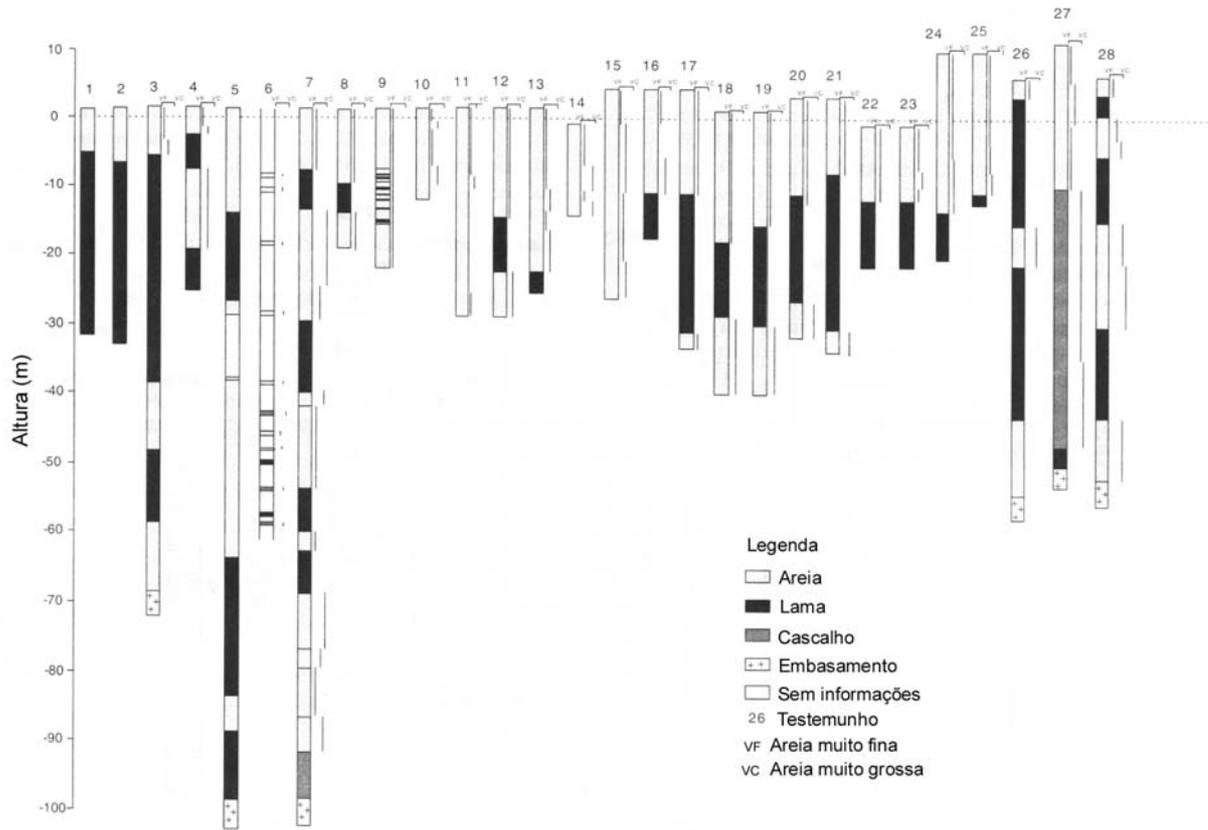
A geologia de sub-superfície da planície costeira paranaense ainda é pouco conhecida. O conhecimento é baseado principalmente em descrições de sondagens geotécnicas ou hidrogeológicas, geralmente pouco precisas para fins de interpretação de origem e evolução geológica. A primeira descrição foi realizada por MAACK (1949) em uma sondagem de 107 m de profundidade em Praia de Leste. Posteriormente BIGARELLA *et al.* (1978) apresentou descrições de diversas sondagens, incluindo oito sondagens realizadas para a ampliação do cais leste do Porto de Paranaguá.

O trabalho mais recente foi realizado por LESSA *et al.* (2000) a partir de descrições afloramentos, sondagens geotécnicas e de testemunhos obtidos com vibro-testemunhador (Figuras 4.1.5.3.3-I, 4.1.5.3.3-II, 4.1.5.3.3-III e 4.1.5.3.3-IV). Estes autores propuseram um modelo evolutivo composto por suas barreiras transgressivo/regressivas. Uma do Pleistoceno Tardio, correspondente ao último inter-glacial ocorrido há aproximadamente 120.000 anos antes do presente e outra do Holoceno, correspondente ao último pós-glacial com idades inferiores a 7.000 anos (Figura 4.1.5.3.3-V).



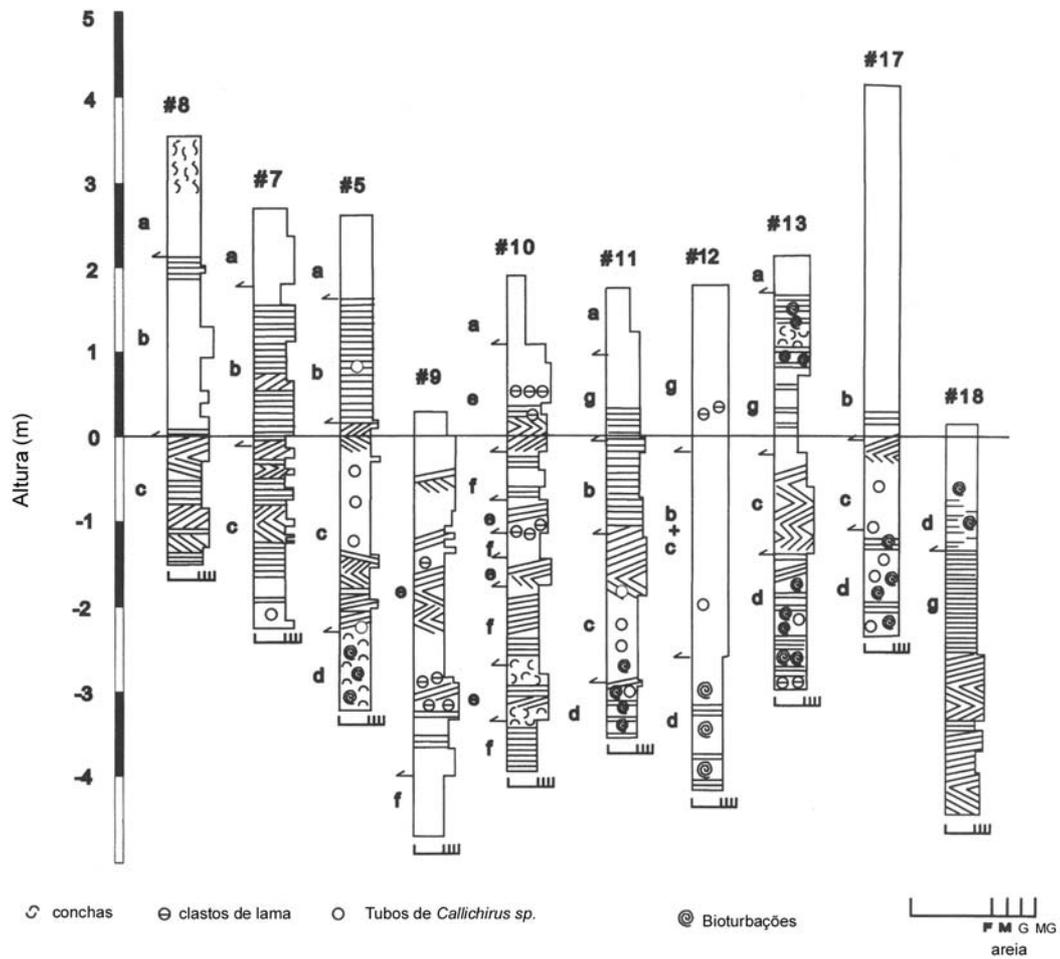
Fonte: LESSA et al., 2000

Figura 4.1.5.3.3-I – Geologia da planície costeira de Paranaguá (ANGULO, 1992b), com a localização das sondagens geotécnicas, sondagens com vibrotestemunhador, afloramentos e a linha do perfil estratigráfico da Figura 12. O inset mostra duas diferentes elevações do perfil estratigráfico da barreira holocênica



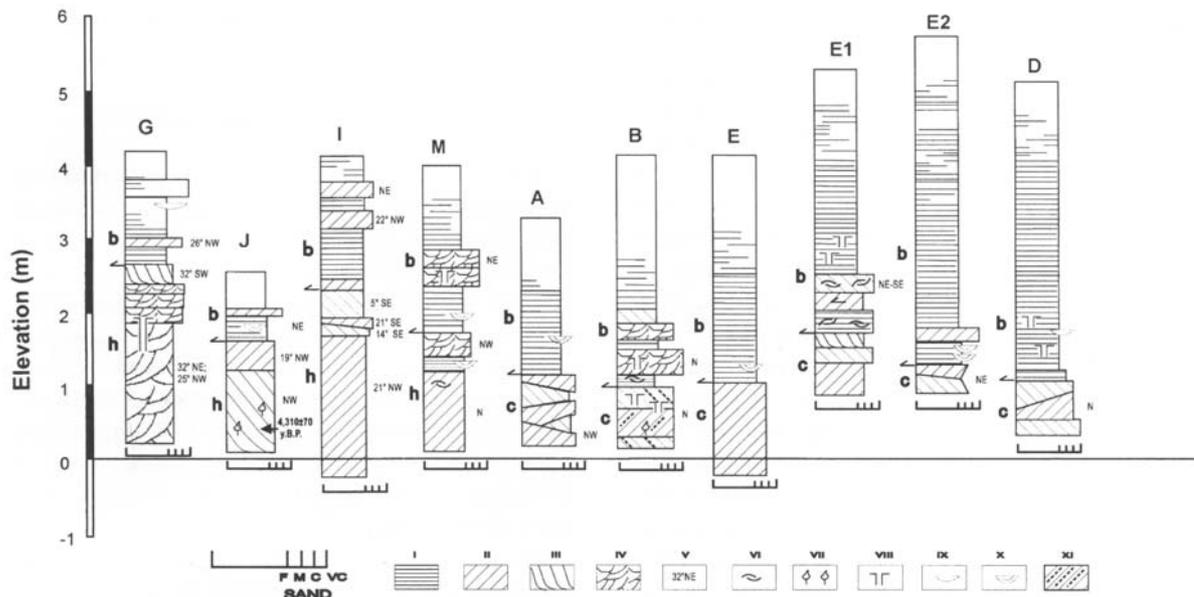
Fonte: LESSA et al., 2000

Figura 4.1.5.3.3-II – Interpretação geral das sondagens geotécnicas. Elevação em relação ao nível médio do mar



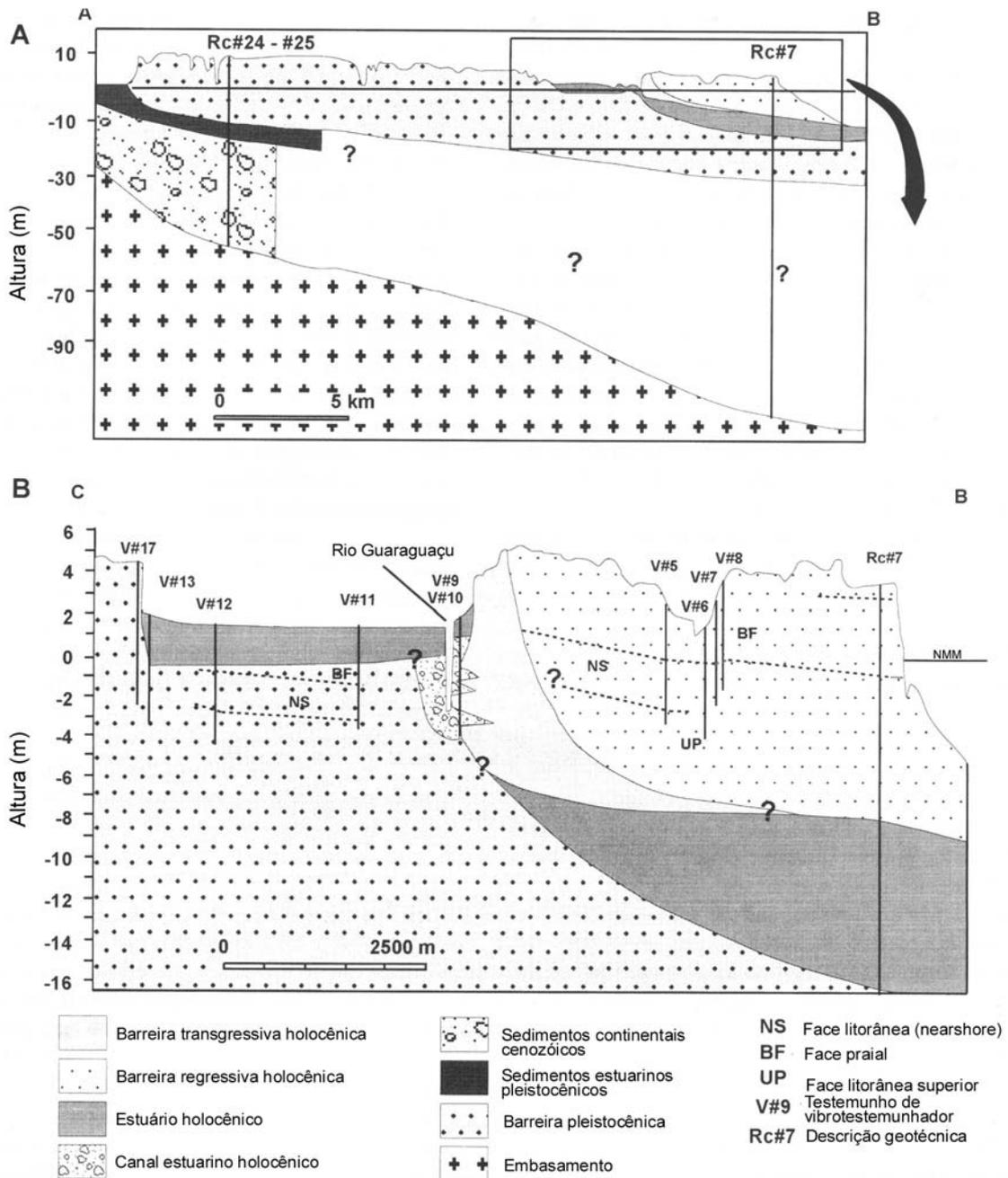
Fonte: LESSA et al., 2000

Figura 4.1.5.3.3-III – Variação granulométrica, estruturas sedimentares e interpretação das fácies sedimentares dos testemunhos obtidos com vibrotestemunhador (para localização ver figura 8): a= indiferenciado; b= face praial; c= face litorânea (nearshore); d= face litorânea superior; e= canal estuarino; f= leque de sobrelavagem; g= planície de maré; h= delta de maré enchente



Fonte: LESSA et al., 2000

Figura 4.1.5.3-IV – Variação granulométrica, estruturas sedimentares e interpretação das fácies sedimentares de afloramentos de margem de canal (para localização ver figura 8). Código das fácies sedimentares são os mesmos da figura 10: I= estratificação plano paralela; II= estratificação cruzada tabular; III= Estratificação cruzada tabular tangencial na base; IV= estratificação cruzada acanalada; V= ângulo de direção e mergulho; VI= conchas; VII= detritos orgânicos; VIII= tubos de Callichirus sp.; IX= lentes de sedimentos grossos; X= preenchimento de pequenos canais; XI= lâminas de lamias nas camadas frontais



Fonte: LESSA et al., 2000

Figura 4.1.5.3.3-V – a) Perfil estratigráfico geral transversal da planície costeira de Paranaguá; b) Perfil estratigráfico geral detalhado transversal da barreira holocênica (apara localização ver figura 8). A linha separando as fácies sedimentares foram traçadas baseadas nas alturas indicadas nas figuras 10 e 11. O contato entre a praia e a face litorânea na costa atual está em torno de -0,6 m

Estas barreiras estariam compostas principalmente por sedimentos arenosos praias sobrepostos sobre depósitos lamosos estuarinos. Estes sedimentos teriam sido depositados sobre sedimentos principalmente arenosos de origem continental de idade Cenozóica ou sobre rochas do escudo (Figura 4.1.5.3.3-V).

Os sedimentos praias são constituídos principalmente por areias finas a médias bem selecionadas. Nos sedimentos estuarinos predominam as lamas com teores variáveis de matéria orgânica e presença freqüente de conchas. Já, os sedimentos continentais são constituídos principalmente por areias medias a grossas, feldespáticas, mal selecionadas contendo grânulos e pequenos seixos.

#### **4.1.6 Geologia da Porção Submersa**

##### **4.1.6.1 Sedimentos de Sub-Superfície**

###### **4.1.6.1.1 Estratigrafia do Estuário de Paranaguá**

No estuário de Paranaguá, LESSA *et al.* (1998), com base na descrição de 121 testemunhos realizados pela firma PROGEO, bem como no resultado de campanhas de sísmica de reflexão, efetuadas pela PORTOBRAS e pela Cia. Brasileira de Dragagens (Figura 4.1.6.1.1-I), confeccionaram vários perfis estratigráficos transversais ao eixo central do estuário (Figuras 4.1.6.1.1-II e 4.1.6.1.1-III). Foi proposta a existência de 5 litofácies no interior do estuário, sobrepondo-se ao embasamento e preenchendo um vale fluvial afogado. As principais fácies são, da base para o topo:

###### **1) Sedimentos fluvio-continentais pré-holocênicos**

Esta unidade pode incluir sedimentos da Formação Alexandra e sedimentos fluviais e de leques aluviais do Plioceno e do Quaternário.

###### **2) Sedimentos lamosos transgressivos**

Esta unidade é caracterizada por lama orgânica, com mais de 80% de finos e espessura máxima registrada, de quase 20 m, que foi interpretada por LESSA *et al.* (1998) como correspondente a sedimentos paleo-estuarinos

###### **3) Sedimentos arenosos transgressivos**

Esta unidade tem espessura máxima de 15 m e é composta por areias de cor cinza, com textura fina a muito grossa, bem selecionadas a moderadamente selecionadas, teor de finos variando entre 0 e 39% e teor de carbonato em torno de 3%. Estes depósitos foram interpretados por LESSA *et al.* (1998) como depósitos marinhos transgressivos, derivados da face litorânea superior (*shoreface*), com idades em torno de 7.000 e 5.000 anos. Os sedimentos arenosos transgressivos jazem sobre uma superfície erosiva (superfície de

ravinamento) e desta forma podem ter incorporado sedimentos pertencentes a depósitos sedimentares subjacentes erodidos, como por exemplo, depósitos continentais.

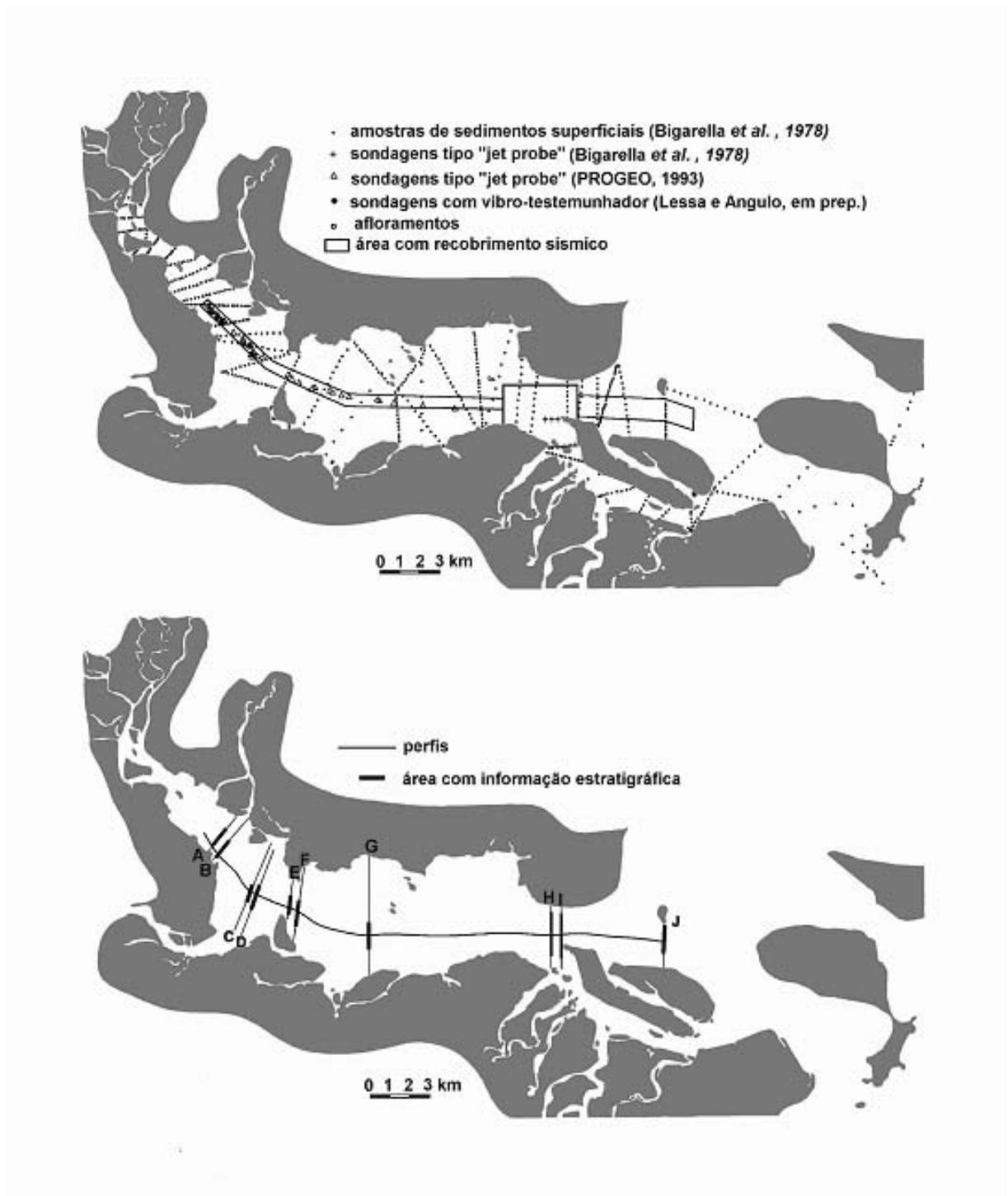
#### 4) *Sedimentos lamosos regressivos*

Os sedimentos desta unidade têm espessura máxima observada, de 10 m, próximo à Ilha do Teixeira; são ricos em matéria orgânica e recobrem praticamente toda a superfície de fundo da metade superior do estuário (Figura 4.1.6.1.1-IV). O teor de matéria orgânica varia de 2,2% a 20%, enquanto que o de finos oscila entre 30% e 91%, com valores acima de 70% sendo encontrados mais freqüentemente. Esta unidade sobrepõe-se aos sedimentos arenosos transgressivos e, apenas localmente, é observada recobrindo o embasamento.

#### 5) *Sedimentos arenosos regressivos*

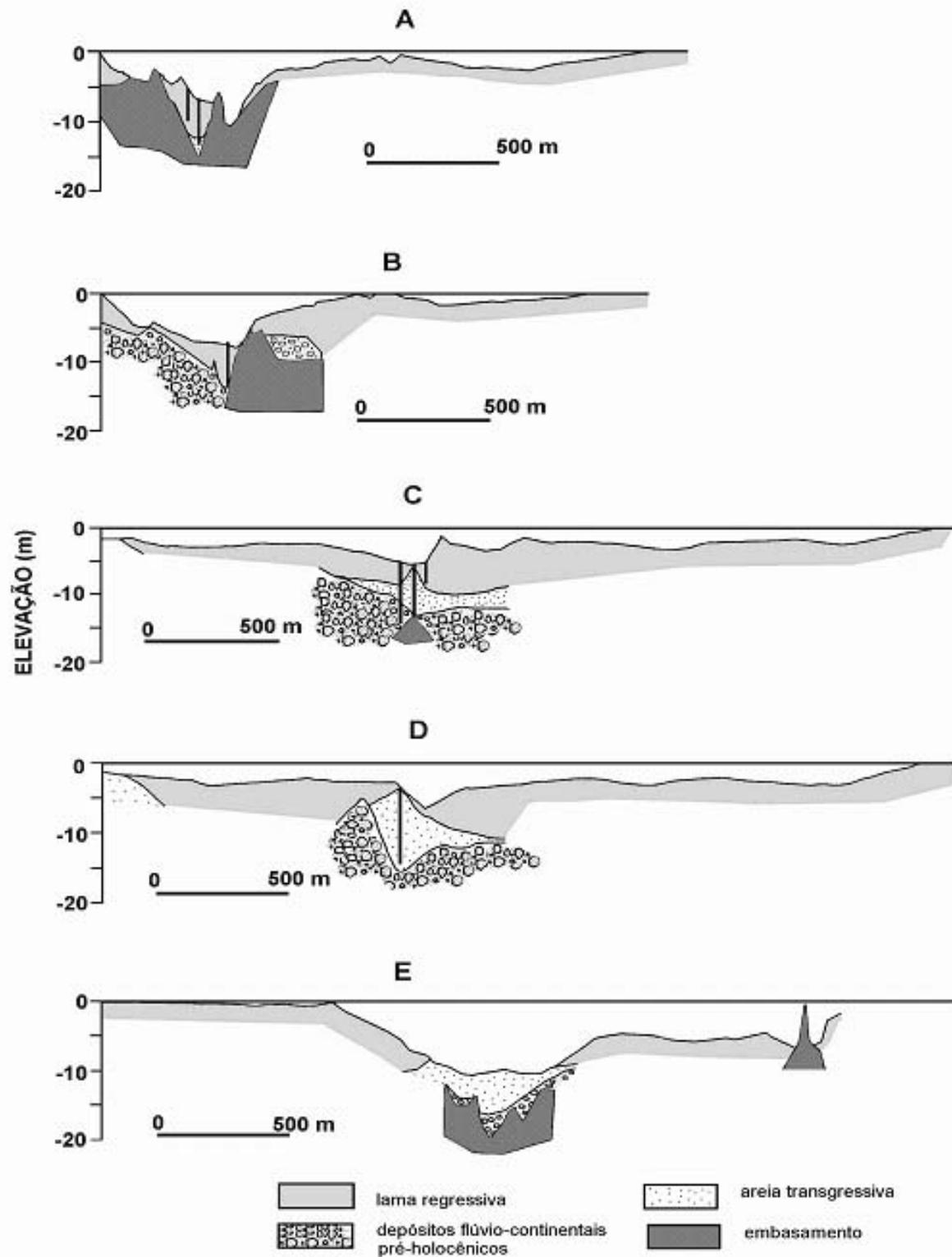
Esta unidade ocorre em área restrita, próximo à desembocadura dos principais rios da região. Segundo LESSA *et al.* (1998) os sedimentos são moderados a pobremente selecionados, com média e desvio padrão de 0,35 mm e 0,28 mm, respectivamente. A concentração de finos varia de 9% a 35%, com valores médios de 22%. Esta unidade deve sobrepor-se à lama estuarina regressiva com um possível contato erosivo.

As Figuras 4.1.6.1.1-II e 4.1.6.1.1-III mostram a estratigrafia estabelecida para algumas seções transversais e a figura 4.1.6.1.1-IV indica a provável disposição destas fácies ao longo do eixo central do estuário. Pode-se observar que o preenchimento sedimentar recente (holocênico) do estuário é relativamente raso, da ordem de 10 a 15 m. Existe um paleovale escavado no embasamento (Figuras 4.1.6.1.1-II e 4.1.6.1.1-III) ao longo do eixo central do estuário, sendo que as fácies sedimentares continentais tendem a preenchê-lo. A profundidade do paleovale é de cerca de 30 m, próximo a Paranaguá, sendo cercado por altos do embasamento (Figura 4.1.6.1.1-V). Alguns destes altos formam os afloramentos rochosos observados na Ilha da Cotinga, Ilha do Mel, Ilha das Cobras e Ilha da Galheta. A profundidade do embasamento tende a aumentar para leste ao longo do estuário (LESSA *et al.*, 1998) e é provável que a profundidade do paleovale seja superior a 30 m, próximo a Pontal do Sul. De fato, observa-se que, em Praia de Leste, o embasamento ocorre a 100 m de profundidade.



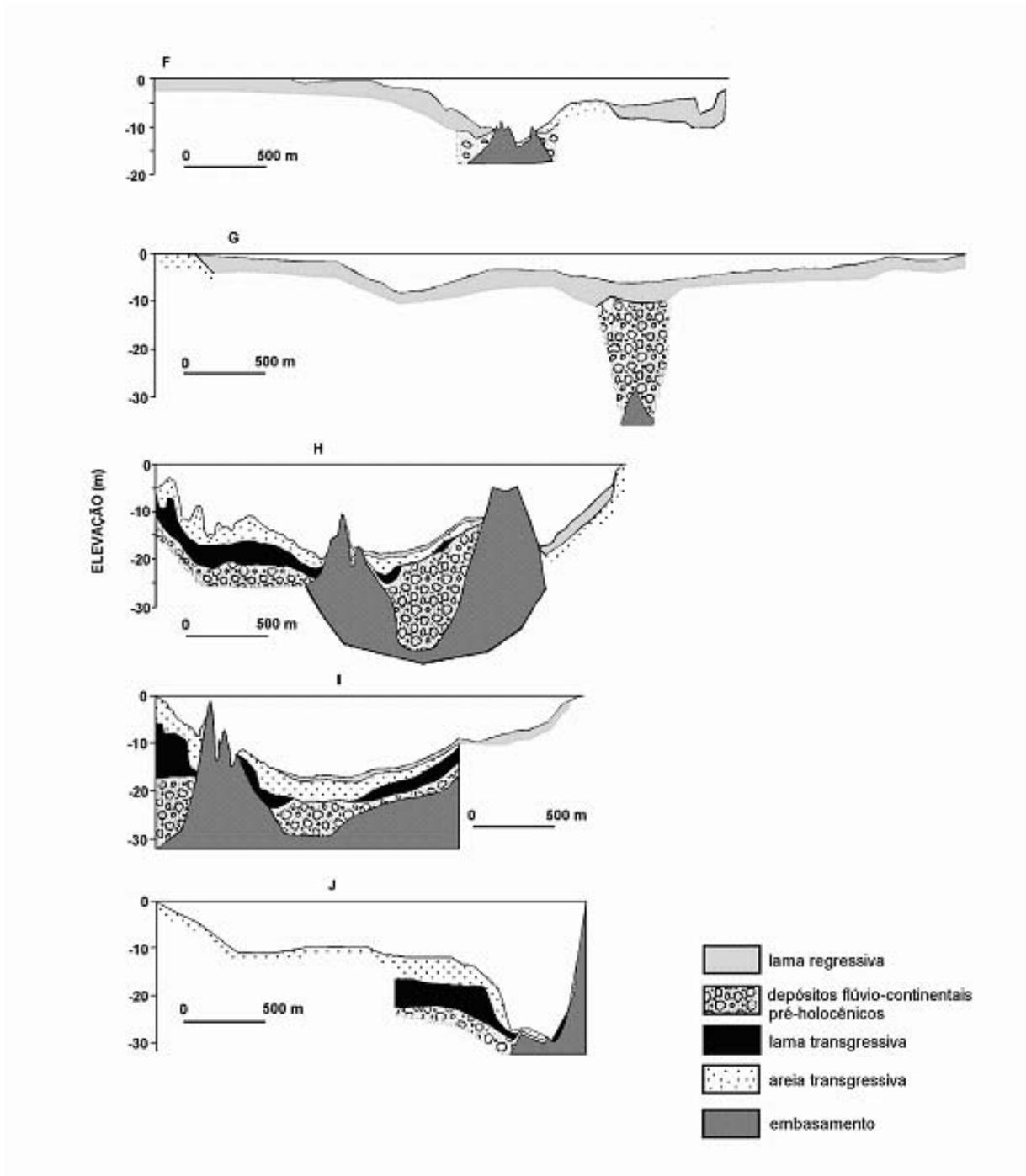
Fonte: LESSA et al., 1998

Figura 4.1.6.1.1-I – Localização das fontes de dados para o estudo estratigráfico do estuário de Paranaguá e localização das seções estratigráficas



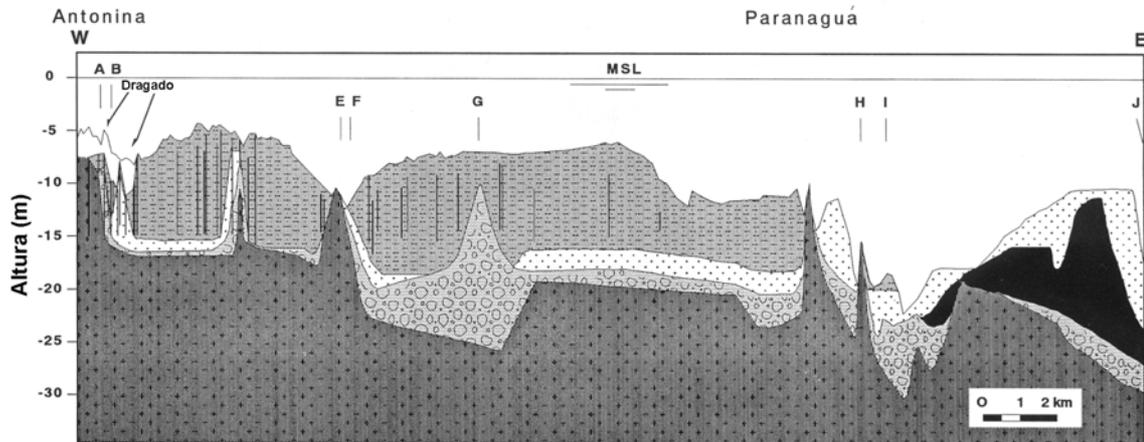
Fonte: LESSA et al, 1998

Figura 4.1.6.1.1-II – Perfis estratigráficos normais ao estuário



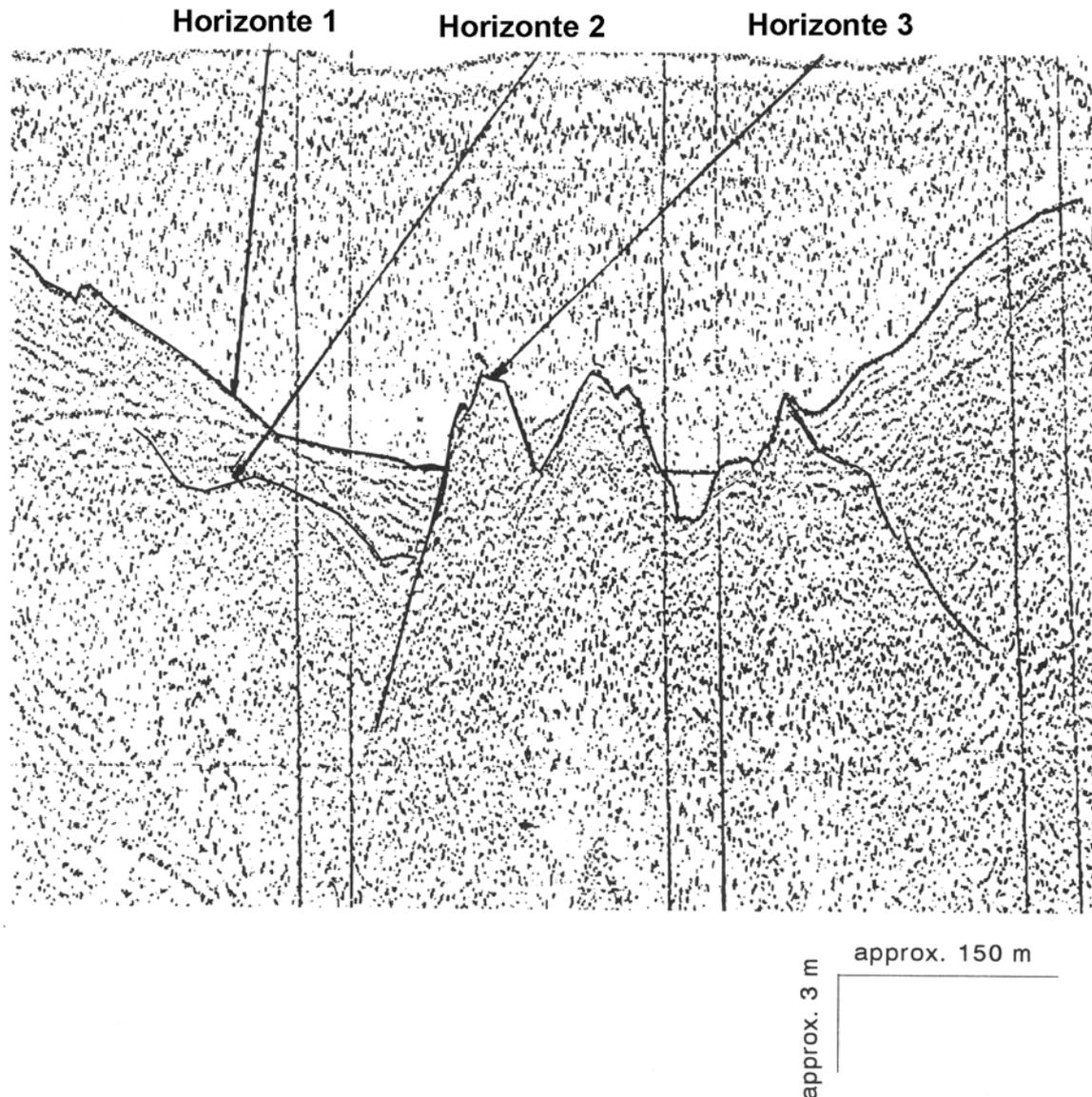
Fonte: LESSA et al., 1998

Figura 4.1.6.1.1-III – Perfis estratigráficos normais ao estuário



Fonte: LESSA et al., 1998

Figura 4.1.6.1.1-IV – Seção estratigráfica ao longo do eixo do estuário, com a localização dos perfis (ver Figura 4.1.6.1.1-I) e de algumas sondagens. As profundidades da segunda e da terceira camadas foram determinadas principalmente através de sondagens e dados sísmicos, porém há algumas áreas onde a profundidade foi inferida, principalmente entre os perfis transversais F e G. A ocorrência das areias transgressivas sob a lama regressiva, a oeste de Paranaguá, foi inferida, pois esta camada não foi alcançada nas sondagens



Fonte: LESSA et al., 1998

Figura 4.1.6.1.1-V – Perfil sísmico perpendicular ao eixo do estuário próximo às seções E e F (ver Figura 4.1.6.1.1-I)

#### 4.1.6.2 Caracterização dos Sedimentos de Fundo

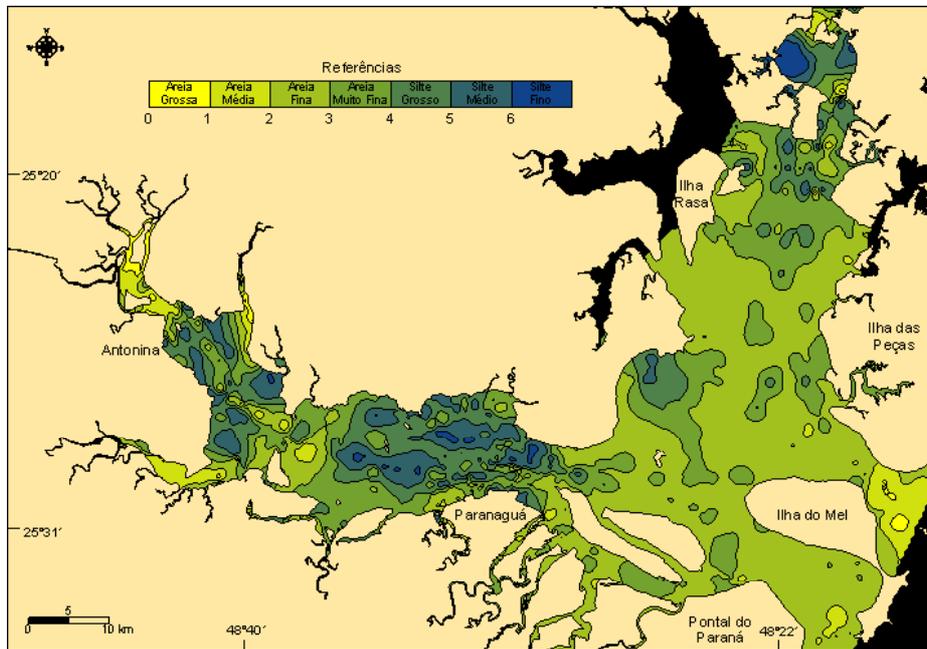
Dados relativos à natureza dos sedimentos de fundo da região da Baía de Paranaguá e Antonina são abundantes, quando comparados a outros setores da costa brasileira CEM/UFPR/FUNPAR/TPPF (2004), havendo dois levantamentos básicos: a) um realizado no final da década de 1960, publicado por BIGARELLA *et al.* (1970, 1978); b) dados levantados pelo Laboratório de Oceanografia Geológica (LOGEO) do Centro de Estudos do Mar, através de convênios com a PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A., entre

os anos 1994 e 1996 e com a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), entre 1996 e 2003. Tais dados foram publicados parcialmente por SOARES *et al.* (1996), LAMOUR (2000), ODRESKI (2002) e CARRILHO (2003).

A distribuição do material de fundo, do Complexo Estuarino de Paranaguá, de uma forma geral, permite uma compartimentação em três setores principais: a) uma porção superior, a montante do estuário (Baía de Antonina) com grande influência fluvial, composta por sedimentos muito heterogêneos, com baixo grau de seleção, com cascalho, areia, silte e argila, sendo a porcentagem de finos (ou lama), superior às demais porções do estuário, abrangendo a parte oeste do Setor Delta e a totalidade do Setor Echo do Canal da Galheta; b) uma porção intermediária, com influência fluvial e marinha, onde também se delimita uma zona de máxima turbidez do CEP. Nesta zona também ocorre mistura das frações granulométricas, porém com menor influência de finos do que na parte superior do estuário, abrangendo o trecho leste do Setor Delta e os Setores Charlie Uno e Dois (Bacia de Evolução do Porto de Paranaguá); c) uma porção inferior, composta por areia fina a muito fina, moderadamente a bem selecionada, delimitada pela área de influência da desembocadura da baía de Paranaguá, onde ocorre efetiva ação marinha, correspondendo aos Setores Alfa e Bravo Uno e Dois, do Canal da Galheta.

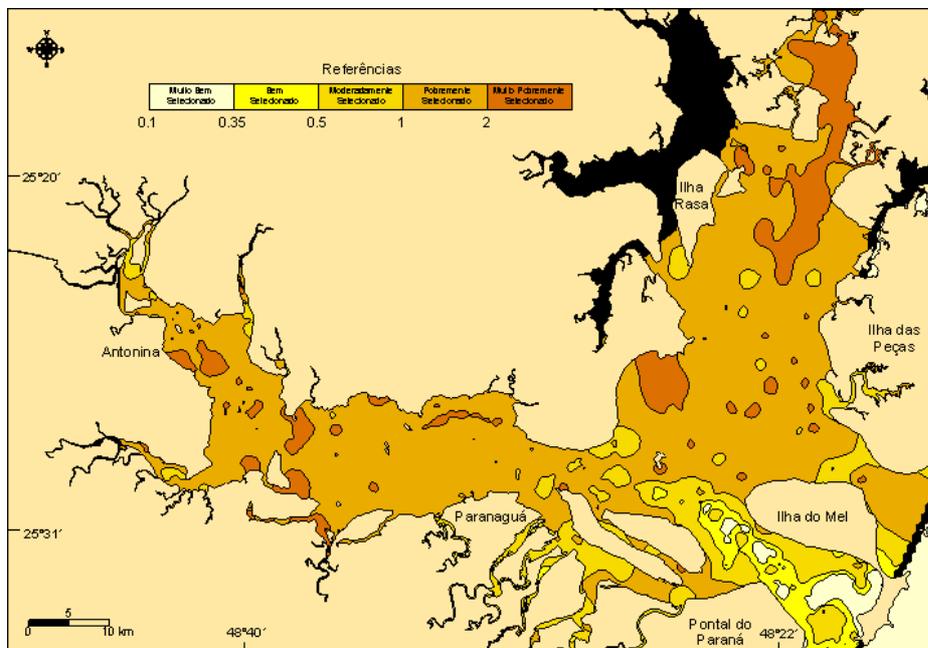
Dentro do sistema estuarino, a distribuição dos sedimentos é controlada pelo ambiente físico, principalmente pela geometria do corpo estuarino, pela profundidade e pelas correntes de maré: as frações mais grossas ocorrem preferencialmente associadas aos canais de maré, enquanto que o material mais fino é depositado nos ambientes de menor energia.

As Figuras 4.1.6.2-I e 4.1.6.2-II mostram, respectivamente, mapas de isodistribuição, relativos ao diâmetro médio dos sedimentos de fundo e o grau de seleção dos mesmos, abrangendo todo o Complexo Estuarino de Paranaguá.



Fonte: CEMLOGEO, 2004 (no prelo)

Figura 4.1.6.2-I – Mapa de isodistribuição das classes de diâmetro médio dos sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP)



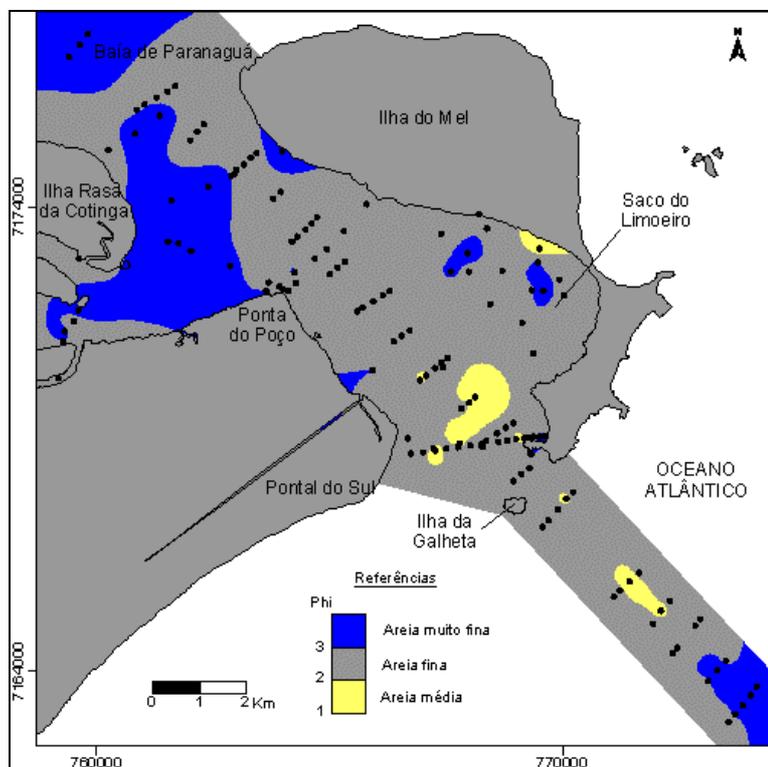
Fonte: CEMLOGEO, 2004, no prelo

Figura 4.1.6.2-II – Mapa de isodistribuição do grau de seleção dos sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP)

#### 4.1.6.2.1 Canal da Galheta

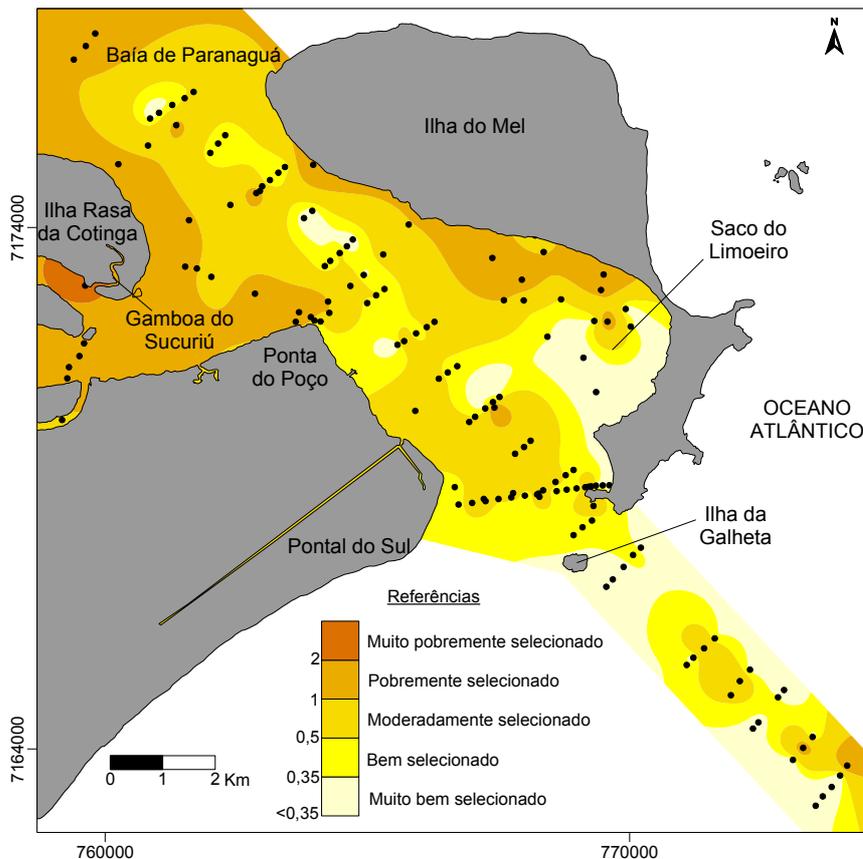
##### Setores Alfa, Bravo Uno e Bravo Dois

Nestes setores do Canal da Galheta ocorrem predominantemente sedimentos do tipo areia fina e areia muito fina, ocorrendo, excepcionalmente, pontos localizados, com areia média. Levantamentos efetuados por LAMOUR (2000) ao longo do Canal da Galheta, evidenciaram que 72,2% das amostras são constituídas por areia fina, 16,6% de areia muito fina, 5,5% de areia média e 5,5% de areia grossa (Figura 4.1.6.2.1-I). No que diz respeito ao grau de seleção, no eixo central do canal, os sedimentos de fundo são, em sua grande maioria bem selecionados, diminuindo o grau de seleção para jusante (Figura 4.1.6.2.1-II). No Setor Alfa, os sedimentos são muito bem selecionados, com anomalias nos valores, apenas no eixo central do canal, onde ocorrem sedimentos, de muito pobremente selecionados a moderadamente selecionados. Os teores de matéria orgânica são baixos, menores do que 5% e, os de carbonato biodetrítico, variam entre 1 e 6%, ocorrendo entretanto, localizadamente, pontos com até 31,7%.



Fonte: LAMOUR, 2000

Figura 4.1.6.2.1-I – Mapa de distribuição dos valores do diâmetro médio dos sedimentos de fundo nos setores Alfa, Bravo Uno e Bravo Dois do Canal da Galheta. Os pontos pretos representam os locais de amostragem



Fonte: LAMOUR, 2000

Figura 4.1.6.2.1 -II – Mapa de distribuição do grau de seleção dos sedimentos de fundo nos setores Alfa, Bravo Uno e Bravo Dois do Canal da Galheta. Os pontos pretos representam os locais de amostragem

### Setores Charlie Uno e Charlie Dois

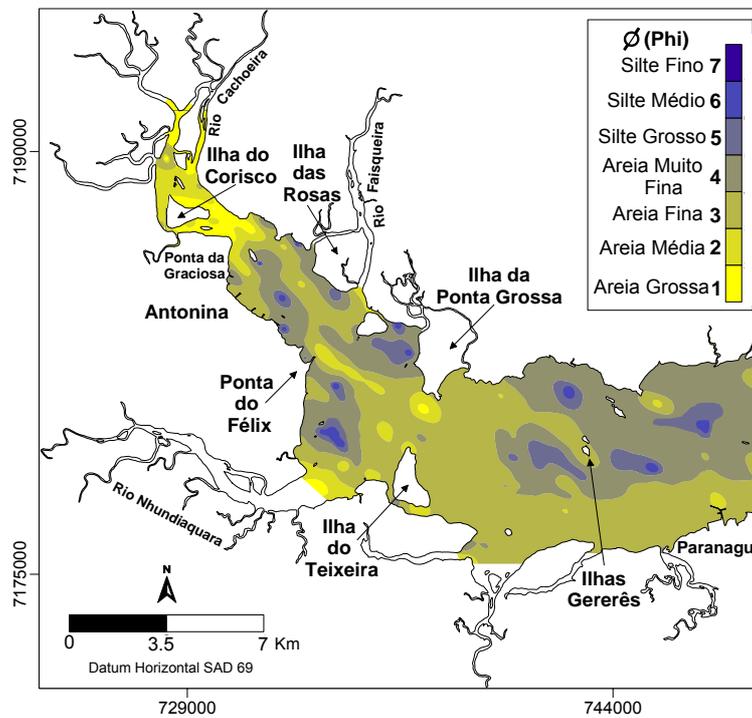
CARRILHO (2003) realizou levantamentos que recobrem os Setores Charlie Uno e Dois do Canal da Galheta (localizados na chamada Baía de Evolução do Porto de Paranaguá) e adjacências. Ocorrem na região, seguindo a classificação de Shepard, areia, areia siltica, silte arenoso e silte, sendo este último o que recobre a maior parte da área, havendo preponderância do grau de seleção, na classe pobremente selecionado. Nos levantamentos efetuados por CARRILHO (*op. cit.*), os teores de matéria orgânica variaram entre 1,7% e 23,7%, e os de carbonato biodetrítico entre zero e 25%.

### Setores Delta e Echo

Os sedimentos de fundo dos setores Delta e Echo do Canal da Galheta e áreas adjacentes, foram estudados por ODRESKI (2002). O diâmetro médio nesta região do CEP varia bastante, entre areia grossa e silte fino, mostrando a heterogeneidade dos sedimentos

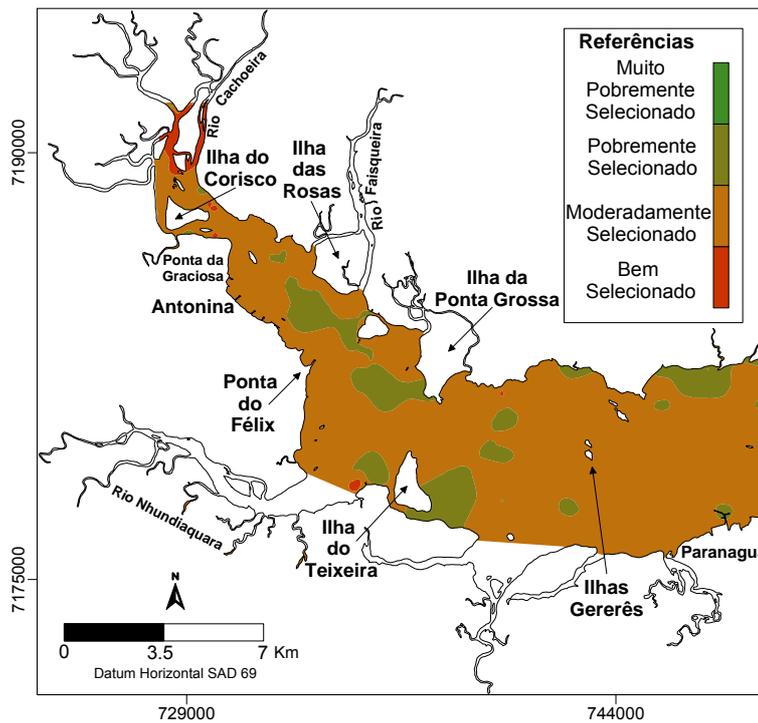
(Figura 4.1.6.2.1-III). Os sedimentos são, em sua maior parte, moderadamente selecionados, ocorrendo locais com sedimentos muito pobremente selecionados a pobremente selecionados. (Figura 4.1.6.2.1-IV).

Durante as dragagens de aprofundamento, realizadas pelos Terminais Portuários da Ponta do Félix, foi feito um monitoramento relativo à tipologia dos sedimentos de fundo, antes e após as dragagens, tanto no canal como nas áreas de despejo, cujos resultados encontram-se em KOLM (1999, 2002). Após a dragagem de aprofundamento ocorreram mudanças pouco significativas no diâmetro médio dos sedimentos. No canal, o diâmetro manteve-se praticamente estável, sendo que na bacia de evolução houve breve afinamento dos sedimentos de fundo, passando, o diâmetro médio, de areia fina na situação pré-dragagem, para areia muito fina, na situação pós-dragagem. Este fato pode ser atribuído à remoção da camada superior e conseqüente exposição do substrato adjacente, de composição síltico-arenosa. Na área de despejo ficou caracterizado um aumento do diâmetro médio, nas proximidades das ilhas Gererês, onde provavelmente foi adicionado material de composição granulométrica diferenciada do substrato pré-existente, composto por silte médio e fino. O teor de matéria orgânica apresentou aumento na situação pós-dragagem em relação ao levantamento efetuado na pré-dragagem. As mudanças mais significativas, entretanto, ocorreram na região da Bacia de Evolução dos TPPF e na porção sul do canal de acesso. Esta mudança foi associada à diminuição do diâmetro médio dos sedimentos de fundo, visto a tendência da matéria orgânica se concentrar nas frações mais finas. As concentrações dos teores de carbonato biodetrítico apresentaram diminuição no setor dragado e conseqüente aumento, na área de despejo.



Fonte: ODRESKI, 2002

Figura 4.1.6.2.1-III – Mapa de distribuição dos valores do diâmetro médio dos sedimentos de fundo, nos setores Delta, Echo e adjacências do Canal da Galheta



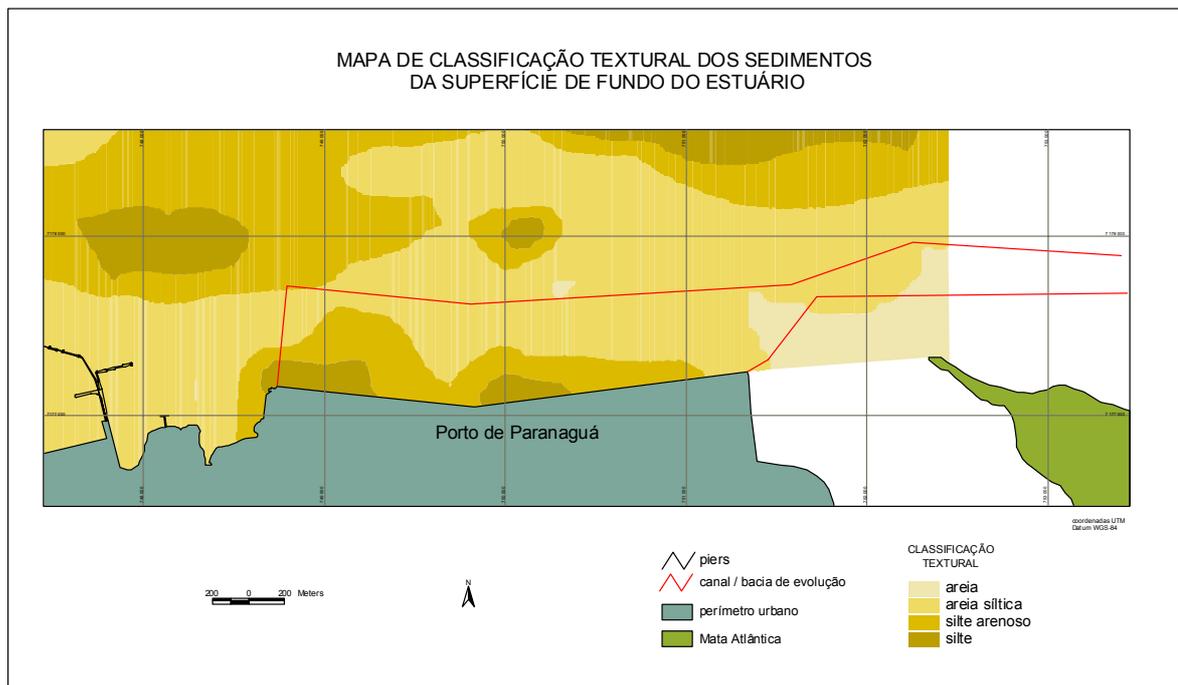
Fonte: ODRESKI, 2002

Figura 4.1.6.2.1-IV – Mapa de distribuição dos valores do grau de seleção dos sedimentos de fundo nos setores Delta, Echo e adjacências do Canal da Galheta

#### 4.1.6.2.2 Cais de Múltiplo Uso (CMU) ou Cais Oeste

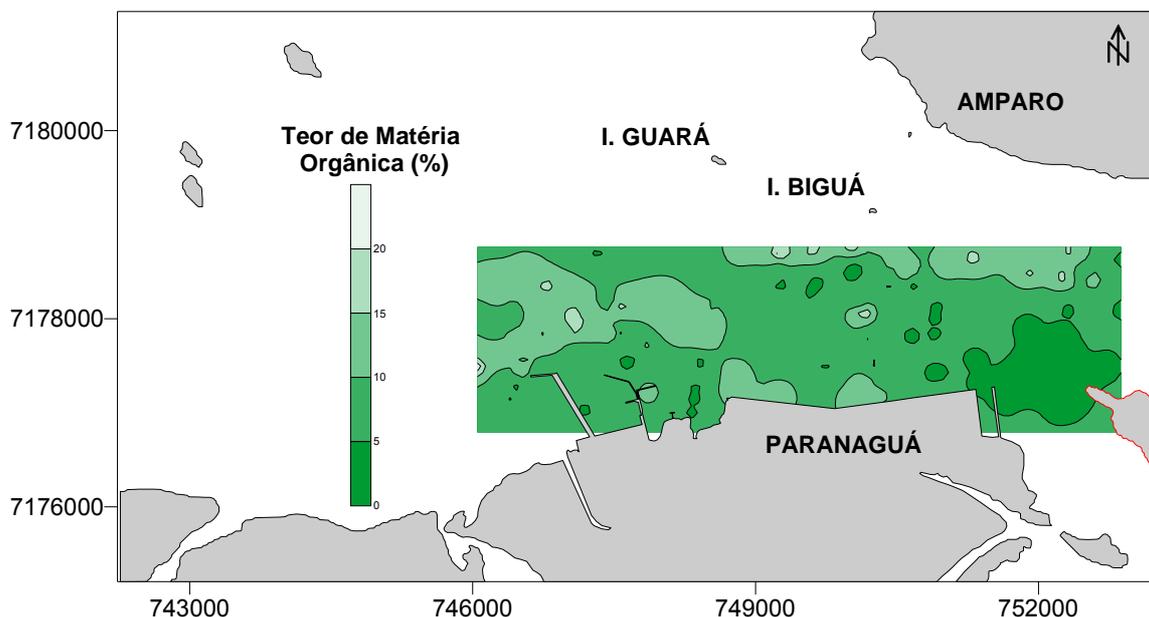
Dados relativos aos sedimentos de fundo do local onde se pretende implantar a expansão do cais público do Porto de Paranaguá, designado como Cais de Múltiplo Uso (CMU) ou Cais Oeste, encontram-se em CARRILHO (2003) e ECOWOOD (2002). Nesta região predominam sedimentos de granulação fina como silte, silte arenoso e areia siltosa (Figura 4.1.6.2.2-I) compostos por grãos minerais, em geral quartzo, podendo ocorrer, associado, o carbonato de cálcio de origem biogênica, assim como matéria orgânica.

Os teores de matéria orgânica nas imediações do Porto de Paranaguá (Figura 4.1.6.2.2-II) associam-se aos contaminantes existentes na região (ver item 4.1.6.2.3). Os teores de matéria orgânica nos sedimentos das imediações do porto variam ente 5 e 20% sendo que os maiores teores estão associados à bacia de evolução, em seus trechos pró



Fonte: CARRILHO, 2002

Figura 4.1.6.2.2-I – Mapa de classificação textural dos sedimentos de fundo nas imediações do Porto de Paranaguá

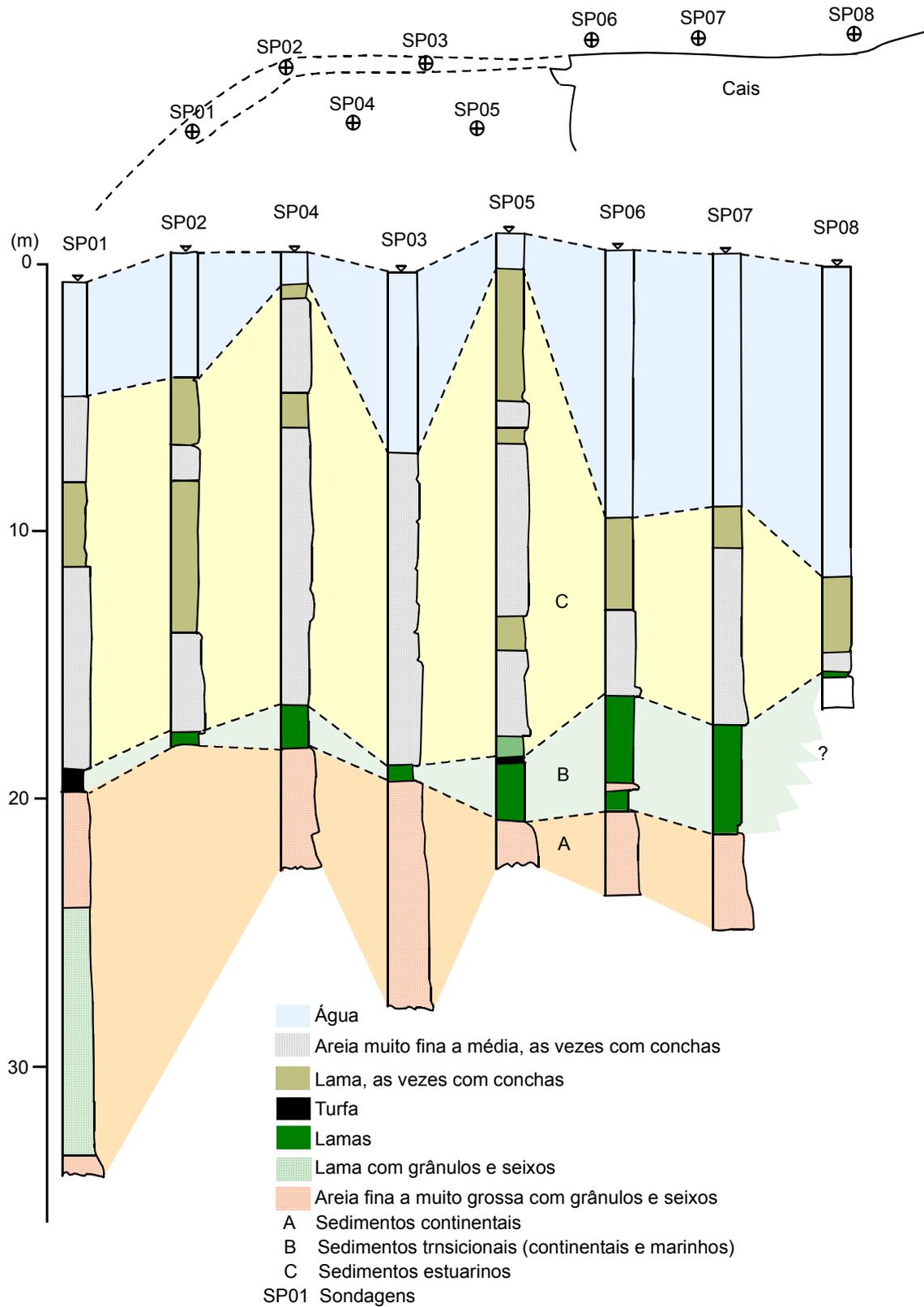


Fonte: CARRILHO, 2002

Figura 4.1.6.2.2-II – Mapa de distribuição dos teores de matéria orgânica nos sedimentos de fundo nas imediações do Porto de Paranaguá

Na área de influência direta da obra de ampliação do Cais Oeste foram analisadas descrições de 12 sondagens geotécnicas, que permitiram identificar as principais unidades geológicas da área (Figura 4.1.6.2.2-III).

Na área podem ser reconhecidas três unidades principais. Na parte inferior, aproximadamente entre 20 e 30 m de profundidades ocorrem sedimentos compostos por areias finas a muito grossas com grânulos e seixos e lamias com grânulos e seixos, todos mal selecionados. Estes sedimentos podem ser interpretados como de origem continental e teriam se formado em períodos em que o nível do mar era inferior ao atual e o estuário não existia. Os sedimentos podem ser de origem fluvial ou de leques aluviais. Sobre esta unidade, aproximadamente entre 10 e 15 m, ocorrem sedimentos finos que incluem lamias e turfas, às vezes com lentes arenosas. Esta unidade, aparentemente inclui tanto sedimentos continentais (turfa) como estuarinos e pode ser interpretada como a unidade de transição entre os sedimentos continentais e estuarinos, que indicaria a elevação do nível do mar, o afogamento dos vales fluviais e a formação do estuário. Sobre esta unidade ocorre uma seqüência de sedimentos arenosos e lamiosos, freqüentemente com conchas, composta de areias muito finas a medias moderadamente a bem selecionadas e lamias com teores variáveis de areia fina a muito fina. Esta unidade pode ser interpretada como correspondente ao preenchimento do estuário após sua formação.



Fonte: Ministério dos Transportes – STAD/P

Figura 4.1.6.2.2-III – Características dos sedimentos em sub-superfície, na área de influência direta da obra de ampliação do cais oeste do porto de Paranaguá

#### 4.1.6.2.3 Qualidade dos Sedimentos

SÁ (2003), demonstrou que as baías de Paranaguá e Antonina estão sujeitas a poluição por elementos metálicos, bastante localizada, principalmente próximo à cidade de Paranaguá, onde está associada a despejos industriais e domésticos. Este mesmo autor alerta para a problemática ambiental, nesta região, em razão das concentrações elevadas que os elementos arsênio, níquel, zinco e cádmio apresentam e também para a influência da atividade de dragagem, no comportamento desses elementos, dentro do ambiente estuarino.

Com base em dados existentes, segue-se uma descrição sintética da qualidade dos sedimentos nas áreas potencialmente mais impactadas por elementos traço, no complexo estuarino da Baía de Paranaguá. Cabe ressaltar que os poucos dados disponíveis sobre a distribuição dos contaminantes orgânicos, organoclorados e óleos e graxas, devem ser considerados com cautela, no primeiro caso em razão da baixa confiabilidade e, no segundo caso, em virtude da reduzida sensibilidade analítica.

Resultados preliminares, não publicados, de análises efetuadas em amostras coletadas no Setor Delta, a pedido da ATPF, executadas na UFRG (RS), indicam que os sedimentos superficiais da bacia de evolução e canal de acesso aos Terminais Portuários da Ponta do Félix, encontram-se contaminados por bifenilas policloradas (PCBs), com concentrações de até 20 vezes ou mais superiores ao nível crítico adotado pela resolução CONAMA 344/2004.

Um dos consensos sobre os PCBs tem sido o seu alto grau de persistência no ambiente. Devido a esta persistência, sérias contaminações ambientais com PCBs são difíceis de reverter em curtos períodos de tempo, devido aos componentes continuarem nos ciclos do ecossistema por pelo menos muitos anos (LAWS, 1993).

A Tabela 4.1.6.2.3-a apresenta um sumário dos dados disponíveis sobre contaminantes nos sedimentos do eixo leste-oeste do CEP, obtidos nos seguintes estudos:

1. Levantamentos ambientais pré e pós-dragagem do Canal da Galheta e Bacia de Evolução, efetuados pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA/CEM) - 1998/1999.
2. Avaliação dos impactos decorrentes da construção de um píer, pela FOSPAR – Fertilizantes Fosfatados do Paraná S.A. em Pontal do Paraná (FOSPAR/CEM) - 2000/2001.

3. Avaliação dos impactos da dragagem do canal navegável que liga o Porto de Paranaguá aos Terminais Portuários da Ponta do Félix (TPPF/CEM)– 2001/2002.

Na mesma tabela, são apresentados os limites críticos adotados como orientadores para o gerenciamento de material dragado, pela resolução CONAMA (em fase de implementação).

Com base nos dados pretéritos, disponíveis, verifica-se que os sedimentos dos setores Charlie Uno, Charlie Dois e Delta apresentam teores mais elevados de metais pesados e arsênio, bem como de óleos e graxas, em relação ao setor Bravo Uno (Tabela 4.1.6.2.3-a), evidenciando um gradiente decrescente de contaminação, das regiões interna e mediana, em direção à desembocadura do CEP, sugerindo que a fonte destes elementos e compostos está associada diretamente às atividades urbanas/portuárias. Porém, a distribuição destes contaminantes não apresenta um padrão uniforme. Assim, concentrações relativamente mais elevadas de mercúrio, cádmio, cromo, arsênio e níquel foram encontradas nos sedimentos superficiais do Canal de Acesso e Bacia de Evolução do Porto de Antonina (setor Delta). Nos setores Charlie Uno e Charlie Dois, representados pela Bacia de Evolução do Porto de Paranaguá até o Rio Itiberê, os elementos cobre, zinco, arsênio e níquel foram mais abundantes. Todos estes elementos podem ser bastante tóxicos para a biota e tendem a se acumular ao longo da cadeia alimentar. Na parte interna do canal da Galheta (setor Bravo Uno), foram registrados os menores teores para todos os elementos traço investigados, bem como óleos e graxas.

Os valores de carbono orgânico total evidenciam a influência dos efluentes urbanos da Cidade de Paranaguá (Figura 4.1.6.2.3-I). Concentrações elevadas podem ser observadas nos seguintes locais: canal do Anhaia (estação 2), no mangue localizado neste canal (estação 3) e no rio Itiberê (estação 11), sendo que estes locais estão sujeitos a despejos de dejetos. Valores elevados de nitrogênio e fósforo orgânico particulado, também foram encontrados nestes mesmos pontos, reforçando a influência dos esgotos urbanos (Figura 4.1.6.2.3-I).

Tabela 4.1.6.2.3-a: Qualidade dos sedimentos nos diferentes setores do CEP e limites críticos de alguns contaminantes, conforme resolução CONAMA para o gerenciamento de material dragado (em fase de implementação)

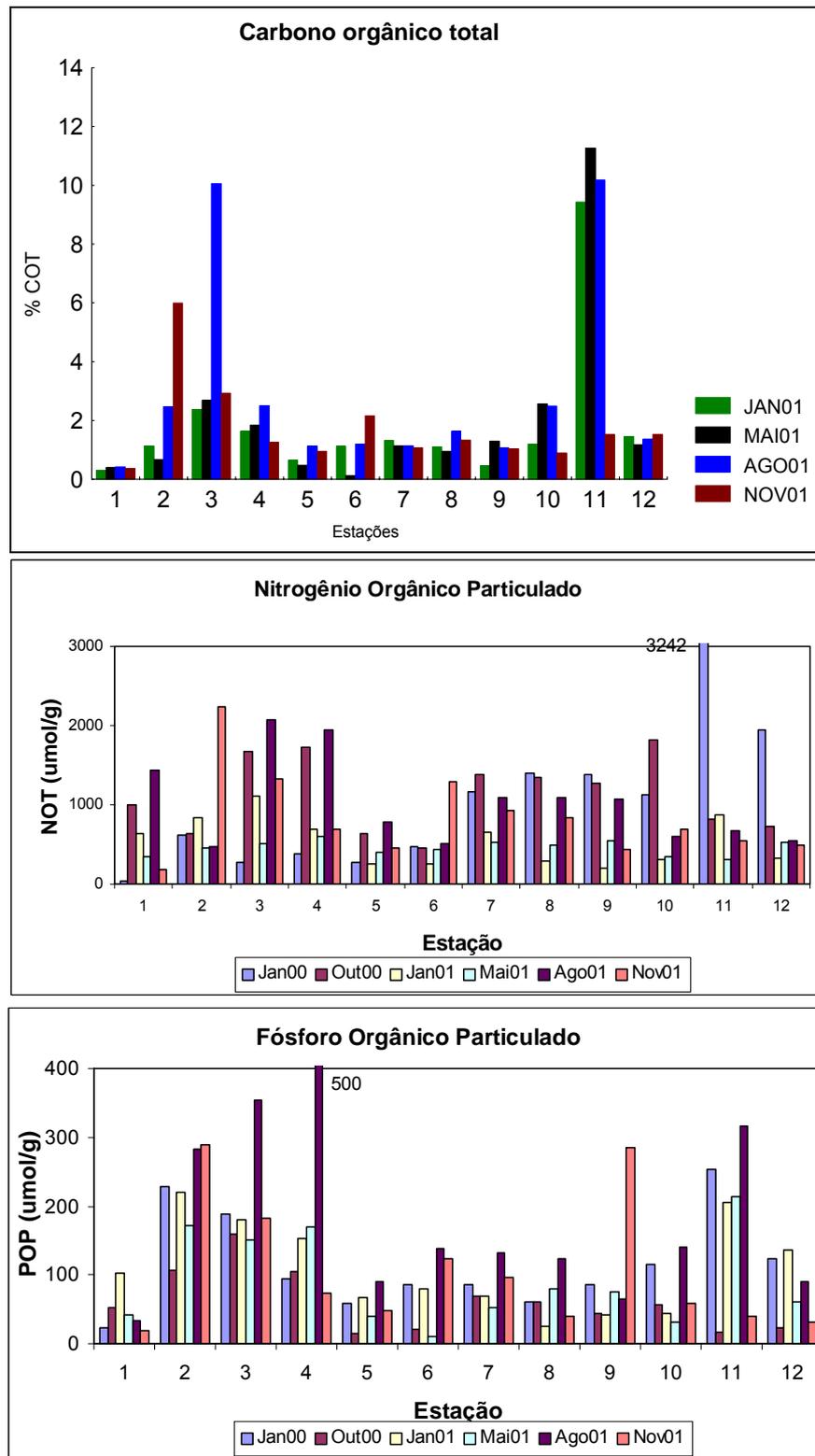
Setor	Ano	Bravo Uno	Charlie Uno e Charlie Dois	Charlie Dois	Delta	Limites Críticos* Águas Marinhas e Salobras	
		1998/1999		2000/2001	2001-2002	CONAMA/2004	
						Nível1	Nível 2
METAIS PESADOS E ARSÊNIO (µg/g)	Arsênio	<0,1-1,5	0,14-3,2	<0,0001 – 77,8	3,01-31,3	8,2	70,0
	Cádmio	<0,5-<2,5	<0,5-0,9	0,05-4,9	1,07-2,7	1,2	9,6
	Chumbo	<5-<25	<5-43,4	1,84-152,5	1,82-37,7	46,7	218,0
	Cobre	<2,5	<2,5-5,8	0,7-50,4	3,99-17,86	34,0	270,0
	Cromo	<5-1,8	<5-28,2	<0,0001-58,3	26,09-65,79	81,0	370,0
	Níquel	<2,5-<5	<2,5-10,3	<0,1-37,3	7,91-36,5	20,9*	51,6*
	Zinco	2,5-4,7	14,5-38,7	<0,4-310,8	46,52 – 69,93	150	410
	Mercurio	<0,04-<0,1	<0,04-<0,1	0,002-1,18	ND-0,93	0,15	0,71
ÓLEOS E GRAXAS		50,8-245	18,23 - 1185,3	200-1400	ND-1965	Não consta (**)	
ORGANO-CLORADOS (µg/kg)	Clordane			não analisado	não analisado	2,26*	4,79*
	Dieldrin	< 0,1	< 0,1	não analisado	não analisado	0,71	4,3
	DDT			não analisado	não analisado	1,19	4,77
	PCB			não analisado	não analisado	22,7	180

\*Os valores orientadores, adotados na tabela acima, têm como referência as seguintes publicações oficiais canadenses e norte-americanas:

ENVIRONMENTAL CANADA. *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Summary Tables.* <http://www.ec.gc.ca>. 1999; e

FDEP. *Approach to the Assessment of Sediment Quality in Florida Coastal Waters. Vol. I. Development and Evaluation of Sediment Quality Assessment Guidelines. Prepared for Florida Department of Environmental Protection - FDEP, Office of Water Policy, Tallahassee, FL, by MacDonald Environmental Sciences Ltd., Ladysmith, British Columbia.* 1994.

\*\*Nota: Pela nova resolução CONAMA, devem ser avaliados os compostos dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PHAs), analisados por métodos analíticos bem mais sensíveis do que o de óleos e graxas.



KOLM et al., 2002a; SÁ, 2003

Figura 4.1.6.2.3-1 – Teores de carbono, nitrogênio e fósforo orgânicos particulados ( $\mu\text{mol/g}$  de sedimento seco), nitrogênio e fósforo totais nos sedimentos superficiais do setor Charlie 2 (estações 1 a 10), desembocadura do Rio Itiberê (estação 11) e Baía das Laranjeiras (estação 12)

### ***Biodisponibilidade e Toxicidade***

A Tabela 4.1.6.2.3-b apresenta um sumário dos contaminantes de maior impacto potencial no CEP. Conforme relatado por SÁ (2003), a concentração de arsênio passível de extração em solução de ácido diluído, ou seja, a fração de maior disponibilidade biológica do elemento arsênio, foi verificada apenas nos setores Charlie Uno e Charlie Dois e apresentou suas maiores concentrações nas regiões oeste e leste do Porto de Paranaguá, entre o final do Cais Oeste e o píer da PETROBRAS/Cattalini. Segundo este autor, estas concentrações superam o limite crítico adotado, indicando que grande quantidade deste elemento pode ser encontrada nos organismos e ser incorporado à cadeia alimentar.

Para o cromo, as frações de maior associação com a biodisponibilidade, foram detectadas, em concentrações elevadas, no setor Charlie Uno e Charlie Dois, ao contrário das concentrações totais, o que indica um aporte deste elemento próximo à Paranaguá (KOLM *et al.*, 2003a; SÁ, 2003). Provavelmente, ocorre uma mistura de águas das baías de Paranaguá e das Laranjeiras, pois a concentração biodisponível mais elevada foi registrada na Baía das Laranjeiras, fato também ocorrido com o elemento arsênio (SÁ, 2003).

Os teores elevados de mercúrio e sua grande toxicidade, tornam este elemento um dos principais contaminantes para o CEP. Entretanto, sua(s) fonte(s) e sua especiação química (e toxicidade para a biota) ainda não são conhecidas (Tabela 4.1.6.2.3-b).

Assim como o cromo e o mercúrio as concentrações totais de cádmio também apresentaram valores mais elevados no setor Delta e um decréscimo em direção à desembocadura do sistema (KOLM *et al.*, 2002a; 2002b; SÁ, 2003). Porém, o cádmio solubilizado através da extração fraca, apresentou maiores concentrações no setor Charlie Uno e Dois do que no Delta, indicando a presença de fontes associadas ao Porto/Cidade de Paranaguá (SÁ, 2003).

Tabela 4.1.6.2.3-b: Sumário dos elementos traço com maior impacto potencial no CEP (adaptado de SÁ, 2003; KOLM et al., 2002a; 2002b)

Elemento	Fontes Antrópicas	Fontes no CEP	Comportamento nos sedimentos estuarinos*	Efeito na Biota**	Indícios de bioacumulação e biomagnificação no CEP
As	Pigmentos, fins medicinais, fabricação de vidro, ligas com chumbo e cobre, pesticidas (incluindo herbicidas), desfoliantes de plantas e em vários preservativos.	Pesticidas ? Preservativos de madeira ? Fertilizantes fosfatados?	Co-precipitados com óxidos de alumínio e ferro hidratado, ou adsorvido/quelado pelo material orgânico ou substâncias húmicas; forte afinidade com o enxofre (complexa com sulfetos).	Agudamente tóxico para a biota aquática; diversos efeitos sub-letais, incluindo efeitos no crescimento, reprodução, comportamento e locomoção; sem evidências de biomagnificação significativa.	Observado em Cathorops spixii (Ariidae).
Hg	incineração de lixo, combustão de carvão, tintas, mineração (principalmente de ouro) e fundição, indústria química, compostos medicinais e em termômetros.	Não identificadas	Sorção ou complexação com a matéria orgânica; forma orgânica com maior toxicidade.	Toxicidade extrema, cancerígeno, mutagênico, teratogênico.	Verificados em Crassostrea sp. e Cathorops spixii (Ariidae).
Cd	Fabricação de pigmentos, baterias, itens de produtos fotográficos, elétricos, cerâmicas, biocidas, estabilizadores de plásticos.	Efluentes domésticos/industriais	Sorção à matéria orgânica, deposição e co-precipitação com óxidos de ferro, alumínio e de manganês.	Mortalidade aguda, redução do crescimento e inibição da reprodução.	Não conhecida.
Cr	Indústria metalúrgica indústria química, na produção de tintas, corantes, explosivos, cerâmica, papel e em curtumes de couro, indústria têxtil, na indústria de cerâmicas e vidros e de fotografia.	Não identificadas (setor Delta); efluentes domésticos/urbanos (Setor Charlie Uno e Dois)	Sofre sorção em particulados orgânicos e co-precipita com óxidos e hidróxidos de ferro e manganês; sob condições anóxicas, o cromo também pode formar sulfetos insolúveis.	Mortalidade, redução no crescimento, sendo as plantas mais vulneráveis que os peixes.	Não conhecida.
Ni	Combustão de combustíveis fósseis, mineração de minérios de níquel, atividades de fundição e refinação e indústria eletrônica.	Situadas entre o cais do porto e o píer da PETROBRÁS/Catallini e na região mais externa do estuário no Rio Itiberê	Complexos com óxidos de ferro e de manganês. Porém, o níquel também forma complexos insolúveis com sulfetos, sob condições anaeróbicas.	Mortalidade, redução no crescimento, etc; biomagnificação não é importante.	Não conhecida.
Pb	Baterias de chumbo-zinco, aditivos da gasolina, metalurgia, materiais de construção, equipamentos eletrônicos, plásticos, produtos veterinários, tintas, vidro, tanques de transporte de materiais radioativos.	Efluentes domésticos/industriais Produtos do petróleo.	Associação com hidróxidos de ferro e de manganês; associações com argilas e matéria orgânica.	Acumulado pela biota aquática em níveis relativamente altos.	Não conhecida

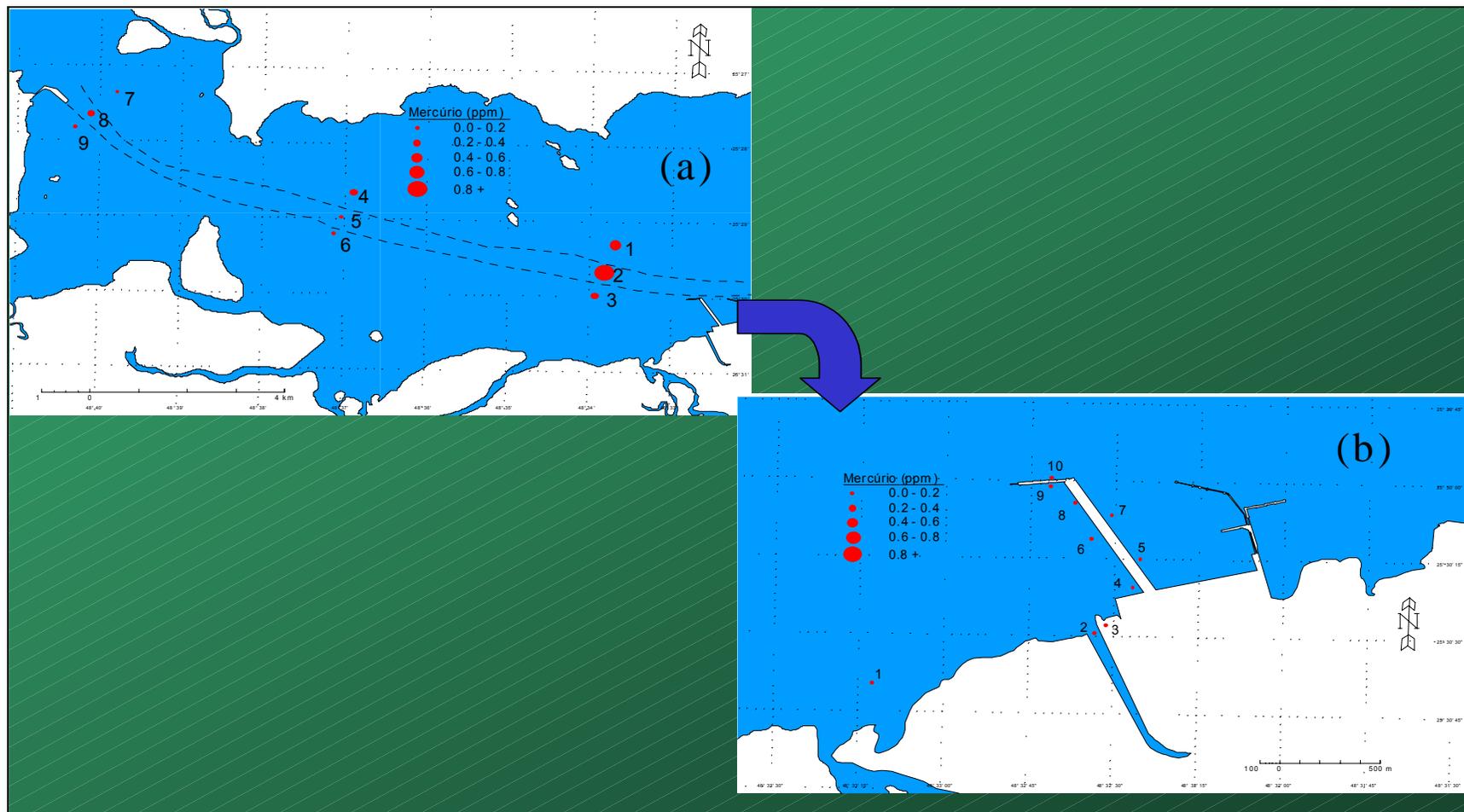
Elemento	Fontes Antrópicas	Fontes no CEP	Comportamento nos sedimentos estuarinos*	Efeito na Biota**	Indícios de bioacumulação e biomagnificação no CEP
Zn	Efluentes de esgotos municipais, atividades de mineração, fundição e refinação de zinco, combustão de madeira, incineração de lixo, produção de ferro e de aço e outras emissões atmosféricas.	Efluentes domésticos/industriais.	Sorção em óxidos de manganês e ferro hidratado, argilo-minerais e matéria orgânica; sob condições redutoras forma complexos com sulfetos insolúveis.	Pode bioacumular em alguns organismos, mas não há evidências de biomagnificação biológica.	Não conhecida.

\*MASSCHELEYN *et al*, 1991; RIEDEL *et al*, 1989; MOORE & RAMAMOORTHY, 1984; SHUMILIN *et al*, 2001

\*\*CCREM, 1987; JAAGUMAGI, 1990

### **A zona de máxima turbidez**

O aspecto mais marcante e de grande importância ambiental, que emerge da análise efetuada por SÁ (2003), diz respeito ao papel da zona de máxima turbidez, como seqüestradora dos contaminantes investigados e as implicações para o gerenciamento de atividades de dragagem (CEM/UFPR/FUNPAR/TPPF, 2004). Desta análise, torna-se evidente que, com exceção do cádmio, todos os outros elementos apresentaram maiores concentrações na área de turbidez máxima, definida por NOERNBERG (2001) entre as ilhas Gererês e o Porto de Paranaguá (setores Delta/Charlie Dois). Esta área de mistura, dominada por máxima turbidez, desloca-se mais para leste (jusante) com o incremento da drenagem fluvial e condições de vazante e mais para oeste (montante) nos períodos de estiagem e maré enchente. Ela é caracterizada pela concentração elevada de partículas em suspensão, bem maior do que as concentrações no setor próximo à desembocadura do sistema. Isto acontece porque as condições físicas e físico-químicas associadas, favorecem o processo de floculação, quando a descarga fluvial encontra a intrusão da cunha salina, aumentando o processo de deposição das partículas (SÁ, 2003; CEM/UFPR/FUNPAR/TPPF, 2004). Ainda, segundo SÁ (*op. cit.*) a característica da zona de máxima turbidez, de aprisionar e acumular elementos traço, é exemplificada através da distribuição do mercúrio ao longo do gradiente composto pelos setores Delta e Charlie Dois (Figura 4.1.6.1.2.3-II). Disso resulta que, o manejo do material dragado, nesta zona, deveria ser efetuado considerando-se estas características especiais de concentradora de contaminantes inorgânicos e orgânicos (CEM/UFPR/FUNPAR/TPPF, *op. cit.*).



Fonte: SÁ, 2003

Figura 4.1.6.2.3-II – Distribuição das concentrações de mercúrio (ppm) nos sedimentos superficiais dos setores Delta (a) e Charlie Dois (b)

### **A classificação dos sedimentos a serem dragados**

A resolução CONAMA n.º 344/2004, em fase de implementação, define critério de qualidade do material dragado, para fim de tomada de decisão quanto à disposição em águas jurisdicionais brasileiras, a partir de dois níveis de ação, a saber:

- **NÍVEL 1** – limiar abaixo do qual **não se espera efeito adverso** à biota ou à saúde humana e
- **NÍVEL 2** – limiar acima do qual **se espera efeito adverso** à biota ou à saúde humana.

A partir deste critério estabelece a seguinte classificação:

- **CLASSE 1** – o material cuja concentração de poluentes for menor ou igual ao NÍVEL 1 – será considerado como **não contaminado**;
- **CLASSE 2** – o material cuja concentração de metais, exceto de mercúrio ou cádmio, estiver entre os NÍVEIS 1 e 2 – será considerado como **pouco contaminado**;
- **CLASSE 3** – o material cuja concentração de compostos orgânicos, mercúrio ou cádmio, estiver entre os NÍVEIS 1 e 2 – será considerado como **moderadamente contaminado** e
- **CLASSE 4** – o material cuja concentração de qualquer um dos poluentes exceda o NÍVEL 2, será considerado como **altamente contaminado**.

Seguindo as diretrizes dessa resolução CONAMA como linha orientadora, verifica-se que, no estudo efetuado em 1998/1999 (SOARES *et al.*, 1999), apenas os teores de chumbo nos sedimentos superficiais dos setores Charlie Uno e Charlie 2, ultrapassam o valor adotado como Nível 1, enquadrando os sedimentos na CLASSE 2 – **pouco contaminado** (Tabela 4.1.6.2.3-a). Porém, no estudo desenvolvido no setor Charlie Dois, em 2000/2001 (KOLM *et al.*, 2002a; SÁ, 2003), as concentrações de cobre, cádmio, chumbo, níquel e zinco foram superiores ao Nível 1 e os teores de arsênio e mercúrio ultrapassaram até mesmo o Nível 2, o que permite classificar os sedimentos desta área na CLASSE 4 – **altamente contaminados**. No setor Delta (KOLM *et al.*, 2002b, SÁ, 2003), os teores de arsênio, cádmio e níquel situaram-se entre os níveis 1 e 2 e o mercúrio foi maior que o Nível 2. Conforme a resolução, os teores de cádmio (entre os níveis 1 e 2) classificariam os sedimentos na CLASSE 3 – **moderadamente contaminados**, porém os teores de mercúrio colocam os sedimentos do setor Delta na CLASSE 4 – **altamente contaminados**. A

discrepância entre os resultados relatados por SOARES *et al.* (1999) e aqueles verificados por SÁ (2003) e KOLM *et al.* (2002a), se deve, provavelmente, à baixa sensibilidade analítica nas análises reportados no primeiro

Naturalmente, tal classificação tem implicações bastante claras para o gerenciamento do material dragado nos setores Charlie 1, Charlie 2 e Delta. Porém, como já ressaltado em estudos anteriores (KOLM *et al.*, 2002a; 2002b; SÁ, 2003) alguns aspectos devem ser também considerados: a utilização de limites de concentrações absolutas têm sido amplamente discutidas (LEE & JONES-LEE, 2000; BARBOSA & ALMEIDA, 2001). Estes critérios muitas vezes são falhos, devido à complexidade dos fatores que regulam a disponibilidade de muitos contaminantes, tais como metais pesados, para os organismos aquáticos. Por outro lado, os critérios de qualidade da água e sedimentos, podem ser excessivamente conservadores, já que grande parte das espécies químicas, potencialmente tóxicas, podem ocorrer como precipitados ou serem adsorvidos em partículas do sedimento e, portanto, estarem indisponíveis (não-tóxicos) para a biota estuarina. Na última década, tem havido uma tendência crescente de classificar os contaminantes traço não mais em termos de limites numéricos, mas sim em termos de persistência, toxicidade e bioacumulação nos ecossistemas aquáticos (OSPAR, 1998).

Como destacado por SÁ (2003) e SÁ *et al.* (em prep.), para a avaliação da toxicidade e gerenciamento das atividades de dragagem dos sedimentos dos setores Charlie Uno, Charlie Dois e Delta, torna-se imprescindível o conhecimento dos níveis naturais (de base) dos diversos contaminantes, potencialmente importantes para o CEP.

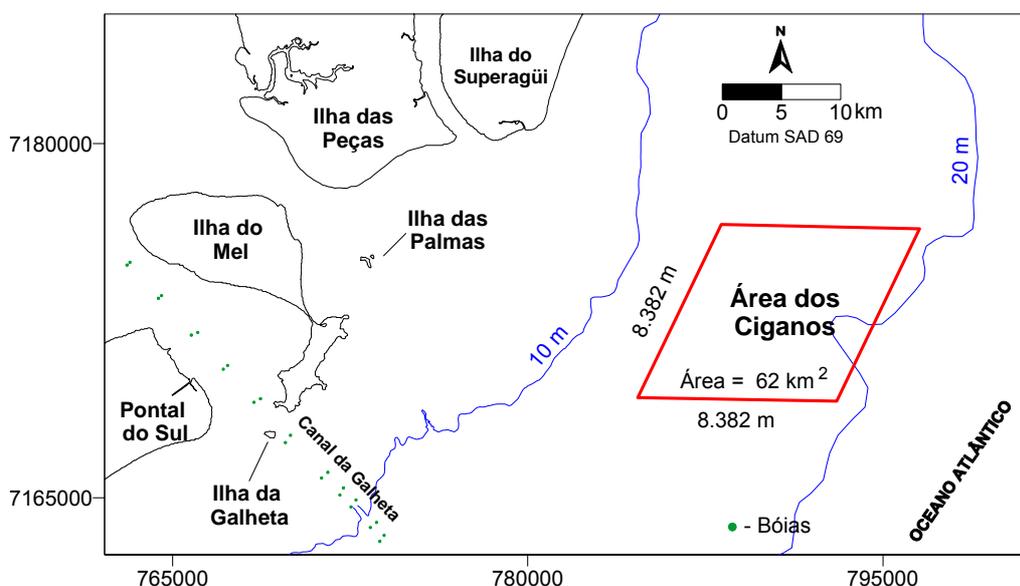
#### **4.1.6.2.4 Áreas com possibilidades de serem utilizadas para deposição de descartes**

A discussão sobre os sítios de despejo de materiais dragados na Baía de Paranaguá foi iniciada em 1994, por solicitação oficial da Capitania dos Portos do Estado do Paraná ao Centro de Estudos do Mar da UFPR, quanto aos sítios então vigentes na região. Uma série de pareceres, trabalhos científicos e relatórios foram emitidos, ao longo do tempo, sobre este tema, entre eles LANA & SOARES (1994), SOARES *et al.* (1997), SOARES & MARONE (1997), CEM/UFPR/FUNPAR/TPPF (2004) e SOARES & MARONE (2004, *no prelo*). Praticamente em todos estes documentos, foi desaconselhado o despejo de material dragado, em sítios submersos dentro do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), pelos mais variados motivos, ainda que isto tenha acontecido, ao longo do tempo, principalmente por motivos econômicos. O manejo dos sedimentos dragados para o aprofundamento ou manutenção da segurança à navegação, nos canais de acesso aos portos de Paranaguá e

Antonina é motivo de conflito entre as instituições envolvidas, devido ao fato de as obras serem tratadas individualmente, não havendo ainda um “plano de gestão” único, para todo o canal de acesso aos portos e terminais privados do CEP (Canal da Galheta).

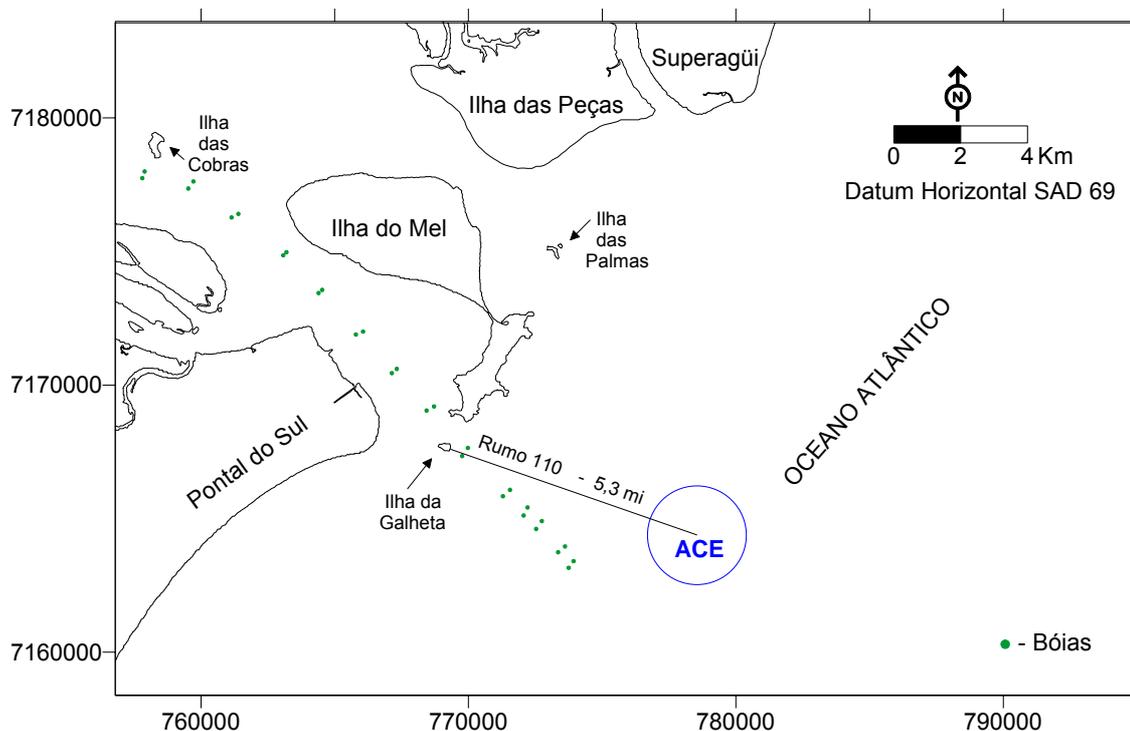
#### 4.1.6.2.5 Sítios de despejos de sedimentos dragados do Canal da Galheta – áreas atualmente vigentes e outras opções

Atualmente encontram-se licenciadas pelos órgãos ambientais (IAP e IBAMA) apenas dois sítios de despejo, localizados em áreas externas à Baía, na plataforma continental interna rasa, denominados Banco dos Ciganos (Figura 4.1.6.2.5-I) e Área Circular Externa - ACE (Figura 4.1.6.2.5-II).



Fonte: SOARES & MARONE, 2004 (no prelo)

Figura 4.1.6.2.5-I – Mapa de localização do sítio de despejo designado como Banco dos Ciganos, licenciado pelos órgãos ambientais



Fonte: SOARES & MARONE, 2004 (no prelo)

Figura 4.1.6.2.5-II – Mapa de localização do sítio de despejo designado como Área Circular Externa (ACE), licenciado pelos órgãos ambientais

Para as dragagens realizadas nos setores Alfa e Bravo do Canal da Galheta tais sítios são viáveis, devido à proximidade entre a área dragada e do sítio de despejo, mas para a dragagem dos setores Delta e Echo, a utilização dessas áreas encarece a operação, além de dispendir muito tempo, pois a distância percorrida na navegação, entre os locais dragados e o(s) sítio(s) de despejo, é de aproximadamente 60 km.

Os sedimentos dragados ao longo do Canal da Galheta, diferentemente do que ocorre nos países desenvolvidos, não têm sido reaproveitados, ainda que, sedimentos de boa qualidade geotécnica e sem problemas toxicológicos possam ter inúmeras aplicações, tais como o enchimento artificial de praias em erosão, aterros e ou outras finalidades. Historicamente tem-se levado em consideração, basicamente, os aspectos econômicos, ou seja, são contratadas empresas que oferecem o menor custo. Entretanto, o reaproveitamento de dragados, embora possa encarecer os custos iniciais da obra, pode ter aspectos positivos, como a retirada efetiva do material do corpo aquoso, o que exclui a possibilidade de seu retorno para as áreas dragadas, o que significa economia, a médio e longo prazo.

Existem outras possibilidades de sítios de despejo de dragados no CEP, além das áreas já licenciadas pelos órgãos ambientais (Banco dos Ciganos e Área Circular Externa),

especialmente em áreas entre-marés e continentais. O uso destas áreas dependerá principalmente do uso de equipamentos de dragagem de melhor tecnologia, cuja escolha está associada à destinação do material.

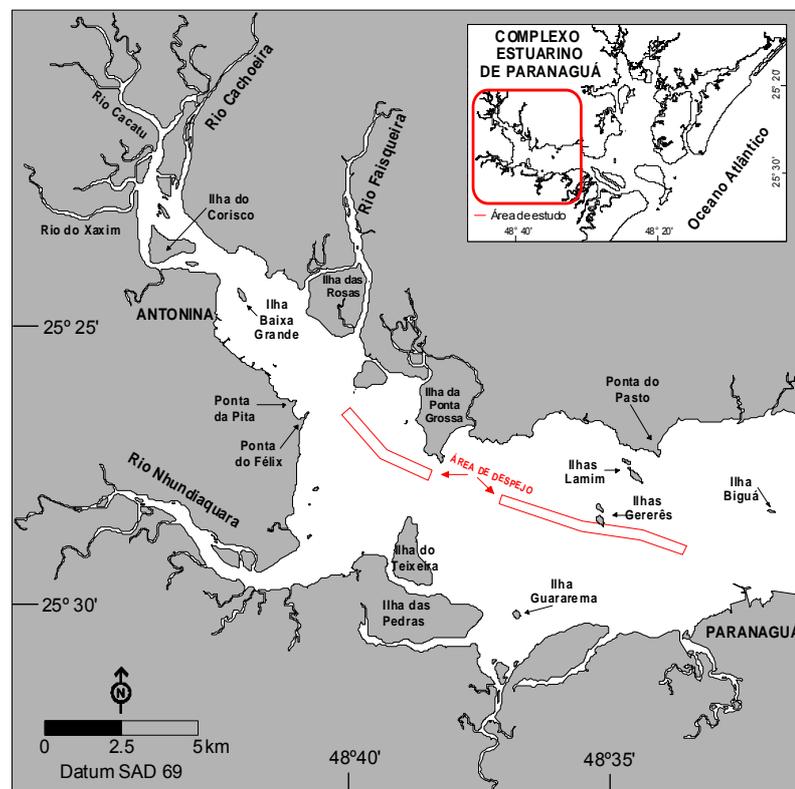
Uma caracterização dessas áreas, tanto as vigentes, utilizadas ao longo do tempo como as potencialmente utilizáveis para a disposição de dragados, é feita a seguir, com base em CEM/UFPR/FUNPAR/TPPF (2004).

### **Áreas submersas externas**

São sítios submersos de grande capacidade volumétrica, localizados em mar aberto, nas imediações da desembocadura do CEP, na plataforma continental interna rasa. Provavelmente são utilizados desde a década de 1960, mas registros efetivos remontam à época da abertura do Canal da Galheta, inaugurado em 1974. Estão licenciados pelos órgãos ambientais e receberam a denominação de **Banco dos Ciganos**, situado na desembocadura norte do CEP, entre as isóbatas de -15 e -20 m (Figura 4.1.6.2.5-I), e recentemente, a **Área Circular Externa – ACE** (Figura 4.1.6.2.5-II), cujo ponto central fica a 10 km a este-sudeste (ESE) da Ilha da Galheta, próximo às bóias de sinalização náutica mais externas do canal de aceso (bóias 1 e 2), cujas coordenadas do ponto central são 778.549,52 e 7.164.375,14 (UTM, WGS-84), com uma área de 10,8 km<sup>2</sup>. Os sedimentos, nestas áreas, tendem a ser predominantemente arenosos, devido ao elevado grau de energia hidrodinâmica, associado à desembocadura do estuário. No entanto, sabe-se que as imediações de desembocaduras são áreas naturalmente instáveis e que mudanças de posição de canais de marés, bancos arenosos e linha de costa são frequentes e imprevisíveis, podendo se acentuar diante de grandes volumes de sedimento adicionados ou subtraídos do sistema. Embora existam 2 áreas licenciadas, somente a Área Circular Externa (ACE) vem sendo utilizada, principalmente pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), a qual despeja os sedimentos dragados dos setores Alfa e Bravo do Canal da Galheta, que são de boa qualidade geotécnica (areias finas e muito finas, bem selecionadas) e poderiam ser utilizados para o enchimento artificial de praias em erosão, aterros ou qualquer outra finalidade da engenharia civil, ressaltando-se que os sedimentos possuem origem marinha e o seu uso necessitaria de tratamento para a retirada do sal, se utilizados para fins industriais (como a fabricação de vidros, aço, etc.).

### Áreas submersas internas

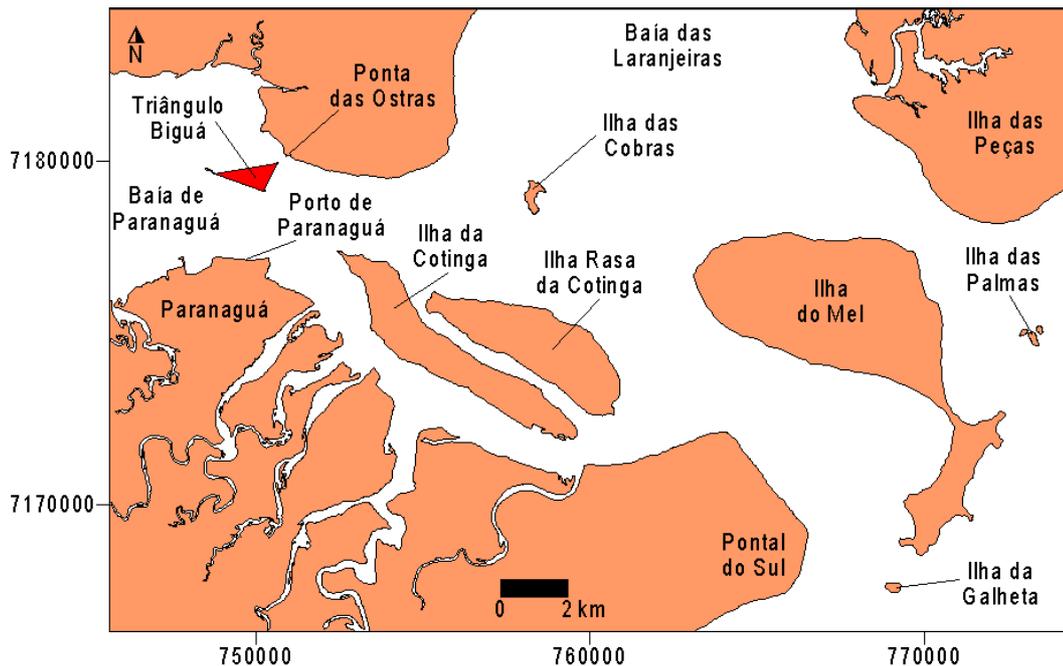
A área entre Paranaguá e Antonina (Figura 4.1.6.2.5-III), localizada ao norte e paralelamente ao canal de acesso aos TPPF, já sofreu licenciamento pelos órgãos ambientais e foi utilizada para despejo, durante a abertura e aprofundamento do canal de acesso à região de Antonina, entre 1998 e 2002, quando foram dragados 5 milhões de m<sup>3</sup>. Os sedimentos, neste sítio, são predominantemente silte e areia fina, que são padrão a montante do Porto de Paranaguá. No entanto, cascalhos e seixos ocorrem atualmente, pois materiais dessa natureza foram dragados de camadas inferiores ao substrato do canal de acesso. Este sítio tem capacidade volumétrica limitada e, apesar de promissor do ponto de vista econômico, é inadequado por deixar os sedimentos disponíveis para remobilização pelas correntes de maré, na borda do próprio canal de navegação. A proximidade entre esse sítio de despejo e a margem do canal, acarreta instabilidade dos sedimentos ali depositados, pois a dinâmica hidráulico-sedimentar tende a recompor a feição original. Assim sendo, esta área não é recomendável como ponto de descarte e deposição de dragados.



Fonte: SOARES & MARONE, 2004 (no prelo)

Figura 4.1.6.2.5-III – Área de despejo de dragados já utilizada próxima ao Setor Delta do Canal da Galheta. Esta área não se encontra mais licenciada pelos órgãos ambientais, não sendo recomendada para tal finalidade

Outra área requerida aos órgãos ambientais, pela autoridade portuária, como sítio de despejo de dragados, mas não licenciada, é a região do **Triângulo Biguá** (Figura 4.1.6.2.5-IV), que foi utilizada por muito tempo como sítio de despejo de materiais dragados na Baía de Evolução do Porto de Paranaguá (principalmente dos berços de atracação do cais público). É um sítio relativamente raso, com capacidade limitada, sendo os sedimentos, predominantes siltes arenosos. A dinâmica sedimentar neste sítio é bastante complexa, pois localiza-se junto ao alinhamento das rochas submersas das Palanganas, que condiciona a orientação dos canais de maré. Nas imediações desse sítio, as bifurcações dos canais, marcados pela isóbata de -5 m, indicam grande influência de correntes de enchente, que carreiam os sedimentos, novamente, para os berços de atracação dos navios junto ao cais público. Todos estes fatores tornam a área inadequada do ponto de vista técnico e ambiental como sítio de despejo de dragados.

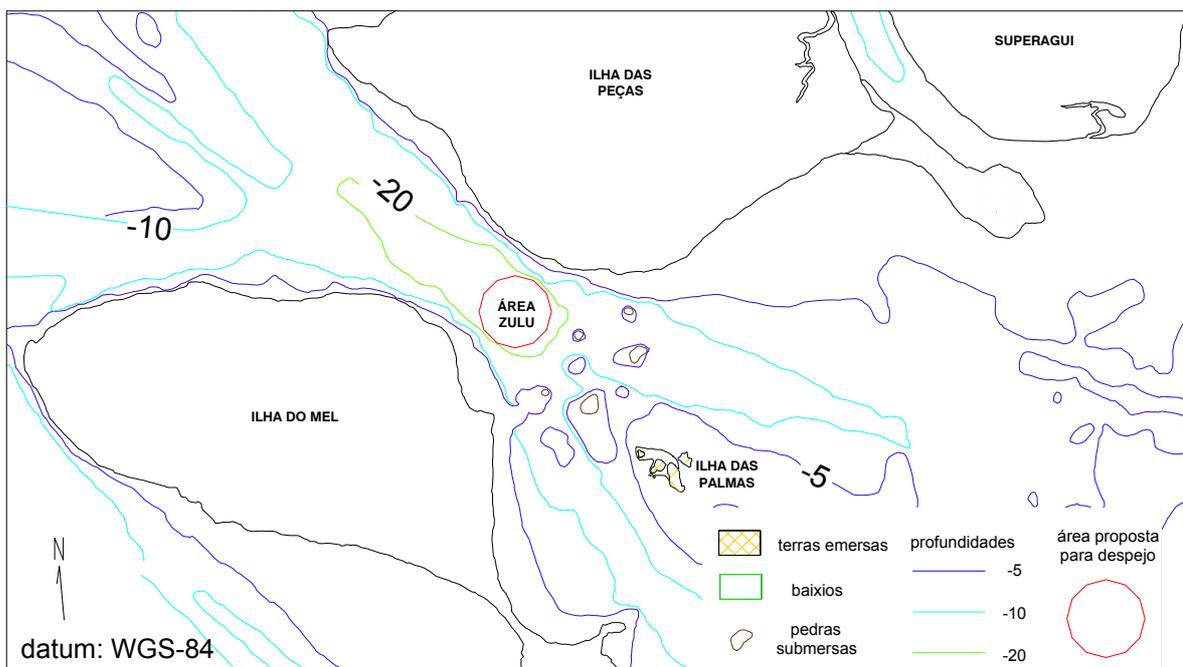


Fonte: SOARES & MARONE, 2004 (no prelo)

Figura 4.1.6.2.5-IV – Mapa de localização da região do Triângulo Biguá (em vermelho), que foi utilizada como sítio de despejo de materiais dragados na Baía de Evolução do Porto de Paranaguá (berços do cais público). Esta área não se encontra licenciada pelos órgãos ambientais

A Área Zulu, no Canal Norte (Figura 4.1.6.2.5-V) é um sítio submerso, localizado no estreito entre a Ilha do Mel e a Ilha das Peças, em profundidades superiores a -25 m. Foi utilizado para o despejo de dragados, após o abandono dos canais Norte e Sueste, quando estes eram utilizados como canais de acesso ao porto (antes de 1974). Os sedimentos que ocorrem neste sítio também são predominantemente arenosos, mas detritos vegetais e bolas de lama ocorrem em algumas amostras. Sedimentos argilosos também podem ocorrer

quando lamas, depositadas no passado, afloram no substrato desse canal. A dinâmica sedimentar nestes ambientes é condicionada, principalmente, por correntes de maré, que transportam sedimentos, tanto no sentido estuário afora quanto estuário adentro, sendo que este é um dos locais onde ocorrem as correntes de maré de maior intensidade, na Baía de Paranaguá (de até 2 m/s na maré vazante). Como consequência, o despejo de sedimentos neste local, serviria como um *by-pass*, ou seja, aqueles sedimentos que provêm do sul/sudeste pelas correntes marinhas/litorâneas (direção geral de transporte no litoral do Paraná) e que são capturados pelo Canal da Galheta, seriam parcialmente devolvidos ao meio, diminuindo o déficit de sedimentos que pode ocorrer ao norte. O licenciamento desta área encontra-se em tramitação entre os órgãos ambientais.



Fonte: SOARES & MARONE, 2004 (no prelo)

Figura 4.1.6.2.5-V – Mapa de localização da área denominada como Zulu, cujo processo de licenciamento ambiental encontra-se em tramitação nos órgãos competentes

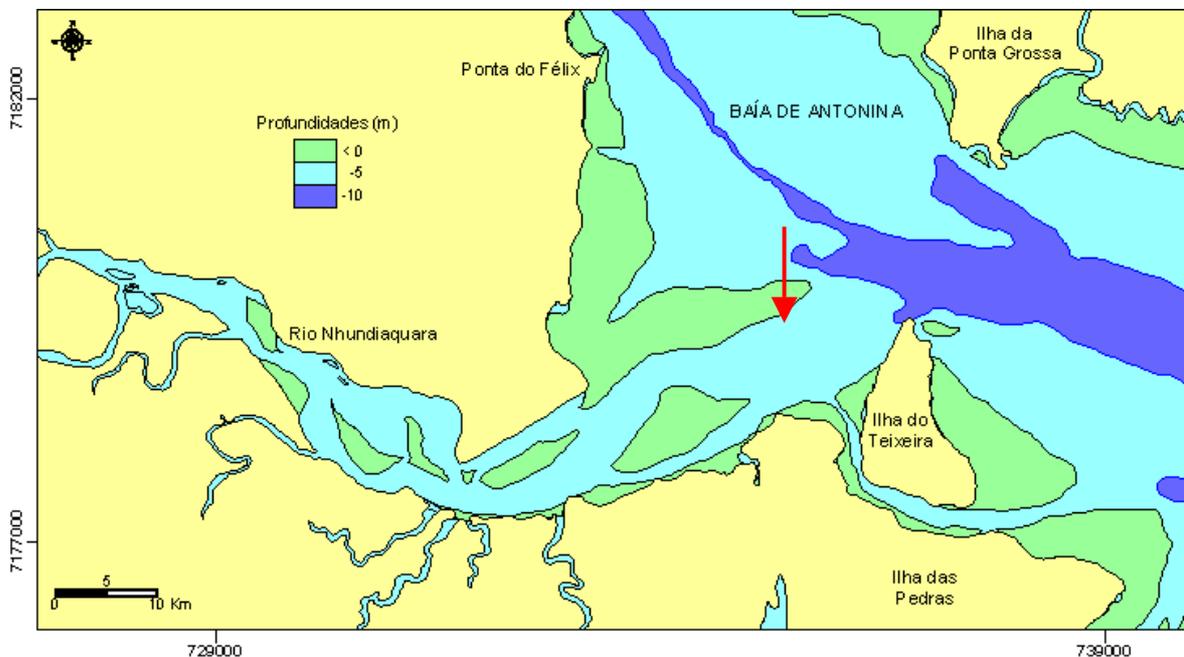
### Áreas entre-marés

**Sítios entre-marés:** estão localizados nas margens do CEP, particularmente nas zonas de sombra, geradas pela hidrodinâmica, onde há redução dos níveis de energia ambiental, propiciando a formação natural de baixios ou bancos, como, por exemplo, a região situada entre a foz do rio Nhundiaquara (Figura 4.1.6.2.5-VI) e a Baía de Antonina ou a área situada ao sul das ilhas Pavoçá e Rabelo, na Baía das Laranjeiras. Esta última área,

entretanto, não poderia ser utilizada como local de descarte, devido à distância dos pontos de dragagem, à profundidade local insuficiente para a navegação de grandes dragas e, pelo fato da mesma estar situada dentro da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba (APA).

Nestas zonas de sombra, geradas pela hidrodinâmica, poderiam ser criadas ilhas ou baixios artificiais, através do deslocamento da linha de costa em direção ao mar. Estes tipos de sítios têm como vantagem, o fato de retirar da circulação, do estuário, os sedimentos dragados, garantindo que os mesmos não retornem ao sistema estuarino. Tais alternativas deverão ser objeto de estudos de engenharia específicos e das características toxicológicas dos sedimentos dragados.

A criação de ilhas e baixios artificiais, comum nos países desenvolvidos, pode causar alterações na circulação local, caso não sejam adequadamente planejadas. Desta forma, a escolha da sua localização deve ser baseada em simulações, feitas a partir de modelos hidrodinâmicos. A partir disto, seria possível avaliar a magnitude e importância das prováveis alterações na circulação local e suas implicações ambientais e ecológicas.



Fonte: SOARES & MARONE, 2004 (no prelo)

*Figura 4.1.6.2.5-VI – Região do Pinheirinho, entre a foz do rio Nhundiaquara e a baía de Antonina (indicado pela seta vermelha), que constitui uma zona de baixa energia hidrodinâmica, que favorece a formação natural de baixios. Este tipo de local poderia ser utilizado como sítio de despejo, através da criação de ilhas ou bancos artificiais, que dependem de um maior conhecimento da dinâmica local, de projeto de engenharia específico, toxicologia dos sedimentos e anuência dos órgãos ambientais licenciadores*

**Praias com problemas de erosão:** na desembocadura da baía de Paranaguá ocorrem praias cuja população enfrenta sérios problemas com a perda de propriedades, bem como com a destruição da beleza cênica, pela implantação de obras de engenharia não planejadas (pneus, sacos de areia, etc.). Incluem-se nesta categoria, a praia das Conchas, da Ilha do Mel e o trecho entre o Canal do DNOS e a Ponta do Poço, no Balneário Pontal do Sul (conhecida localmente como Pontal II). Os sedimentos dragados dos setores Alfa e Bravo, que são de boa qualidade geotécnica, poderiam servir para a engorda ou enchimento artificial destas praias. Para tal, deveriam ser utilizadas dragas do tipo sucção-recalque, ao invés das do tipo *Hopper*, que tradicionalmente têm sido utilizadas no Canal da Galheta. Os dois tipos de dragas poderiam ser utilizados, ou seja, a do tipo *Hopper*, de maior capacidade e velocidade de operação, dragaria o Canal da Galheta e despejaria os sedimentos em um sítio provisório, cabendo à draga do tipo sucção-recalque o bombeamento para o(s) sítio(s) de despejo.

**Áreas para expansão portuária:** muitas áreas de retroporto poderiam comportar sedimentos oriundos das dragagens, desde que os mesmos tenham características técnicas compatíveis com este tipo de uso. Este tipo de aplicação já ocorreu várias vezes, ao longo do tempo, na área portuária de Paranaguá, tendo como exemplo o aterro do TEVECON (a leste do cais do Porto de Paranaguá) e o retroporto dos Terminais Portuários da Ponta do Félix, em Antonina. Há uma pretensão, atualmente, deste Porto em ampliar sua retroárea, havendo, conseqüentemente possibilidade de aí depositar-se materiais dragados de boa qualidade geotécnica. Do mesmo modo, a obra do Cais Oeste, poderiam ser utilizados sedimentos provenientes das operações de dragagem, desde que estes tenham, também, boa qualidade geotécnica (materiais arenosos sem ou com pouca contaminação por argila e ou matéria orgânica).

### **Sítios continentais**

Além das áreas submersas, internas e externas ao CEP e áreas entre-marés, existe também a possibilidade de utilização de áreas continentais, para o despejo de materiais dragados. Nas baías de Paranaguá e Antonina destacando-se os seguintes locais:

**Cavas de Paranaguá:** são sítios potenciais de despejo continental, deixadas por lavras de areia, tipo cava. A criação de aterros que se elevem das cotas médias do terreno nas imediações do sítio, também pode ser considerada como opção. Estas áreas permitiriam a instalação de plantas de separação sólido/líquido e também de separação de materiais arenosos/siltosos, o que permitiria a reutilização dos materiais dragados. Por outro

lado, têm menores capacidades volumétricas, se comparados com os sítios submersos, além de necessitarem extensas linhas de recalque de sedimentos. Livres de implicações ambientais, pois, no caso da presença de contaminantes e poluentes, medidas de descontaminação e ou de isolamento devem ser consideradas, para se evitar, por exemplo, a contaminação do lençol freático, além do fato de esses possíveis sítios constituírem-se, também, em potenciais fornecedores de água para o município de Paranaguá.

**Áreas continentais às margens do canal de acesso à Antonina:** estas áreas já foram objeto de estudo, sendo relatadas por SOARES *et al.* (1997), onde foi levado em consideração o grau de degradação ambiental das mesmas; o tipo de vegetação predominante; a proximidade do canal de acesso e as características da ocupação humana. Muitas dessas áreas, encontram-se situadas dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, o que dificultaria o seu licenciamento ambiental.

**Outros locais:** como já mencionado anteriormente, na região da Ponta do Poço, no Município do Pontal do Paraná, existem áreas já desmatadas, utilizadas anteriormente para fins industriais (construção de plataformas de petróleo), que se encontram, atualmente, abandonadas. Os canteiros da FEM, TENENGE, TECHINTE e CBC/Paraná Pesca, poderiam ser adequadas para o despejo de materiais dragados, podendo ter, inclusive, estação de tratamento para a retirada do sal dos sedimentos, e ser, este material aplicado para aterros na região litorânea, que é carente de sedimentos para tal finalidade.

#### **4.1.6.2.6 Apreciação sobre os sítios de despejo de sedimentos dragados no Canal da Galheta**

Preocupações relativas ao destino de sedimentos dragados são bastante recentes no Brasil. Nas obras de dragagem, relativas às atividades portuárias de Paranaguá, os sedimentos dragados sempre foram tratados como rejeito, não havendo qualquer preocupação com o uso benéfico dos mesmos. Tal fato deve-se principalmente a questões econômicas, pois sempre se buscou o menor custo imediato das obras, além de haver carência de dragagem de melhor tecnologia.

As características dos sedimentos, ao longo dos 50 km do Canal da Galheta, variam consideravelmente: de sedimentos arenosos finos a muito finos, bem selecionados, nos setores Alfa e Bravo (de boa qualidade geotécnica), a sedimentos heterogêneos, com lama e areia, mal selecionados, nas porções mais internas do CEP (de má qualidade geotécnica). Os sedimentos de boa qualidade poderiam ser utilizados para engorda ou enchimento artificial de praias que sofrem processos erosivos, na região da desembocadura da Baía de

Paranaguá, como a praia das Conchas, da Ilha do Mel e ou a praia do Pontal II, no Balneário Pontal do Sul. Tal destinação dependeria do uso de uma ou mais dragas (principalmente do tipo *Hopper* e sucção-recalque), bem como da autorização ou licenciamento, por parte dos órgãos ambientais.

Os sedimentos heterogêneos, predominantemente de má qualidade geotécnica, que ocorrem, principalmente à montante do Porto de Paranaguá (setores Delta e Echo), poderiam ter, como destinação, o retroporto de áreas portuárias (apenas os arenosos, de melhor qualidade), a criação de ilhas ou bancos artificiais ou serem encaminhados, para as áreas de despejo atualmente licenciadas (Banco dos Ciganos e Área Circular Externa), sendo que esta última opção encarece o custo de dragagem e faz com que as obras tenham um tempo de duração mais longo, devido à distância a ser percorrida pelas dragas, entre os locais de dragagem e o seu destino final.

Outras opções como a regeneração de áreas degradadas pela mineração (caso das cavas de Paranaguá) e utilização como material de aterro, a partir da deposição temporária dos sedimentos em áreas situadas às margens da Baía de Paranaguá, dependerão de estudos mais aprofundados e acordos ou parcerias entre a administração portuária, prefeituras municipais, empresas privadas e órgãos ambientais licenciadores.

#### **4.1.7 Geomorfologia**

No clássico trabalho de Geografia Física do Estado do Paraná, MAACK (1968) dividiu o Estado em cinco grandes *zonas de paisagem natural*, ou *regiões geográficas naturais*, sendo que duas delas estão presentes nas AI do empreendimento: Litoral e Serra do Mar. No Paraná, a Serra do Mar apresenta características distintas das de outros estados, pois não constitui apenas uma serra de borda de planalto ou de escarpa, mas também possui setores originados, principalmente, por erosão diferencial. Nas áreas onde as rochas são mais resistentes ao intemperismo, tais como granitos e rochas efusivas e sedimentares da Formação Guaratubinha, as serras sobressaem entre 400 e 900 m acima do nível geral do Primeiro Planalto: alguns desses núcleos localizam-se no interior do planalto, outros, na sua borda e alguns não possuem mais contato com o planalto (Figura 4.1.7-I).

Existe na serra uma nítida orientação de cristas e vales, em três direções predominantes, NE-NNE, NNW e NW, que se correspondem com os principais lineamentos do substrato geológico. As orientações NE-NNE e NNW estão associadas a velhas linhas estruturais pré-cambrianas e condicionam as principais formas do relevo, tais como serras e

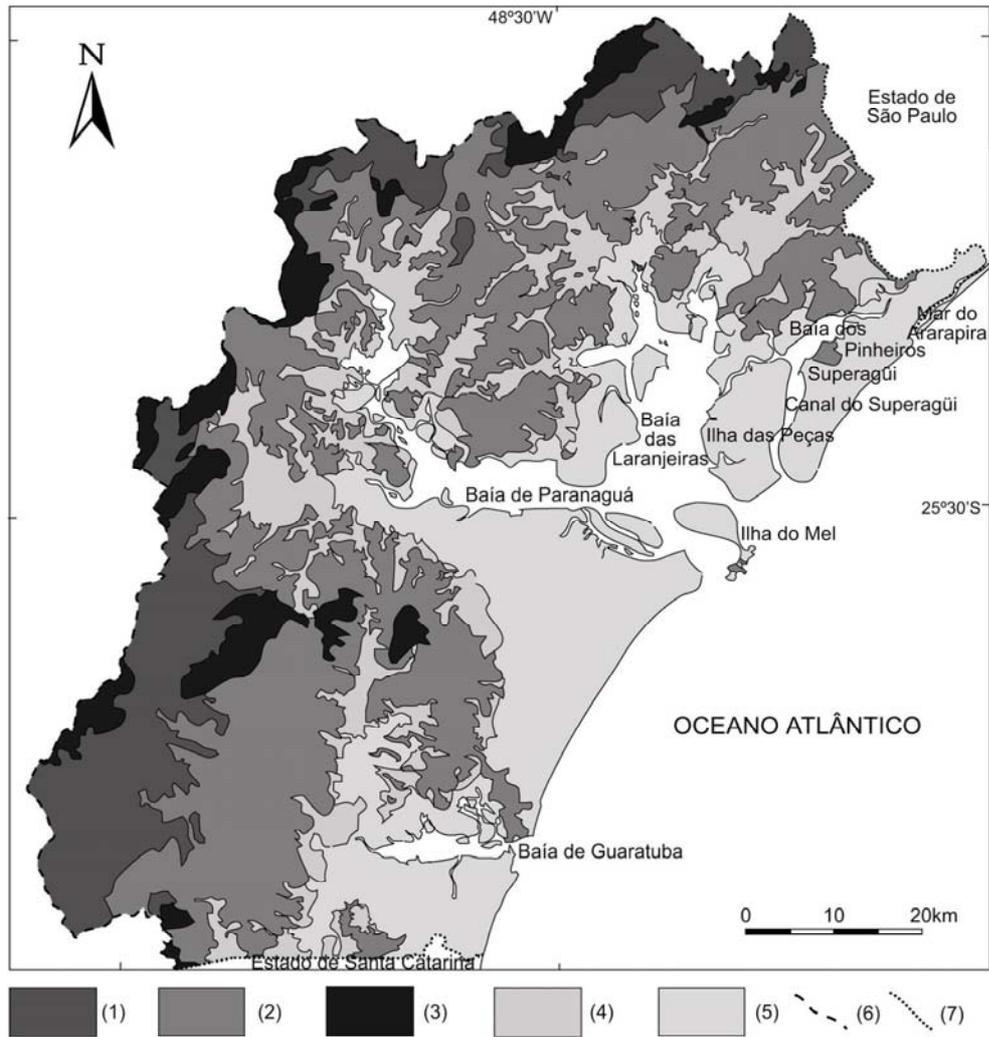
vales maiores. A orientação NW coincide com a orientação das intrusivas mesozóicas, que se apresentam na forma de um enxame de diques paralelos. A maior concentração de diques ocorre na parte central da região, aproximadamente na área da Baía de Paranaguá, e coincide com o eixo do Arco de Ponta Grossa. Essa direção é mais evidente nas cristas e vales menores.

A planície litorânea ou planície costeira corresponde à *orla marinha*, de LOUREIRO FERNANDES (1947) e a *sub-zona das planícies litorâneas*, de MAACK (1968). Ela se estende desde o sopé da Serra até o oceano, tem comprimento de aproximadamente 90 km, largura máxima em torno de 55 km (na região de Paranaguá) e altitudes inferiores a 20 m. Ela é constituída principalmente por depósitos sedimentares costeiros Quaternários (ver item 4.1.5.3) que ainda conservam, total ou parcialmente, as feições morfológicas originadas durante sua deposição, notadamente os cordões litorâneos, que correspondem a antigas linhas de praias e dunas frontais.

Um perfil topográfico-geológico transversal à planície costeira de Paranaguá evidencia que ela é composta por terraços com altitude máxima em torno de 10 m a noroeste que vai diminuindo em direção ao mar até alcançar altitude de 3 a 4 m (Figura 4.1.7-II).

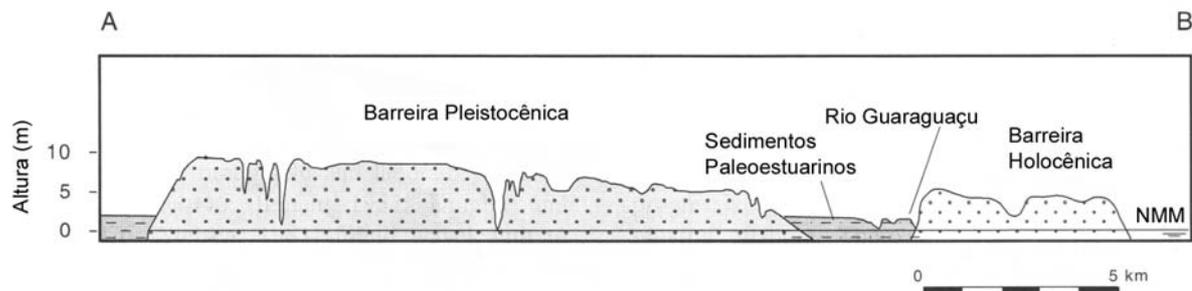
Os terraços mais elevados, formados no Pleistoceno, apresentam pequenos vales encaixados que foram escavados no final do Pleistoceno e início do Holoceno quando o nível do mar era em torno de 100 m inferior ao atual. Em outros locais da planície estes vales foram parcialmente preenchidos por sedimentos estuarinos durante o máximo da elevação do nível do mar no Holoceno. A planícies mais baixas entre os terraços também correspondem a sedimentos estuarinos depositados durante o Holoceno quando o mar tinha níveis superiores ao atual.

Completam a morfologia da região costeira colina e morros sustentados por rochas do escudo ou por sedimentos continentais Cenozóicos, tais como os pertencentes à Formação Alexandra.



Fonte: ANGULO, 1999

Figura 4.1.7-I – Principais unidades geomorfológicas da região litorânea do Estado do Paraná: (1) planaltos; (2) serras originadas por dissecação de borda de planalto; (3) serras originadas por erosão diferencial; (4) talus, leques aluviais e planícies aluviais; (5) planície costeira; (6) divisor de águas; (7) limite interestadual



Fonte: LESSA et al., 2000

Figura 4.1.7-II – Perfil topográfico transversal da planície costeira de Paranaguá (para localização ver Figura 4.1.7-I) e base geológica dos depósitos sedimentares quaternários como mapeados em superfície

## **4.1.8 Geotecnia**

### **4.1.8.1 Generalidades**

Os materiais presentes na região costeira apresentam-se extremamente variados, razão porque, apenas algumas observações gerais podem ser efetuadas, no que respeita às suas qualidades e comportamentos geotécnicos, em obras portuárias.

### **4.1.8.2 Sedimentos submersos (atuais)**

Os sedimentos presentes na Baía de Paranaguá e em todo o CEP, como descrito em 4.1.6.2.6, variam, de materiais de muito boas a péssimas, qualidades geotécnicas. Assim, materiais arenosos, de granulometria grosseira, possuem excelente poder de suporte (mercê de seu elevado atrito interno), não apresentam plasticidade e são, conseqüentemente, inertes à ação da água. Por outro lado, não apresentam coesão, o que resulta em elevada sensibilidade à erosão. Assim sendo, necessitam de confinamento para poderem desenvolver suas boas qualidades, o que é obtido, por exemplo, no caso de aterros em portos, pela execução de estruturas tipo cais e ou enrocamentos.

Os materiais mais finos, como areias finas, siltes e argilas, particularmente as orgânicas, possuem comportamentos que variam de regulares a péssimos. Assim, areias finas possuem as qualidades negativas presentes em todas as areias e não possuem, no mesmo grau, as suas qualidades; argilas são caracterizadas por sua coesão, que representa um elemento importante em sua resistência ao cisalhamento, mas, por outro lado, apresentam “defeitos” geotécnicos como a sensibilidade à ação da água: plasticidade, expansão etc. além de um atrito menos significativo. Os siltes apresentam, de modo geral, os defeitos presentes nos dois tipos anteriores de materiais e, as argilas orgânicas, costumam apresentar, ainda alta porosidade, baixo poder suporte, compressibilidade elevada etc.

### **4.1.8.3 Solos indiferenciados de mangue**

São caracterizados pela presença de materiais finos, argilosos, com elevado teor de matéria orgânica e dotados de uma estrutura altamente porosa, cujos poros se acham, em sua maioria, preenchidos por água. O seu emprego em obras de engenharia é absolutamente não indicado, tendo em vista, em primeiro lugar, o seu conteúdo orgânico, sujeito a oxidação e conseqüente modificação de características. Além disso, sua estrutura sensível é parcial ou completamente destruída, durante as operações de terraplenagem,

transformando-os em um lodo, praticamente um líquido, cuja resistência ao cisalhamento se aproxima de zero. A sua permanência *in situ*, por outro lado, como fundação, por exemplo de aterros de retroporto, implica na possibilidade de rupturas, às vezes desastrosas, sob a forma de “ondas” de material deslocado que podem atingir distâncias consideráveis, com conseqüente afundamento do aterro. Além disso, mesmo que não apresentem problemas de rupturas, sua extrema porosidade, saturação e baixa permeabilidade, resultam em redução de volume (recalques) que podem estender-se por tempos muito grandes, durante os quais, os aterros sobrepostos, sofrem deformações contínuas, prejudicando sua performance.

#### **4.1.8.4 Depósitos Continentais**

De acordo com o contido no item 4.1.5.3.1, os depósitos continentais incluem: a Formação Alexandra, leques e cones aluviais, depósitos de talus e de colúvios e sedimentos fluviais. Os litotipos da Formação Alexandra são bastante variáveis, indo desde cascalhos até argilas, lamas e linhito, passando por areias arcoseanas e assim sendo, suas propriedades geotécnicas são, também, muito variáveis. Os materiais mais granulares (cascalhos e areias arcoseanas) apresentam comportamentos melhores que os finos, conforme acima exposto; as areias arcoseanas, particularmente, apresentam a vantagem de possuírem uma granulometria bem graduada. Já o linhito, dado ser de natureza orgânica, como também acima exposto, é absolutamente imprestável do ponto de vista geotécnico.

Os leques e cones aluviais, colúvios e depósitos de talus apresentam condições geotécnicas similares aos da Formação Alexandra, com o agravante de serem mais heterogêneos granulometricamente e com proporções mais variáveis; os últimos (colúvios e talus) apresentam ainda uma condição de estabilidade *in situ*, bastante precária, dada sua própria condição de formação.

Os depósitos fluviais apresentam comportamentos similares aos submersos (item 4.1.8.2).

#### **4.1.8.5 Sedimentos Costeiros**

Incluem, conforme exposto em 4.1.5.3.2, planícies costeiras com cordões litorâneos, planícies costeiras paleo-estuarinas, planícies costeiras de maré, dunas, depressões intercordões e praias atuais.

Todos esses corpos caracterizam-se por serem predominantemente arenosos, ordinariamente de granulometria fina, ainda que as planícies paleo-estuarinas e, principalmente as planícies de maré, incluam sedimentos argilosos com matéria orgânica.

Assim sendo, seu comportamento geotécnico irá depender de sua natureza, tal como acima descrito.

#### **4.1.8.6 Complexos do Proterozóico Inferior (Cachoeira, Metamórfico Indiferenciado e Gnáissico-migmatítico)**

O Complexo Cachoeira, como descrito em 4.1.5.2.2.1, apresenta-se constituído, basicamente, de rochas gnáissicas, incluindo enclaves de rochas metabásicas e zonas de rochas catacladas, além de quartzitos e xistos. Do ponto de vista de seu emprego, como materiais de construção, os gnaisses e, com menor qualidade, algumas rochas metabásicas podem ser utilizadas como agregados para concretos, pavimentos e enrocamentos. Os quartzitos, na dependência do seu teor em finos, prestam-se à utilização em camadas nobres de pavimentos: base e sub-base. As rochas xistosas são de má a péssima qualidade, devendo, em princípio, serem descartadas, para qualquer emprego. Os solos derivados dessas rochas, do mesmo modo, variam de bons a péssimos, na dependência de suas rochas mães: quartzitos fornecem, usualmente, excelentes solos, com elevado poder suporte e baixa sensibilidade a água, enquanto que os xistos resultam em solos argilo-sericíticos, de alta plasticidade e baixo atrito interno. Os demais materiais têm comportamentos intermediários, na dependência do teor de quartzo, granulometria deste, estágio de alteração e pedogênese, etc.

O Complexo Metamórfico Indiferenciado inclui gnaisses e rochas básicas e ultrabásicas (peridotitos e piroxenitos) e seus termos retrometamórficos: xistos magnesianos, metaperidotitos e serpentinitos (item 4.1.5.2.2.2). Desses materiais, do mesmo modo que no caso do Complexo Cachoeira, do ponto de vista de emprego como material de construção, os melhores são os gnaisses, seguindo-se as ultrabásicas; os xistos devem ser evitados por suas más qualidades acima descritas. No que respeita aos solos residuais, delas derivados, valem as mesmas observações feitas para o caso do Complexo Cachoeira.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico inclui, basicamente, migmatitos e granitos (item 4.1.5.2.2.3). Destes, os melhores agregados para construção civil, concreto e enrocamento, são fornecidos pelos granitos, principalmente os de granulometria não muito grosseira. Os migmatitos são tanto melhores, geotecnicamente, quanto menos heterogêneos, isto é, quanto mais se aproximam de rochas graníticas, textural e estruturalmente. Os solos residuais de rochas graníticas, do mesmo modo, são usualmente superiores, geotecnicamente, aos de migmatitos, mas neste caso, quanto mais grosseira a granulação

da rocha original e quanto mais elevado o teor em quartzo, melhores características são infundidas aos solos.

A Suíte Álcali-Granitos (item 4.1.5.2.2.4) é composta, como o nome o indica, por granitos de natureza alcalina, valendo, conseqüentemente, para ela, as mesmas observações feitas acima acerca das rochas e os solos residuais oriundos dessas rochas.

Finalmente, as rochas da chamada Seqüência Intrusiva (item 4.1.5.2.2.5), incluem basaltos, diabásios, gabros e dioritos pórfiros, rochas essas que pouco diferem, em seu comportamento geotécnico, umas das outras. Apresentam, geralmente, elevada resistência à abrasão (superior à dos granitos) e grande tenacidade, particularmente as de granulometria mais fina e homogênea (diabásios e basaltos). Na dependência de sua história de cristalização, entretanto, podem apresentar teores consideráveis de vidro e ou de eventos posteriores de alteração hidrotermal e ou pneumatolítica, de minerais argilosos expansivos, que as tornam bastante suscetíveis aos processos superficiais de meteorização, caso em que apresentam pouca longevidade e só podem ser empregadas com muito cuidado.

#### **4.1.9 Recursos Minerais**

##### **4.1.9.1 Introdução**

Os bens minerais possuem importância significativa para a sociedade, pois estão intimamente ligados ao crescimento socioeconômico, constituindo a base do processo produtivo. A indústria da mineração oferta, para a sociedade, os recursos minerais essenciais ao seu desenvolvimento, sendo que a intensidade com que estes são consumidos é indicativa do crescimento socioeconômico. Em suma, há uma relação direta entre desenvolvimento econômico, qualidade de vida e consumo de bens minerais.

Por outro lado, as atividades extrativas implicam modificações rápidas, contribuindo para as alterações do ecossistema. Entretanto, como se trata de ações antrópicas, podem ser previstas e ao mesmo tempo planejadas, a fim de compatibilizar a necessidade de extração mineral com a preservação do meio ambiente (GIUSTI, 1996).

##### **4.1.9.2 Potencialidades Minerais nas Áreas de Influência**

Segundo levantamentos da MINEROPAR (*op. cit.*) a variedade litológica contida na All oferece potencialidades minerais, dentre elas:

#### 4.1.9.2.1 MINERAIS NÃO METÁLICOS

**Argilas** – Argilo-minerais são formados por alteração hidrotermal ou intempérica, a partir de minerais pré-existentes. Os tipos de depósitos podem ser residuais e transportados, podendo ser encontrados em áreas planas e em relevos acentuados. As argilas transportadas associam-se diretamente com os sedimentos aluviais. Os tipos residuais situam-se ao nível do lençol freático, em zonas aluviais ou próximo destas e, também, em áreas elevadas. São os produtos de alteração das rochas subjacentes. Cada tipo de argila pode dar ensejo à fabricação de produtos específicos, como: telhas, tijolos, manilhas, produtos refratários, cargas minerais, etc.

**Areias** – Podem ser definidas como uma massa mineral inconsolidada, com alto teor em sílica ( $\text{SiO}_2$ ), predominantemente sob a estrutura cristalina de quartzo, cujas formas e texturas superficiais podem variar amplamente, enquadrando-se numa faixa granulométrica, entre 2,0 e 0,062 mm. Seus depósitos estão associados diretamente com leitos de rios, planícies aluviais e costeiras, resultantes que são da alteração de rochas ricas em quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e deposição de sedimentos arenosos de origem marinha (Foto 4.1.9.2.1-1). Os usos podem se estender da construção civil até usos industriais, tais como fundentes, abrasivos, etc.



*Foto 4.1.9.2.1-1 – Exploração de areia em Paranaguá*

**Talco** – É um silicato de magnésio hidratado, de origem secundária. Caracteriza-se por sua clivagem, dureza muito baixa e maciez ao tato. Adquire cores em tons de verde, cinza, vermelho e branco. É também conhecido pelos nomes de esteatita e pedra sabão. No município de Antonina, próximo ao Porto de Antonina, afloram lentes de talco-xistos

intercalados nos migmatitos regionais, apresentando cor cinza esverdeada e xistosidade bem marcada. Amostras desses locais, após testes cerâmicos em laboratório, mostram que esses corpos possuem qualificação para utilização na fabricação de inseticidas e em cerâmicas de revestimento, principalmente pisos e azulejos. Podem ser utilizados também como material para escultura e artesanato em geral.

**Turfas** – A turfa representa o primeiro estágio de humificação de restos vegetais em ambientes saturados d'água. Em seus estágios iniciais de evolução ainda podem ser identificados troncos, raízes e fibras vegetais. Já em estágios mais evoluídos, a matéria orgânica ocorre disseminada, lembrando lamas coloidais, negras e plásticas. Originaram-se em antigas zonas alagadiças com acúmulos de restos vegetais, em decomposição durante milhares de anos. Essas áreas, lagunares no início, sofreram gradual ressecação, criando-se assim, condições favoráveis ao desenvolvimento desses depósitos. Podem ser utilizadas para a geração de energia (material combustível fóssil) e como matéria orgânica a ser incorporada ao solo, depois da correção do seu pH, sob a forma de adubos orgânicos.

#### **4.1.9.2.2 MINERAIS METÁLICOS**

**Ouro** – A primeira citação oficial sobre ouro no Paraná data de 1590 e refere-se à descoberta de ouro aluvionar (depósitos secundários) em Paranaguá, em 1578. Consta que desde 1516 se lavava cascalho para a retirada de ouro, no litoral sul do Paraná. Vale a pena ressaltar que os principais aluviões da região foram intensamente explorados no passado e praticamente esgotados. O potencial de ouro remanescente, portanto, é ouro primário, associado com as litologias das seqüências estratigráficas mais antigas.

**Areias pesadas** – O termo “areias pesadas” é aqui utilizado para designar uma associação mineralógica que engloba ilmenita, zirconita, rutilo e monazita. Os produtos resultantes do tratamento químico dos minerais pesados têm ampla utilização industrial, destacando-se: na elaboração de eletrodos para soldas, no tratamento de águas para caldeiras, na composição e polimento de vidros óticos, em metalurgia (obtenção de ligas especiais), na fabricação de pigmentos, como agente aditivo na indústria cerâmica, etc. Esses minerais pesados ocorrem, principalmente, nas ilhas Rasa e do Mel, associados a sedimentos arenosos inconsolidados, de origem marinha. A mineralização coincide com os altos topográficos dos cordões litorâneos, subparalelos à linha de praia. A exploração econômica dessas áreas, entretanto, é bastante dificultado em razão de serem, muitas delas protegidas por lei, tal como a Estação Ecológica da Ilha do Mel.

#### **4.1.9.2.3 OUTRAS SUBSTÂNCIAS**

**Cascalhos** – São fragmentos de rochas, arredondados e inconsolidados, consistindo predominantemente de partículas maiores que areia. Ocorrem nos leitos ativos e abandonados dos rios litorâneos, resultantes de processos de desagregação, transporte e retrabalhamento de rochas situadas à montante. Podem ser utilizados na construção e manutenção de estradas e obras de construção civil diversas.

**Conchas calcárias** – As conchas (provenientes de organismos marinhos destacando-se as ostras, mexilhões e bivalves, entre outros) se acumulam em pequenas lentes ao longo das praias ou formam depósitos consideráveis em lagunas, paleolagunas e baías. São fontes de calcário e cálcio, que podem ser utilizados na fabricação de alimentos (suplementos, ração animal, etc), corretivo de solo, cosméticos, borracha, PVC, etc.

**Migmatitos** – Rochas metamórficas que representam, na realidade, uma mistura de rochas na qual, pelo menos, um componente é representado por material anatóxico derivado de fusão parcial. Podem ter estrutura muito variável, desde rocha maciça, homogênea, granitóide (diatexito) até a combinação heterogênea de duas ou mais fácies distintas (metatexito). Nestes, ocorrem fases rochosas mais escuras representando, normalmente, os relictos (paleossoma) não fundidos da rocha original e fases mais félsicas representando a parte fundida (neossoma). Podem ser utilizados na construção e manutenção de estradas e obras de construção civil diversas, bem como rochas ornamentais (blocos, ladrilhos, chapas polidas, soleiras e rodapés padronizados, etc), dependendo das qualidades da rocha, tais como constituição mineralógica, grau de fraturamento, textura, granulação, estrutura e grau de alteração.

**Granitos** - Rochas plutônicas supersaturadas compostas essencialmente por quartzo e feldspatos (K-feldspato predominando sobre feldspato plagioclásio), aos quais, freqüentemente, associam-se em quantidades bem menores, minerais máficos, como a biotita, ou félsicos como a muscovita. Do mesmo modo que os migmatitos, podem ser utilizados na construção e manutenção de estradas e obras civis diversas, bem como rochas ornamentais (blocos, ladrilhos, chapas polidas, soleiras e rodapés padronizados, etc), na dependência das qualidades que exibam constituição mineralógica, grau de fraturamento, textura, granulação, estrutura e grau de alteração.

Caixas de empréstimo e jazidas de solo em solos residuais não necessitam de autorização do DNPM para exploração, dependendo apenas de licenciamento pela prefeitura municipal onde se localiza a jazida (GIUSTI, *op. cit.*). Vale ressaltar que são necessários estudos mais detalhados de cada substância e o contexto geológico na qual a(s) mesma(s) é(são) encontrada(s), para determinar sua viabilidade econômica.

#### 4.1.9.3 Substâncias Mineraias Exploradas nas Áreas de Influência

Segundo levantamento efetuado junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), nas áreas de Influência Direta e Indireta existem diversos processos em tramitação, referentes a licenças de pesquisa e exploração de substâncias como: água mineral, areia, areia industrial, argila, argila refratária, cascalho, concha calcária, granito, granito para revestimento, ilmenita, migmatito, ouro, quartzito, quartzito verde, saibro, turfa. Os dados aqui apresentados referem-se às lavras existentes, decretos de lavras e requerimentos de pesquisa protocolados até 31 de março do ano corrente, dados estes que poderão estar desatualizados, por ocasião de análise do presente EIA-RIMA, em função das constantes mudanças nas concessões das áreas.

Na Figura 4.1.9.3-I estão plotadas as áreas requeridas para exploração mineral. Maiores informações sobre essas substâncias, tais como, número do processo mineiro, situação, município entre outras podem ser obtidas no Quadro 4.1.9.3-A.

Figura 4.1.9.3-I – MF-02: Mapa Recursos Minerais

Quadro 4.1.9.3-A: Processos Mineiros nas Áreas de Influência

Processo	Ano	Requerente	Substância	Município	Último Evento
826495	2000	Pedro Barros de Araújo	Areia, Turfa, Conchas Calcárias	Paranaguá	Req. Pesq./Documento diverso protocolizado - 05/10/2001
820481	1984	Doris Becke Machado Freitas	Ilmenita, Ouro	Antonina	Req. Lav./Documento diverso protolizado - 18/02/2004
826345	2000	Pedro Barros de Araújo	Areia, Turfa, Conchas Calcárias	Antonina/Morretes/ Paranaguá	Req. Pesq./Pedido Recons. contra Indef. protocolizado - 05/10/2001
826658	2001	Ricardo Theodocio Athanasio	Areia, Turfa	Paranaguá	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 27/01/2004
826427	1996	Ismael de Freitas	Saibro	Morretes	Req. Lav./Requerimento Lavra protocolizado - 20/11/2003
826212	2002	Ismael de Freitas	Argila Refratária	Morretes	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 31/07/2003
826216	1999	Comércio de Areia Saquarema Ltda	Saibro	Morretes	Aut. Pesq./Rel. Pesq. aprov. c/Reduc. Área publicado - 25/04/2003
826346	2000	Pedro Barros de Araújo	Quartzito, Saibro, Granito p/ Revest., Quartzito Verde	Morretes	Req. Pesq./Pedido Recons. contra Indef. protocolizado - 05/10/2001
826356	2002	Daniel Gonçalves Filho	Água Mineral	Morretes	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 02/07/2003
820619	1985	Marmoraria Água Verde Ltda	Granito	Paranaguá	Req. Lav./Área Bloqueada Art 42 Cm publicado - 27/05/2003
803380	1974	Morro Branco Mineração Ltda	Granito	Paranaguá	Conc. Lav./Documento diverso protocolizado - 12/11/2003
826370	2002	Anibal Souza Lopes	Granito	Paranaguá	Aut. Pesq./Documento diverso protocolizado - 19/03/2004
821009	1987	Sepamar Serraria Paranaense Marm.	Granito	Paranaguá	Req. Pesq./Área Bloqueada Art 42 Cm publicado - 26/02/2003
826465	1998	Mica Mineração Capuava Ltda	Granito	Paranaguá	Disponib./Consid. Prior Disp. Art 26 Cm publicado - 06/09/2001
826295	2002	Comércio De Areia Saquarema Ltda	Areia, Argila Refratária	Morretes/Paranaguá	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 31/07/2003
826232	2002	Comércio de Areia Saquarema Ltda	Areia, Argila Refratária	Morretes/Paranaguá	Aut. Pesq./Pagamento da Tah Efetuado - 31/07/2003
826036	1999	Pedro Alves Pires Neto	Areia, Turfa	Morretes/Paranaguá	Aut. Pesq./Documento Diverso protocolizado - 26/08/2003
826093	2000	Construtora Serra da Prata Ltda	Ouro	Paranaguá	Aut. Pesq./Recurso Apresentado protocolizado - 26/09/2002
821431	1987	Redram Construtora de Obras Ltda	Turfa, Areia Industrial	Paranaguá	Disponib./Documento Diverso protocolizado - 15/03/2004
826153	2003	Guilherme Luiz Scariot - Me	Argila Refratária	Paranaguá	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 28/01/2004
826363	1998	Transportadora Ajv Ltda Me	Areia	Paranaguá	Aut. Pesq./Relatório Final Pesq. apresentado - 13/12/2001
826334	2002	Rubens Antônio Rocha & Cia Ltda	Areia	Paranaguá	Aut. Pesq./Rel Pesq. aprov. c/Reduc Área publicado - 09/09/2003
826400	2000	Ângela Maria Pires Leandro - Fi	Areia	Paranaguá	Aut. Pesq./Rel. Pesq. aprov. Art 30 I Cm publicado - 25/03/2004
826065	2004	Fecajo Locadora de Máq. E Equip. Ltda	Argila Refratária	Paranaguá	Req. Pesq./Req. Pesq. completo protocolizado - 12/02/2004
826253	1992	João Eugenio Dagostin	Argila	Paranaguá	Req. Lav./Solicita Prorrog. prazo exigência - 08/12/2003
826336	2002	Pedro Alves Pires Netto	Areia	Paranaguá	Aut. Pesq./Rel. Pesq. aprov. Art 30 I Cm publicado - 25/03/2004
826364	1998	Maria Simone Sary Rocha	Areia	Paranaguá	Aut. Pesq./Rel. Pesq. aprov. c/Reduc. Área publicado - 09/09/2003

**AMPLIAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DA ESTRUTURA PORTUÁRIA DA APPA**

Processo	Ano	Requerente	Substância	Município	Último Evento
826335	2002	Excolin Extração e Com. de Areia Ltda	Areia	Paranaguá	Aut. Pesq./Rel. Pesq. aprov. Art 30 I Cm publicado - 12/11/2003
820677	1981	Pedreira Serra da Prata Ltda	Migmatito	Paranaguá	Conc. Lav./Documento diverso protocolizado - 17/03/2004
826276	2002	Alzemiro Strapassola	Areia, Argila Refratária	Paranaguá	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 24/07/2003
826574	2002	VMM - Valadares Minerais Met. Ind. e Com. Ltda	Areia	Morretes	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 03/01/2003
826113	2003	Areal Rio Nhundiaquara	Areia	Morretes	Licen./Licenciamento Autorizado publicado - 13/03/2003
826168	1992	Pedro Foltran	Areia	Morretes	Licen./Licenciamento Autorizado publicado - 18/03/2004
826618	2002	Pedro Foltran	Areia	Morretes	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 14/01/2004
826254	2003	Gnatta e Bolzon Ltda	Areia	Morretes	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 09/01/2004
826661	2003	Manoel da Rocha	Saibro	Antonina	Req. Pesq./Req. Pesq. Completo protocolizado - 20/11/2003
826369	2002	Lúcio Irajá Furtado	Migmatito	Antonina	Aut. Pesq./Alvará de Pesquisa 02 Anos publicado - 03/03/2004
826126	1999	Bubalinohaus Ind.Com. Alimentos Ltda	Argila, Cascalho, Saibro	Antonina	Licen./Exigência Publicada - 20/09/2000
826666	2003	Manoel da Rocha	Saibro	Antonina	Req. Pesq./Req. Pesq. Completo protocolizado - 25/11/2003
826082	2003	Nelson Julez Vizini Bertazzoni	Cascalho, Argila Refratária	Morretes	Aut. Pesq./Pagamento da Tah efetuado - 29/01/2004
826234	1998	Garcia Terraplenagem Ltda	Areia	Paranaguá/Pontal do Paraná	Aut. Pesq./Guia de Utilização autorizada - 02/05/2001
826269	2000	Garcia Terraplenagem Ltda	Areia	Paranaguá/Pontal do Paraná	Aut. Pesq./Instaur. Cad./Nulid. Alvará publicado - 26/02/2003
820761	1981	Mineropar Sociedade Auxiliar de Geologia Ltda	Ilmenita, Ouro	Morretes	Aut. Pesq./Averb. Incorp./Cessão Alvará efetiv. - 31/01/1991
826170	2002	Paulo Roberto Orso	Areia, Turfa	Paranaguá/Pontal do Paraná	Aut Pesq./Pagamento Da Tah Efetuado - 17/07/2003
826356	2002	Daniel Gonçalves Filho	Água Mineral	Morretes	Aut Pesq./Pagamento Da Tah Efetuado - 02/07/2003
826239	1998	Paulo Roberto Orso	Areia	Paranaguá	Aut Pesq./Rel Pesq Aprov Art 30 I Cm Publicado - 21/08/2003
826027	2001	Jackson Natal Jansen	Areia	Pontal do Paraná	Aut Pesq./Auto Infração Multa Publicada - 08/03/2002
826575	2002	Joaquim R. Ribeiro & Cia Ltda	Areia	Pontal do Paraná	Licen./Licenciamento Autorizado Publicado - 13/03/2003

Fonte: DNPM, 2004

#### 4.1.10 Pedologia

Os estudos foram conduzidos em nível de levantamento esquemático, correlacionando os atributos e perfis diagnósticos encontrados em campo, seguindo os critérios de classificação de solos do Centro Nacional de Pesquisas de Solos – CNPS/EMBRAPA (EMBRAPA, 1999) e com base no Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Litoral do Estado do Paraná, realizado pela EMBRAPA (1977).

Foi elaborada a classificação pedológica até o segundo nível categórico (ordens e subordens) para as áreas de influência.

##### 4.1.10.1 Tipos de Solos

A descrição das classes dos solos tomou como base o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA (1999), procurando alcançar o 2.º nível categórico do sistema, ou seja, o de subordens. O resultado desse trabalho consta no Quadro 4.1.10.1-A e no Mapa Pedológico MF-02 (Figura 4.1.10.1-I), onde são apresentadas as descrições das unidades taxonômicas, simples ou compostas (associações), encontradas.

Quadro 4.1.10.1-A: Unidades Taxonômicas Utilizadas

Simbologia	Unidades Taxonômicas
SM	Solos Indiscriminados de Mangue
Af	Associação de AFLORAMENTO DE ROCHA + NEOSSOLOS LITÓLICOS
EK	ESPODOSSOLOS CÁRBICOS
LVA	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS
CX	CAMBISSOLOS HÁPLICOS
CX1	Associação de CAMBISSOLOS HÁPLICOS + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS
PVA	ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS
PVA1	Associação de ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS + GLEISSOLOS HÁPLICOS
Tt	Tipos de Terreno

Fonte: EMBRAPA, 1999

Figura 4.1.10.1-I - Mapa Pedologia

#### 4.1.10.1.1 SM – SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE

Na porção frontal à baía, predominam os denominados Solos Indiscriminados de Mangue (SM). São solos com características minerais, predominantemente halomórficos (presença de sais), hidromórficos e de profundidade limitada pela altura do lençol freático (EMBRAPA, 1984). Estes ambientes têm sua origem relacionada a processos de transporte e deposição flúvio-marinha e estão presentes em situações específicas, de baixa energia, normalmente na foz de rios sob influência de marés, ou na borda de estuários marinhos, onde as águas são mais calmas e o litoral é lodoso. A diminuição da corrente de água favorece a deposição de sedimentos finos argilosos ou argilo-siltosos, mas não exclui a possibilidade da presença de depósitos arenosos. São, conseqüentemente, solos de textura variável e com conteúdo, também variável, de sais, principalmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{K}^+$ , além de outros. A concentração destes sais no solo também é dependente da maior ou menor influência da água do mar (EMBRAPA, 1984). Os solos que compõe os ambientes de mangue não adquirem estabilidade estrutural devido ao constante fluxo e refluxo das marés, permanecendo com consistência semifluídica, o que lhes confere extrema fragilidade ambiental. Esses solos estão distribuídos em duas classes: GLEISSOLOS e ORGANOSSOLOS (CURCIO, *no prelo*).

GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS – são solos minerais hidromórficos, constituídos por horizonte glei 50 cm abaixo da superfície do solo, ou imediatamente abaixo de horizonte A ou H, com menos de 40 cm de espessura. Necessita da presença de horizonte sulfúrico e ou materiais sulfídricos 100 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1999).

ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS – possuem volume orgânico superior a 40 cm de espessura, assente sobre camadas minerais (areno-siltico-argilosas), onde o volume orgânico é constituído por horizontes hísticos (H). Requer a presença de horizonte hístico e ou materiais sulfídricos dentro de 100 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1999).



*Foto 4.1.10.1.1-1 – Aspecto do interior da vegetação de mangue. Os solos presentes nesses ambientes não adquirem estabilidade estrutural devido à ação das marés*



*Foto 4.1.10.1.1-2 – Visão geral do mangue existente ao lado do Porto de Paranaguá. Esta formação desenvolve-se em solos de profundidade limitada pela altura do lençol freático*

#### **4.1.10.1.2 AF – ASSOCIAÇÃO DE AFLORAMENTO DE ROCHA + NEOSSOLOS LITÓLICOS (SOLOS LITÓLICOS)**

Esta associação, como o indica o título, inclui afloramentos de rocha e os NEOSSOLOS LITÓLICOS, descritos a seguir.

São solos não hidromórficos, rasos, com horizonte A ou O hístico, com menos de 40 cm de espessura, assente diretamente sobre rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais, de sua massa, constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Ocorrem, geralmente, em relevo forte ondulado e montanhoso e podem originar-se dos mais variados materiais, razão pela qual podem apresentar características morfológicas, físicas e químicas bastante variadas (EMBRAPA, 1999). São muito suscetíveis à erosão e apresentam fortes limitações quanto à mecanização. Podem ter baixa capacidade de armazenamento de água, principalmente nas áreas mais declivosas, não sendo indicadas para agricultura (RACHWAL; CURCIO, *no prelo*). Podem ter textura média e argilosa, com ou sem cascalhos, sendo que algumas vezes são pedregosos e rochosos. Sua conservação e conseqüente equilíbrio ambiental são totalmente dependentes da cobertura vegetal natural (RACHWAL; CURCIO, *no prelo*).



*Foto 4.1.10.1.2-1 – Aspecto dos NEOSSOLOS LITÓLICOS. Estes solos desenvolvem-se diretamente sobre rocha sendo muito suscetíveis a erosão*



*Foto 4.1.10.1.2-2 – Visão da vegetação desenvolvida em ilha com NEOSSOLOS LITÓLICOS*

#### **4.1.10.1.3 EK - ESPODOSSOLOS CÁRBICOS**

Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B espódico, com acúmulo de carbono orgânico e alumínio, presença só de horizonte Bh, subjacente a horizonte eluvial E (álbico ou não), ou subjacente a horizonte A, que pode ser de qualquer tipo, ou ainda, subjacente a horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura. Apresentam, usualmente, seqüência de horizontes A, E, Bh e C, com nítida diferenciação de horizontes (EMBRAPA, 1999). São solos cuja profundidade e drenagem são bastante variáveis e a textura é predominantemente arenosa. Estes solos são muito pobres, moderada a fortemente ácidos, normalmente com baixa saturação por bases, sendo desenvolvidos principalmente de materiais arenoquartzosos, sob condições de umidade elevada, em relevo plano, suave ondulado, áreas de surgente, abaciamentos e depressões (EMBRAPA, 1999). Em função de sua textura extremamente arenosa, determinam grande fragilidade ambiental e sua estabilidade está na íntima dependência da manutenção da cobertura vegetal original.



Foto 4.1.10.1.3-1 – Detalhe do horizonte eluvial E. Este horizonte de textura arenosa acima do horizonte B textural é característico dos ESPODOSSOLOS

#### **4.1.10.1.4 LVA – LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS**

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresentar mais que 150 cm de espessura. Possuem matiz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 1999). São considerados solos em avançado estado de intemperização, muito evoluídos, como resultado de energéticas transformações no material constitutivo. Estes solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo e têm capacidade de troca de cátions, baixa (EMBRAPA, 1999).

A fertilidade desses solos é variável e depende também do material de origem. Os ambientes ocupados por eles, em geral são bastante estáveis, mas nem por isso deve-se desconsiderar as questões relativas à erosão (RACHWAL; CURCIO, *no prelo*).

#### **4.1.10.1.5 CX - CAMBISSOLOS HÁPLICOS**

Compreendem solos não hidromórficos, constituídos por material mineral com horizonte B incipiente, de textura variável, imediatamente abaixo do horizonte A ou horizonte hístico com espessura inferior a 40 cm (EMBRAPA, 1999). Estes solos ocupam as superfícies quaternárias do holoceno, em cotas altimétricas não sujeitas a inundações freqüentes. Tem sua origem predominantemente relacionada a processos de dissecação da

Serra do Mar, com posterior transporte e deposição dos sedimentos na planície (CURCIO, *no prelo*) e determinam alta fragilidade ambiental quando rasos e declivosos e, nestas condições, as propriedades das rochas valorizam-se como um dos condicionantes para estabilidade do ecossistema (RACHWAL; CURCIO, *no prelo*). Quanto à fertilidade, são bastante variáveis e dependem do material de origem.



Foto 4.1.10.1.5-1 – Aspecto da vegetação desenvolvida sobre CAMBISSOLOS HÁPLICOS

#### **4.1.10.1.6 CX1 – ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSOLOS HÁPLICOS + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS**

Esta unidade de mapeamento inclui os já descritos CAMBISSOLOS HÁPLICOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS.

#### **4.1.10.1.7 PVA – ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS**

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural (Bt) com argila de atividade baixa, imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Apresentam seqüência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, sendo que o horizonte C é visto com menor freqüência. Possuem matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 1999). Apresentam textura binária, donde sobressai a composição média/argilosa o que, somado os seus relevos de ocorrência, bastante movimentados, confere-lhe elevada suscetibilidade à erosão (CURCIO, *no prelo*).

Estes solos têm alta aptidão para exploração agropecuária, desde que sejam manejados sob o enfoque conservacionista.

#### **4.1.10.1.8 PVA1 - ASSOCIAÇÃO DE ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS + GLEISSOLOS HÁPLICOS**

Esta associação inclui os já descritos ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS com os GLEISSOLOS HÁPLICOS. Os GLEISSOLOS HÁPLICOS são solos minerais hidromórficos, constituídos por material mineral com horizonte glei abaixo do horizonte A moderado (EMBRAPA, 1999).

Sua textura é predominantemente argilosa, embora possa também ser identificada a média. A saturação por bases é baixa, com teores de alumínio trocável, médio a alto (CURCIO, *no prelo*).

#### **4.1.10.1.9 Tt - TIPOS DE TERRENO**

São os locais onde ocorreram intensas movimentações de solo de origem antrópica, como: despejo de entulhos, aterros e áreas urbanas. Nestas áreas, não existe continuidade pedológica entre os horizontes constituintes do perfil, não sendo possível seu enquadramento nas classes de solo.



*Foto 4.1.10.1.9-1 – Nas regiões urbanas o solo não apresenta continuidade pedológica entre os horizontes*

#### **4.1.10.2 Aptidão Agrícola dos Solos**

De modo geral os solos encontrados na região não urbana, no entorno do empreendimento, apresentam restrições físicas e ou legais para atividade agrícola, de modo que grande parte encontra-se coberta por vegetação nativa em vários estágios de desenvolvimento.

A seguir são apresentadas as unidades taxonômicas com suas respectivas aptidões e restrições para atividade agrícola.

##### **4.1.10.2.1 SM – SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE**

Os solos de mangue constituem um dos fatores fundamentais do ecossistema manguezal, devendo, desta forma, serem mantidos em estado natural, pois não podem ser utilizados para nenhuma outra atividade que não seja a preservação.



*Foto 4.1.10.2.1-1 – A estabilidade dos Solos Indiscriminados de Mangue depende da cobertura vegetal original*

##### **4.1.10.2.2 AF – ASSOCIAÇÃO DE AFLORAMENTO DE ROCHA + NEOSSOLOS LITÓLICOS (SOLOS LITÓLICOS); CX - CAMBISSOLOS HÁPLICOS; CX1 – ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSOLOS HÁPLICOS + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS**

Os solos pertencentes às unidades taxonômicas Af, CX e CX1 são geralmente rasos, com topografia ondulada e apresentam alta suscetibilidade à erosão. Com isso, possuem sérias restrições à mecanização e suas estabilidades dependem da cobertura vegetal

natural e, no caso das unidades CX e CX1, das propriedades das rochas de origem. Considerando estas limitações, estes solos não são adequados à agricultura.



*Foto 4.1.10.2.2-1 – Visão de uma área na qual o solo foi arrancado juntamente com as raízes de vegetação, pelo vento. Os NEOSSOLOS LITÓLICOS são extremamente frágeis e sua estabilidade depende da cobertura vegetal original*

#### **4.1.10.2.3 EK - ESPODOSSOLOS CÁRBICOS**

A classe EK, apesar de apresentar relevo plano, possui solos com baixa fertilidade e textura extremamente arenosa. Com isso, sua estabilidade é de íntima dependência da manutenção da cobertura vegetal original, não sendo, portanto, uma classe de solo com vocação agrícola.

#### **4.1.10.2.4 LVA – LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS**

Os solos enquadrados na unidade LVA apresentam, em geral, elevada estabilidade e fertilidade dependente do material de origem, sendo, portanto, bastante variável. Apesar de serem considerados como solos estáveis, as questões relativas à erosão não devem ser desconsideradas. A classe LVA, pode, portanto, ser utilizada para agricultura, desde que manejada com o enfoque conservacionista e nos locais onde seja legalmente possível.

#### **4.1.10.2.5 PVA – ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS; PVA1 - ASSOCIAÇÃO DE ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS + GLEISSOLOS HÁPLICOS**

Os solos pertencentes à unidade PVA, devido à diferença textural existente entre o horizonte A em relação ao B, possuem elevada suscetibilidade à erosão. Apesar dessa restrição, as áreas pertencentes à unidade PVA possuem alta aptidão para exploração agropecuária, desde que sejam manejadas da mesma forma que a unidade LVA: com um enfoque conservacionista e nos locais onde seja legalmente possível.

A unidade taxonômica PVA1 consiste em uma associação, na qual, devido às características das classes de solos que a compõem, a fertilidade é variável. Estas áreas possuem uma aptidão agrícola mediana.

#### **4.1.10.2.6 Tt - TIPOS DE TERRENO**

A unidade taxonômica Tt caracteriza os locais muito antropizados, onde a atividade agrícola é impraticável.

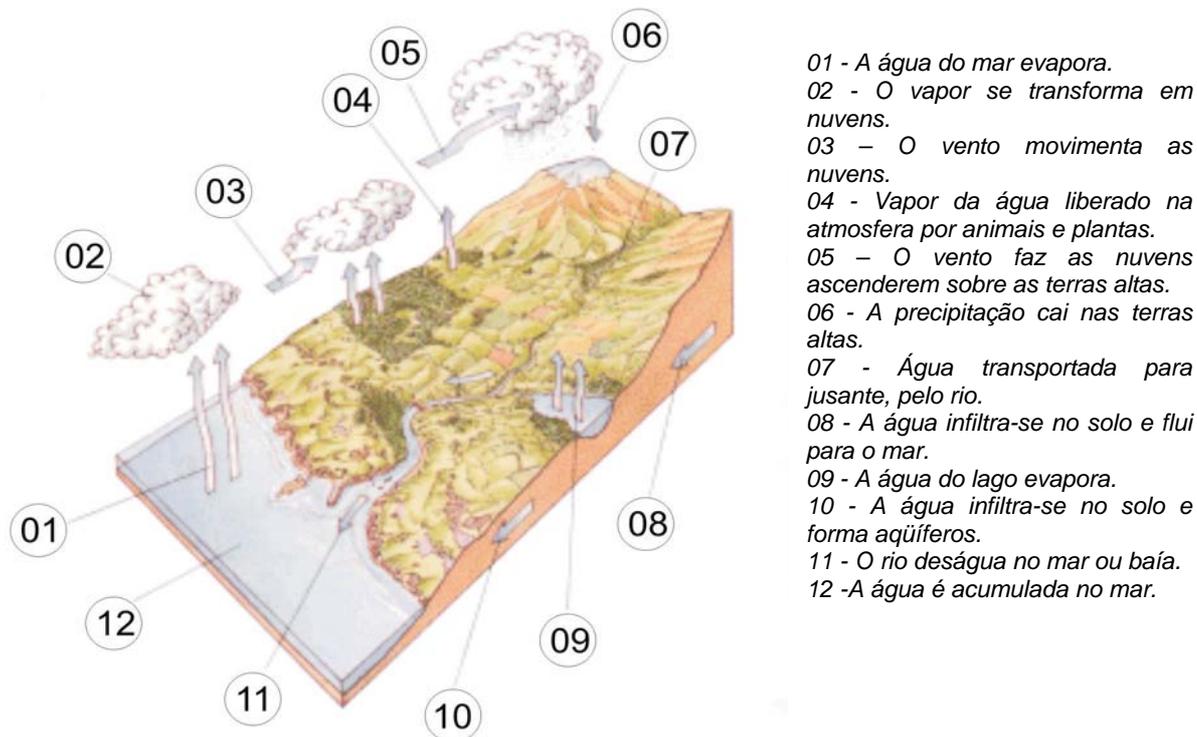


*Foto 4.1.10.2.6-1 – Detalhe de uma camada sub-superficial de calíça. Nesta unidade de mapeamento é comum encontrar restos de construções misturados ao solo*

## 4.1.11 Hidrogeologia

### 4.1.11.1 Aspectos Gerais

O movimento da água entre os continentes, oceanos e a atmosfera é chamado de ciclo hidrológico (Figura 4.1.11.1-I).



Fonte: Modificado de versão **on line** no site: [http://www.perfuradores.com.br/index.php?pg=info\\_cientificas&sub=info\\_cientificas\\_hd](http://www.perfuradores.com.br/index.php?pg=info_cientificas&sub=info_cientificas_hd)

Figura 4.1.11.1-I – Ciclo hidrológico

Segundo BIGARELLA (1978) a drenagem oriental do Estado do Paraná abrange uma região fisiográfica de dois tipos de compartimentos distintos: aqueles da baixada litorânea (planície litorânea) e aqueles da Serra do Mar. Trata-se de um sistema hidrográfico formado de pequenas bacias, limitadas a oeste pelas escarpas ou serras marginais, onde o relevo é bastante enérgico. Em princípio, a maioria dos rios tem suas nascentes distribuídas na encosta da serra e próximo aos topos, sob forma de riachos e córregos, tal como detalhado em 4.1.12.1.

Nas escarpas, como nos patamares situados em frente à Serra do Mar, a drenagem apresenta um padrão retangular predominante. Na faixa das encostas mais íngremes, a drenagem encontra-se encaixada nas linhas estruturais, que são linhas de fraqueza, originando profundos vales em V (BIGARELLA, *op. cit.*). Na área de estudo ocorrem duas

direções principais de orientação dos vales e cristas: uma é a direção NE-NNE, associada a linhas estruturais do Embasamento Cristalino, (que foram, provavelmente, reativadas em diversos estágios, ao longo da história geológica da região) e a outra é a orientação NW, associada aos diques básicos do Mesozóico, que aparecem em toda a área. Na planície litorânea os rios apresentam geralmente um padrão meandrante, com alta sinuosidade, do que resulta uma grande frequência de canais e meandros abandonados (GIUSTI, 1996). Recentemente formados, os cordões litorâneos, depositados desde o Pleistoceno, também orientam na direção NE, os cursos de água, na região de Pontal do Paraná.

A área de influência do empreendimento em tela é formada por dois tipos de aquíferos, com diferentes características hidrogeológicas e com aspectos litológicos e estruturais peculiares, a seguir discutido.

#### **4.1.11.2 Aquífero Fraturado**

Este aquífero é constituído por rochas dos Complexos Cachoeira, Gnáissico-Migmatítico e Metamórfico Indiferenciado, também conhecidos como o Embasamento Cristalino. Nestes conjuntos litológicos, a água circula na trama estrutural configurada pelas fraturas, de maneira irregular e relacionada ao grau de fraturamento do maciço rochoso. Segundo MAACK, 1968 (*apud* GIUSTI, 1996) é um sistema estrutural, com falhamentos escalonados que formam um meio poroso para a circulação de águas subterrâneas, podendo ser tratado como um aquífero regional, não obstante condições locais possam ser desfavoráveis para a exploração dessas águas.

A recarga do aquífero fraturado ou fissural é feita principalmente através da trama estrutural. Esta trama pode ser determinada através de fotografias aéreas e, como representa, em sua maior parte, linhas de fraqueza, podem ser inferidas no campo, através de vales pouco profundos, visto que os mesmos normalmente se encontram recobertos por colúvios e ou aluviões. As profundidades de ocorrência da água subterrânea neste tipo de aquífero, são extremamente variáveis, dependendo da profundidade em que é encontrada a rocha inalterada e do tipo de fratura que está superimposta, bem como do grau de anisotropia da mesma, representada, por exemplo, pela ocorrência de xistosidade e ou discontinuidades litológicas.

Considerando as várias faixas de vazões médias e o condicionamento geológico definido, as rochas do embasamento cristalino se caracterizam como os melhores aquíferos da região, com vazões nas faixas de 1,8 a 25,3 m<sup>3</sup>/h e média de 6,7 m<sup>3</sup>/h. Os migmatitos e gnaisses apresentam vazões que dependem de suas características estruturais e

constituições. Os migmatitos pegmatíticos são melhores produtores que os migmatitos aplíticos, inclusive apresentando, estes últimos, grande quantidade de poços nulos na região (GIUSTI, 1996).

#### **4.1.11.3 Aquíferos Sedimentares**

São constituídos por sedimentos flúvio-lagunares, flúvio-deltaicos e sedimentos marinhos recentes, de composição argilo-siltosa. A espessura desta capa sedimentar é bastante heterogênea, visto que os sedimentos quaternários apresentam variações nos perfis litológicos verticais e horizontais laterais, sendo configuradas como camadas de areia interdigitadas com material fino, argilas e siltitos (GIUSTI, 1996). Esses aquíferos podem ser livres ou confinados (Formação Alexandra). Ainda segundo (GIUSTI, *op. cit.*) a zona caracterizada pelos depósitos quaternários mostra duas freqüências de vazões variando de 0,5 a 8,2 m<sup>3</sup>/h e 13,8 a 19,8 m<sup>3</sup>/h. Os aquíferos sedimentares são classificados como “Livres” ou “Confinados” na dependência de se encontrarem sob condição de terem superfície superior livre (pressão atmosfera) ou confinado por litotipos impermeáveis (artesianos).

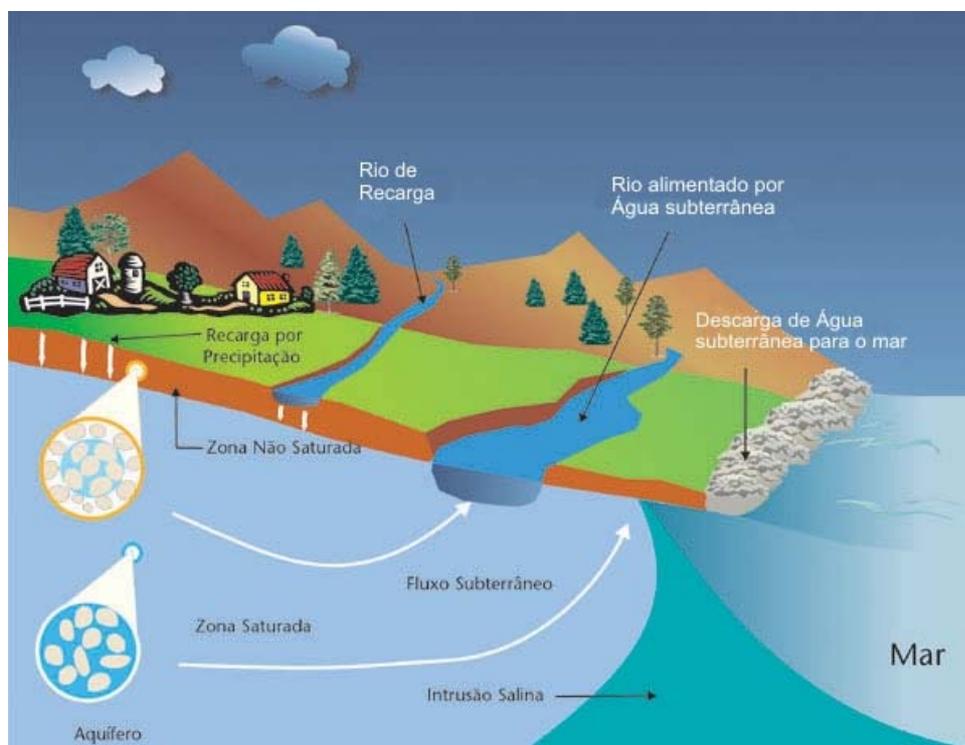
- Aquíferos livres – Aos depósitos holocênicos correspondem as melhores vazões, sendo considerados, para efeito de exploração como poços rasos. Devido às pequenas profundidades do lençol freático, são seguramente os mais importantes no abastecimento de populações de baixa renda.
- Aquíferos confinados – São configurados por lentes irregulares de areias grossas e cascalhos da Formação Alexandra. Esta Formação, por ser constituída predominantemente por argilas (BIGARELLA, 1965 *apud* GIUSTI, 1996), apresenta a maior incidência de poços com vazões nulas.

A alimentação e recarga natural destes aquíferos são feitas pelas chuvas e drenagens perenes ou intermitentes. O fluxo subterrâneo é na direção dos rios e do mar, visto que o último se constitui no nível de base regional. Segundo GIUSTI (*op. cit.*) a maior parte da região está sob condições freáticas ou semiconfinadas, enquanto que algumas áreas limitadas ficam sob pressão.

#### **4.1.11.4 A Exploração e a Qualidade das Águas Subterrâneas**

As águas dos aquíferos costeiros sofrem influência das águas salgadas, o que lhes confere características bem marcantes. Nestes locais, o fluxo subterrâneo de água doce que vem do continente encontra o fluxo subterrâneo de água salgada que se infiltra a partir do

mar. Devido à diferença de densidades entre os dois tipos de água, ocorre uma estratificação, ficando a água doce, do aquífero costeiro sobrenadando a salgada. Esta separação é razoavelmente mantida, devido ao fato de que ambos os corpos d'água estão em um meio poroso, onde a difusão dos solutos é muito lenta. A relação do bombeamento como a intrusão das águas salgadas é de causa e efeito: quando aumenta a retirada de água doce por bombeamento, aumenta a intrusão da água salgada. Além dos efeitos resultantes de altos regimes de bombeamento, atuam também, os efeitos das marés, afetando a qualidade da água subterrânea; quando sobe a maré, aumenta a salinidade. Na Figura 4.1.11.4-I é ilustrada a intrusão salina.



Fonte: Modificado de versão online no site do IGM [http://www.igm.pt/edicoes\\_online/diversos/agua\\_subterranea/indice.htm](http://www.igm.pt/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)

Figura 4.1.11.4-I – Intrusão salina

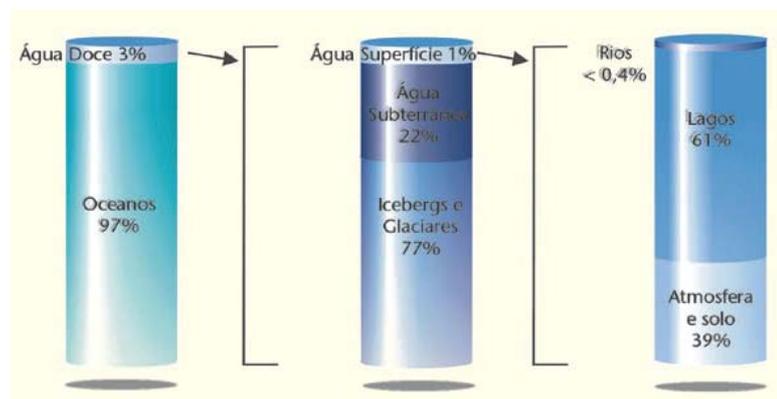
Através de levantamentos geofísicos (ELLERT & GIUSTI, 1984 e GIUSTI *et al.*, 1994 *apud* GIUSTI, 1996) delimitou-se a interface de água salgada e água doce que está presente no aquífero costeiro, especialmente na área de Pontal do Sul até Balneário Praia de Leste e Paranaguá. A maior parte da região está sob condições freáticas ou semiconfinadas, enquanto que algumas áreas limitadas ficam sob pressão. As cotas variam de 4 a 20 m ou ainda, abaixo do nível do mar, por causa do regime de bombeamento. Em razão desses níveis estáticos abaixo do nível do mar, a interface de água salgada penetra mais intensamente em várias partes da área costeira; essa intrusão acentua-se sempre que

existe um acesso artificial direto entre a água do mar e as águas subterrâneas (CUSTÓDIO, 1987 *apud* GIUSTI, 1996). Canais no nível do mar forneceram meios de intrusão na área do Cais do Porto, dos loteamentos dos balneários, além de poços abandonados.

Para utilização das águas subterrâneas no município de Paranaguá o mais importante é a delimitação da intrusão da interface marinha. A execução de poços ponteiros para extrair água é uma solução adequada para suprimir o problema da intrusão da interface. Essas ponteiros são de profundidade rasa e operam intermitentemente, reduzindo, portanto, os efeitos dinâmicos do rebaixamento dos níveis piezométricos. A salinidade, em razão da intrusão marinha, é mais rigorosa na área de Paranaguá, onde o regime de bombeamento é o mais intenso e nos balneários, durante o verão (GIUSTI, 1996). Entretanto, sondagens elétricas realizadas no terreno do reservatório elevado, situado no bairro Vila Paranaguá, em Paranaguá, indicaram a presença de areia saturada com água doce, na profundidade de 10 a 30 m (ROSA F.º *et al.*, 1997).

Segundo levantamentos efetuados por (ROSA F.º *et al.*, *op. cit.*) no aquífero costeiro, na área do reservatório elevado supracitado, com uma vazão constante de 4,17l/s (bombeada da bateria 2), o valor obtido de transmissividade foi de  $1,55 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s e a porosidade efetiva, de  $1,97 \cdot 10^{-1}$  (método de JACOB, 1963 *apud* ROSA F.º *et al.*, *op. cit.*). Com extensões das seções filtrantes dos poços, iguais a 2 m, o valor da permeabilidade dos sedimentos aquíferos gira em torno de  $7,75 \cdot 10^{-3}$  m/s.

Com a crescente urbanização, industrialização e a modernização da agricultura, os recursos hídricos de superfície estão rareando, em razão do elevado consumo e pela contaminação dos mananciais, promovida pela expansão não planejada da população e por isso, as atenções vêm convergindo para as águas subterrâneas. Na Figura 4.1.11.4-II está ilustrada a distribuição da água na Terra, demonstrando a importante quantidade de água subterrânea armazenada nos aquíferos.



Fonte: Modificado de versão on line no site do IGM: [http://www.igm.pt/edicoes\\_online/diversos/agua\\_subterranea/indice.htm](http://www.igm.pt/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/indice.htm)

Figura 4.1.11.4-II – Distribuição da água na Terra

Os aquíferos costeiros livres e os aquíferos fraturados, com recarga superficial em zonas de fratura, apresentam uma vulnerabilidade natural, relativamente maior que os outros. As retiradas excessivas (superexploração); o desmatamento em várias áreas; a impermeabilização de vastas áreas urbanas; a poluição derivada de aterros sanitários; dos lançamentos de efluentes industriais e domésticos e vazamentos em tanques de combustíveis enterrados, são exemplos de ações que afetam a qualidade e a quantidade das reservas de água subterrânea (FREIRE *et al.*, 1998).

Vale ressaltar que avaliações específicas podem mostrar se novas atividades antrópicas causarão problemas aos aquíferos, cabendo aos órgãos fiscalizadores do governo, com participação da população, definir as políticas para o bom manejo do recurso, visando sua utilização em forma sustentável promovendo assim, o bem estar e o desenvolvimento econômico da região.

#### **4.1.12 Recursos Hídricos Superficiais**

##### **4.1.12.1 Águas Continentais Superficiais**

As bacias hidrográficas do litoral paranaense, formadas pela Bacia Atlântica, são: Laranjeiras, Nhundiaquara, Antonina, Paranaguá, Guaratuba e Ribeira. Com exceção da bacia hidrográfica do Ribeira, que segue para o estado de São Paulo, as demais bacias drenam suas águas para as baías de Paranaguá, Laranjeiras ou Guaratuba (Figura 4.1.12.1-I).

Embora a Serra do Mar constitua o principal divisor de águas para a zona litorânea, alguns rios romperam este divisor, ao longo de fendas tectônicas, deslocando-se para o planalto a oeste da Serra do Mar, através da captação de pequenos rios do primeiro planalto. Por outro lado, a Serra da Prata constitui um outro divisor que separa as águas que drenam para as baías de Paranaguá e Guaratuba.

As bacias que drenam suas águas para a baía de Paranaguá são: Serra Negra, Nhundiaquara, Cachoeira e Guaraguaçu, com uma área superior a 3.870 km<sup>2</sup>, com canais fluviais atingindo um comprimento superior a 6.500 km (SOARES & MARONE, 2004, *no prelo*). Por possuírem suas nascentes junto à borda oriental da Serra do Mar, em região de alto índice pluviométrico, os rios que a formam se constituem em rios de grande potencial hidráulico, porém, ao atingirem a planície, mudam sua característica, de rios encachoeirados

(altas declividades), para rios sinuosos, com padrão de canal meandrante (baixas declividades) até o deságüe na baía. Os rios maiores, que drenam diretamente para a baía, têm o regime de escoamento, em seu curso final, regulado pelo movimento das marés.

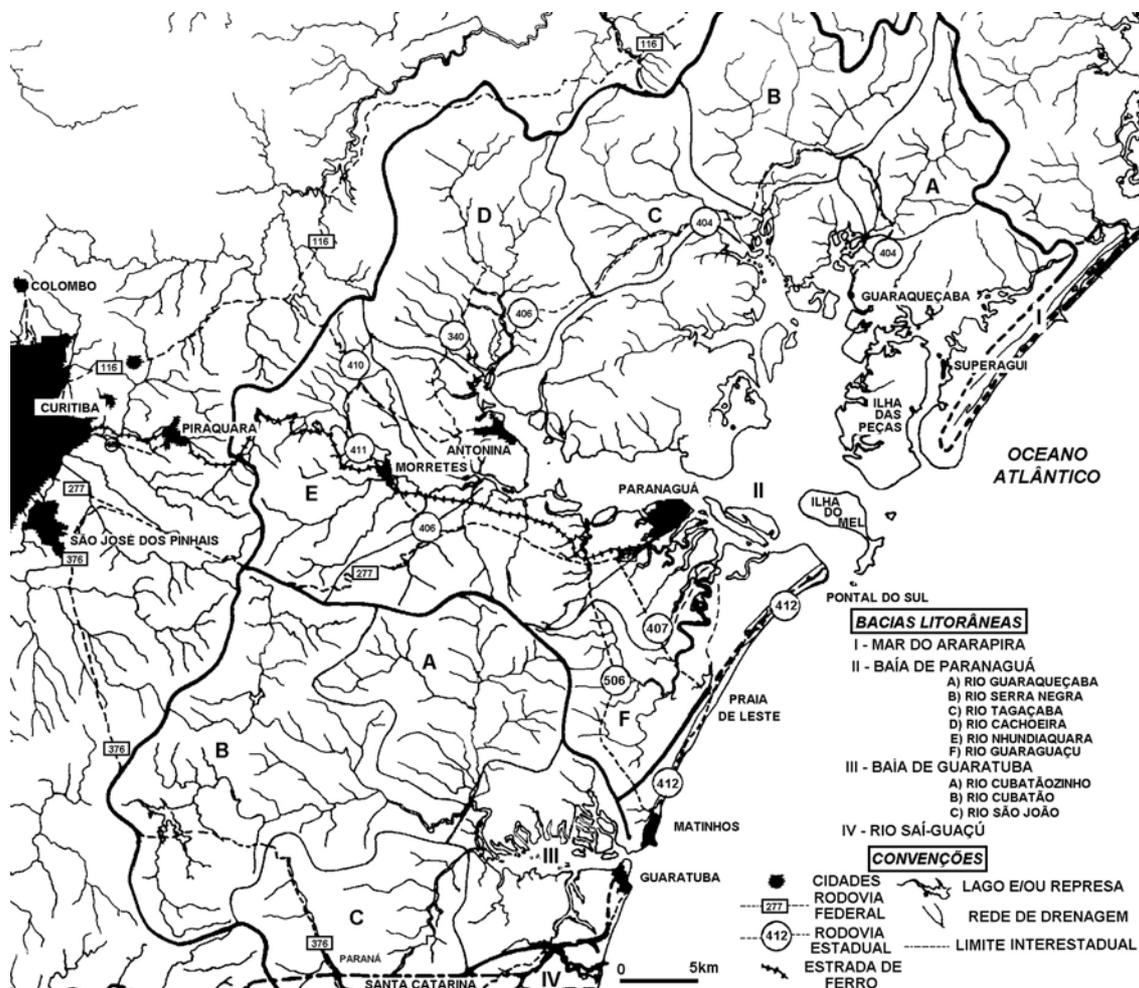


Figura 4.1.12.1-I – Bacias hidrográficas da região litorânea do Paraná

A maior dessas bacias, a do Rio Serra Negra, drena 880,3 km<sup>2</sup>, equivalendo a 21,7% do total. Possui calha com 39,5 km de extensão e têm como principais afluentes, os rios Guamiranga, Pederneiras, Açungui, Batalha e Bananal. Essa bacia está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba.

Já a bacia do Nhundiaquara drena 744,7 km<sup>2</sup> (18,36% da área), tendo como afluentes principais, os rios São João, Ipiranga, Marumbi e do Pinto. Nesta bacia localiza-se o Parque Estadual do Marumbi. Seus principais afluentes encontram-se inseridos no município de Morretes.

A bacia do Cachoeira, com área de 624,1 km<sup>2</sup> (15,38% da área) possui, como afluentes principais, os rios Cotia, Mergulhão e Cacatu. Esta bacia recebe, as águas do rio Iguape, proveniente da Usina Parigot de Souza e está inserida no município de Antonina.

A bacia do Rio Guaraguaçu tem suas nascentes na Serra da Prata, constituindo área de reserva hídrica para o Município de Paranaguá.

A Cidade de Paranaguá está localizada entre dois rios, Emboguaçu, que desemboca a oeste do Porto de Paranaguá e Itiberê a leste do porto. Ao final do Cais Oeste, dentro da área do porto, desembocam águas de pequeno porte, provenientes de pequenos talwegues que drenam a cidade.

#### **4.1.12.1.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

##### **4.1.12.1.1.1 Introdução**

A avaliação da qualidade das águas superficiais é feita através do índice de Qualidade das Águas – IQA, que é determinado em função de nove parâmetros:

1. temperatura da água;
2. oxigênio dissolvido (OD) – a determinação de oxigênio dissolvido na água é um dos testes mais importantes no controle da poluição de rios. Essa determinação é a base para o cálculo da demanda bioquímica de oxigênio;
3. demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - a DBO é definida como a quantidade de oxigênio consumida biologicamente, principalmente por bactérias, no processo de estabilização da matéria orgânica decomposta em condições aeróbicas. A DBO é utilizada para avaliar o grau de poluição produzida por matéria orgânica (esgotos domésticos e industriais) em termos da quantidade de oxigênio que é consumido pelos microrganismos;
4. Coliformes fecais;
5. Nitrogênio total;
6. Fósforo total;
7. Resíduo total;
8. Turbidez;
9. pH (potencial hidrogeniônico).

A fórmula utilizada para o cálculo do *IQA* é mostrada a seguir:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

- *IQA* = índice de qualidade das águas, um número entre 0 e 100;
- $q_i$  = qualidade do *i*-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100 obtido em função da concentração ou medida do parâmetro;
- $w_i$  = peso correspondente ao *i*-ésimo parâmetro, atribuído em função da importância desse parâmetro para a conformação global da qualidade, um número entre 0 e 1 ; ( $w_i = 0,125$ )

sendo "n" o número de parâmetros que entram no cálculo (n = 8).

A qualidade das águas brutas, indicada pelo *IQA* numa escala de 0 a 100, pode ser classificada para o abastecimento público segundo a gradação abaixo:

- de 100 a 80: qualidade ótima;
- de 79 a 52: qualidade boa;
- de 51 a 37: qualidade aceitável;
- de 36 a 0: qualidade ruim.

#### 4.1.12.1.1.2 O Rio Emboguaçu

Conforme a Portaria SUREHMA n.º 005/89, datada de 06/09/1989, que dispõe sobre o enquadramento de cursos d'água da Bacia Litorânea do Estado do Paraná, o Rio Emboguaçu, corpo hídrico dentro da área de influência direta do empreendimento, pertencente à referida Bacia Litorânea do Estado do Paraná, juntamente com os rios Balneário, Maciel, Penedo, dos Almeidas, dos Correias, Itiberê, Embocui e Pequerê, pertencem a **classe 2 (dois)**, até a influência da maré. As águas salobras ficam enquadradas na Classe 7 (sete). O Rio Emboguaçu nasce e atravessa a região oeste do município, se adentrando ao terminal portuário próximo a área destinada a CATALINI e desemboca no município de Paranaguá. A sua nascente localiza-se em região de mangue e a sua foz situa-se na Baía de Paranaguá. Não há registro de posto fluviométrico para este corpo hídrico.

Apesar da consulta oficializada junto ao IAP, a SANEPAR e a Águas de Paranaguá, sobre a qualidade das águas superficiais dos rios e despejos sanitários junto ao Porto de

Paranaguá e áreas de influência direta não foram obtidos. Porém, independente deles, em levantamento de campo, constatou-se o odor característico de esgoto sanitário sem tratamento adequado, o que revela possível contaminação por coliformes fecais e totais, matéria orgânica dos cereais, adubos e fertilizantes e de substâncias orgânicas derivadas do petróleo, tais como: óleos, graxas e fenóis (Fotos 4.1.12.1.1.2-1 e 4.1.12.1.1.2-2).



*Foto 4.1.12.1.1.2-1 – Vista parcial da galeria de águas pluviais contaminada com esgotos sanitários de redes clandestinas – Avenida Portuária*



*Foto 4.1.12.1.1.2-2 – Detalhe da matéria orgânica poluente na galeria de águas pluviais*

#### **4.1.12.1.1.3 Águas servidas por atividades poluidoras industriais**

A atividade industrial na Bacia Litorânea é pouca expressiva. As indústrias de representatividade, segundo as pesquisas do Centro de Desenvolvimento Industrial – CENDI, estão enquadradas nos seguintes gêneros: metalúrgica, mecânica, papel e papelão, química, produtos alimentares e bebidas.

O levantamento das oito indústrias potencialmente poluidoras, mostra, na Tabela 4.1.12.1.1.3-a, a situação atual e as respectivas cargas, potencial e remanescente de cada indústria. A poluição atual, gerada por essas oito indústrias ainda não apresenta riscos para as diversas coleções hídricas existentes e com exceção das indústrias de papel localizadas no município de Morretes, as demais estão com a situação regularizada. Entretanto, resultados de análise de resíduos no meio ambiente demonstram contaminações em diferentes níveis dos ecossistemas. Em uma pesquisa realizada pela SUREHMA – Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, entre o período de abril e março de 1984, comprovou-se resíduos químicos na água, no lodo, em peixes e em aves, no Rio do Meio, em Guaratuba e no manancial da Serra de Matinhos.

Tabela 4.1.12.1.1.3-a: Indústrias potencialmente poluidoras e respectivas cargas

INDÚSTRIA	ATIVIDADE INDUSTRIAL	MUNICÍPIO	CORPO RECEPTOR	CARGA POTENCIAL (kg DBO/dia)	CARGA REMANESCENTE (kg DBO/dia)	EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO (%)
Indústria e Comércio de Conservas Floresta	Conservas de palmito	Antonina	Baía de Antonina	7,0	3,0	IND
Indústrias de Papel São Marcos	Pasta mecânica	Antonina	Rio Cacatu	20,0	20,0	IND
Indústria de Papel São Marcos	Papel	Morretes	Rio Nhundia-quara	305,0	160,0	IND
Indústria de Papel São Marcos	Papel	Morretes	Afluente do Rio Nhundia-quara	230,0	59,0	74,3
Cooperativa Central Agropecuária Paraná Ltda. – COCAP	Extração de óleos vegetais	Paranaguá	Canal Sabia (Baía de Paranaguá)	145,0	14,0	90,3
Companhia Brasileira de Frigoríficos - FRIGOBRAS	Extração de óleos vegetais	Paranaguá	Baía de Paranaguá	86,0	7,0	91,8 <sup>1</sup>
BEKER Comércio e Indústria de Fertilizantes	Fertilizantes	Paranaguá	IND	IND	IND	IND
Martini Meat S.A.	Entrepósito de pescado	Paranaguá	Córrego que desemboca na Baía de Paranaguá	198,0	2,0	99,0

IND: Informação Não Disponível

Fonte: SUREHMA, 1992

Os produtos pesquisados pertencem ao grupo de organoclorados que apresentam grande persistência no meio ambiente (GIUSTI, 1996). Os agrotóxicos encontrados foram BHC, DDT, LINDANE, CLORDANE, ALDRIN, DDE, ENDRIN, DIELDRIN, TDE e HEPTACHLOR e os valores encontrados variam de zero a 0,038 ppb na água *in natura*; de zero a 0,029 ppb para água tratada; de zero a 171,470 ppb no lodo *in natura*; de zero a 80 ppb em peixes e, em aves, todos os teores encontrados estiveram na faixa de 10 ppb.

Análises de nitrogênio, em suas variadas formas, têm sido executadas em águas potáveis e poluídas, servindo como base para avaliar suas qualidades sanitárias. Em esgotos e águas recentemente poluídas, o nitrogênio se apresenta sob a forma de amônia,

<sup>1</sup> O tratamento existente consiste de lagoas aeradas.

mas com o passar do tempo, o mesmo é gradativamente convertido para nitrogênio amoniacal e posteriormente em nitritos e nitratos.

Em outro estudo realizado pela SUREHMA (1992) a qualidade das águas foi também indicada pelo IQA, e utilizada a mesma escala de 0 a 100, porém com outro enquadramento, que é aplicado em abastecimento público, como água bruta:

- 80 –100, qualidade ótima;
- 52 – 79, qualidade boa;
- 37 – 51, qualidade aceitável;
- 20 – 36, imprópria para tratamento convencional;
- 0 –19, imprópria.

Cabe observar que embora o IQA aplicado permita considerar a temperatura através do gráfico de qualidade de água correspondente, esse parâmetro só é utilizável em casos particulares, onde existe um nítido desvio de temperatura em relação à que será normal (ou de equilíbrio) no momento da coleta. Como esse caso não foi caracterizado no estudo, essa temperatura entrou no cálculo do IQA como desvio zero, participando, portanto, com o valor correspondente a melhor qualidade.

A seguir, são apresentados valores dos parâmetros e indicadores de qualidade das águas medidos nos rios Guaraguaçu, Pombas, Nhundiaquara, do Nunes, Cachoeira, Tagaçaba e Guaraqueçaba, que compreendem a Bacia de Paranaguá, nos períodos de 1984, 1985 e 1986, conforme as Tabelas 4.1.12.1.1.3-b, 4.1.12.1.1.3-c; 4.1.12.1.1.3-d; 4.1.12.1.1.3-e; 4.1.12.1.1.3-f e 4.1.12.1.1.3-g.

*Tabela 4.1.12.1.1.3-b: Parâmetros e indicadores de qualidade das águas do Rio Guaraguaçu, a montante do Rio Pombas*

PARÂMETRO	LIMITES DA CLASSE	1984					1985				1986		
		MAR	MAI	AGO	OUT	NOV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	ABR	MAI
Temperatura da água (°C)	-	22	23	17	22	21	25	13	20	21	23	26	23
OD (mg/l)	≥ 5,0	4,42	4,48	6,08	4,82	4,00	3,72	5,20	6,30	7,80	5,16	4,79	4,42
DBO (mg/l)	≤ 5,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	2,0	6,0	3,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	5,0	3,0
Coliformes fecais (mg/l)	≤ 1.000,0	3.300	700	460	700	7,00	30,0	3,30	130	130	1,30	1,10	1,10
Nitrogênio total (mg/l)	-	0,78	0,74	0,42	0,60	1,00	0,96	0,62	0,42	0,84	0,66	0,68	0,52
Fósforo total (mg/l)	-	0,04	0,03	0,03	0,03	0,10	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,04	0,01
Resíduo total (mg/l)	-	81	81	62	117	101	96	38	80	103	78	112	111
Turbidez (JTU)	≤ 100,0	6	10	4	6	6	4	3	7	3	4	3	5
pH	6,0	6,1	6,7	6,7	6,9	6,0	6,1	5,9	6,8	6,8	7,4	6,4	7,0

PARÂMETRO	LIMITES DA CLASSE	1984					1985				1986		
		MAR	MAI	AGO	OUT	NOV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	ABR	MAI
IQA	9,0	58	65	71	67	52	63	55	77	78	67	63	63
IQA médio	-			63					68				63

Fonte: SUREHMA, 1992

Tabela 4.1.12.1.1.3-c: Parâmetros e indicadores de qualidade das águas do Rio Nhundiaquara, na Estação de Morretes

PARÂMETRO	LIMITES DA CLASSE	1984					1985				1986		
		MAR	MAI	AGO	OUT	NOV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	ABR	MAI
Temperatura da água (°C)	-	22	29	16	23	22	26	15	18	21	23	26	21
OD (mg/l)	≥ 5,0	8,90	9,68	9,72	9,14	7,22	8,74	9,76	7,00	8,74	9,44	8,46	8,98
DBO (mg/l)	≤ 5,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	< 1,0	< 1,0	12,0	< 1,0	2,0	1,0	1,0
Coliformes fecais (mg/l)	≤ 1.000,0	4,90	17,0	92,0	7.000	54,00	35,0	13,0	46,0	13,0	17,0	30,0	5,0
Nitrogênio total (mg/l)	-	0,05	0,28	0,46	0,12	0,56	0,08	0,01	0,66	0,44	0,24	0,32	1,55
Fósforo total (mg/l)	-	0,10	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,01
Resíduo total (mg/l)	-	52	30	39	74	50	48	42	85	63	13	77	44
Turbidez (JTU)	≤ 100,0	3	5	5	2	6	3	1	25	4	3	2	3
pH	6,0	7,1	7,0	6,7	7,1	6,9	6,8	7,1	6,9	6,8	6,9	7,0	7,6
IQA	9,0	68	62	57	67	58	61	65	54	64	62	61	68
IQA médio	-			62					61				65

Fonte: SUREHMA, 1992

Tabela 4.1.12.1.1.3-d: Parâmetros e indicadores de qualidade das águas do Rio do Nunes, na Estação de Recanto

PARÂMETRO	LIMITES DA CLASSE	1984					1985				1986		
		MAR	MAI	AGO	OUT	NOV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	ABR	MAI
Temperatura da água (°C)	-	21	16	14	20	20	24	14	18	20	21	24	21
OD (mg/l)	≥ 6,0	8,80	9,18	10,20	9,70	8,30	6,78	10,00	8,64	10,00	8,56	7,70	9,38
DBO (mg/l)	≤ 3,0	< 1,0	< 1,0	2,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	1,0	< 1,0	1,0	< 1,0
Coliformes fecais (mg/l)	≤ 200,0	1.100	330	790	1,10	27	1,40	700	700	220	230	800	220
Nitrogênio total (mg/l)	-	0,20	0,23	0,22	0,04	0,17	0,01	0,28	0,22	0,26	0,59	0,18	0,26
Fósforo total (mg/l)	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04
Resíduo total (mg/l)	-	50	50	22	32	45	62	6	55	20	25	32	58
Turbidez (JTU)	≤ 40,0	2	3	1	1	2	13	1	1	1	1	1	1
pH	6,0	6,8	6,7	7,0	7,5	6,9	6,8	7,0	7,0	7,1	7,3	7,2	7,3
IQA	9,0	74	76	75	75	86	72	76	76	80	80	75	80
IQA médio	-			77					77				78

Fonte: SUREHMA, 1992

Tabela 4.1.12.1.1.3-e: Parâmetros e indicadores de qualidade das águas do Rio Cachoeira, na Estação de Mergulhão

PARÂMETRO	LIMITES DA CLASSE	1984					1985				1986		
		MAR	MAI	AGO	OUT	NOV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	ABR	MAI
Temperatura da água (°C)	-	23	28	15	20	23	25	14	19	19	24	24	21
OD (mg/l)	≥ 6,0	7,94	8,56	10,10	9,92	8,90	8,76	10,20	9,72	9,42	8,80	8,00	7,88
DBO (mg/l)	≤ 5,0	< 1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	4,0	< 1,0	< 1,0
Coliformes fecais (mg/l)	≤ 200,0	790	110	700	330	14,00	2,30	220	130	70	500	1,30	800
Nitrogênio total (mg/l)	-	0,50	0,66	0,28	0,05	0,38	0,01	0,01	0,28	0,42	0,48	0,32	0,32
Fósforo total (mg/l)	-	0,04	0,02	0,05	0,03	0,05	0,02	0,01	0,02	0,05	0,04	0,03	0,02
Resíduo total (mg/l)	-	88	89	63	61	103	76	28	42	34	11	81	135
Turbidez (JTU)	≤ 40,0	9	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	4
pH	6,0	7,2	7,8	7,3	7,7	7,2	7,4	7,4	7,9	7,7	7,4	7,2	7,3
IQA	9,0	74	82	76	78	64	72	81	81	83	74	74	74
IQA médio	-			75					78				74

Fonte: SUREHMA, 1992

Tabela 4.1.12.1.1.3-f: Parâmetros e indicadores de qualidade das águas do Rio Tagacaba, na Estação de Passo do Vau

PARÂMETRO	LIMITES DA CLASSE	1984					1985				1986		
		MAR	JUN	AGO	OUT	NOV	ABR	JUN	AGO	OUT	DEZ	ABR	MAI
Temperatura da água (°C)	-	24	19	19	19	23	22	16	21	17	25	24	24
OD (mg/l)	≥ 6,0	7,68	9,76	11,00	9,20	8,80	7,76	10,30	10,36	8,52	10,00	9,82	8,86
DBO (mg/l)	≤ 3,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	< 1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	< 1,0
Coliformes fecais (mg/l)	≤ 200,0	790	330	3,30	490	230	240	170	3.300	490	300	2,30	500
Nitrogênio total (mg/l)	-	0,16	0,23	0,34	0,16	0,12	0,10	0,01	0,20	0,24	0,25	0,12	0,28
Fósforo total (mg/l)	-	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01
Resíduo total (mg/l)	-	72	50	34	28	61	77	30	106	79	38	58	85
Turbidez (JTU)	≤ 40,0	5	7	2	3	2	10	2	1	2	1	1	2
pH	6,0	7,3	7,8	7,6	7,4	7,5	7,1	7,3	7,7	7,6	7,8	7,2	7,4
IQA	9,0	75	78	69	77	80	54	81	69	77	77	71	77
IQA médio	-			76					72				74

Fonte: SUREHMA, 1992

Tabela 4.1.12.1.1.3-g: Parâmetros e indicadores de qualidade das águas do Rio Guaraqueçaba na Estação de Morato

PARÂMETRO	LIMITES DA CLASSE	1984					1985				1986	
		MAR	JUN	AGO	OUT	NOV	ABR	JUN	OUT	DEZ	ABR	MAI
Temperatura da água (°C)	-	23	19	12	21	21	22	15	19	26	24	20
OD (mg/l)	≥ 6,0	7,60	8,74	8,98	8,44	7,20	7,48	9,44	9,34	8,74	8,74	8,03
DBO (mg/l)	≤ 3,0	< 1,0	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	< 1,0	< 1,0
Coliformes fecais (mg/l)	≤ 200,0	700	170	490	170	1.700	1.300	130	110	80	20	300
Nitrogênio total (mg/l)	-	0,07	0,28	0,35	0,17	0,86	0,14	0,20	0,28	0,68	0,42	0,32
Fósforo total (mg/l)	-	0,07	0,01	0,02	0,02	0,18	0,04	0,01	0,02	0,04	0,04	0,02
Resíduo total (mg/l)	-	64	50	30	57	159	90	48	78	16	65	186
Turbidez (JTU)	≤ 40,0	6	10	4	25	6	13	1	1	3	2	8
pH	6,0	7,2	7,1	7,0	7,1	6,8	7,0	6,9	7,3	7,7	6,9	7,1
IQA	9,0	74	79	75	77	69	70	81	82	82	80	76
IQA médio	-			75					79			78

Fonte: SUREHMA, 1992

Os resultados demonstram que, tanto o lodo como os sedimentos de fundo, apresentam elevadas taxas de contaminação, o que faz destes sedimentos, um reservatório de contaminações periódicas do corpo de água. Os resíduos tóxicos dos sedimentos permanecem inativos e podem ser removidos pelo movimento turbulento das águas, como, por exemplo, em enchentes, quando algumas partículas tóxicas podem ser remobilizadas para o corpo principal do rio (GIUSTI, 1996).

Os dados da SUREHMA (1992) apresentadas nas Tabelas 4.1.12.1.1.3-b, 4.1.12.1.1.3-c; 4.1.12.1.1.3-d; 4.1.12.1.1.3-e; 4.1.12.1.1.3-f e 4.1.12.1.1.3-g confirmam que os processos de tratamento de águas para abastecimento, não são efetivos na remoção de resíduos de agrotóxicos na ordem de grandeza em que são encontrados. O acúmulo desses produtos nos peixes e aves provoca efeitos sub-letais que, muito provavelmente, contribuem para o extermínio de muitas espécies.

#### 4.1.12.1.1.4 Efluentes Líquidos

No Porto de Paranaguá são gerados basicamente quatro tipos de efluentes:

- esgoto sanitário proveniente das instalações sanitárias, vestiários, copas, refeitórios e restaurantes.
- efluente resultante da lavagem de resíduos líquidos contendo óleos e graxas da Oficina de Manutenção.

- efluente resultante da lavagem dos armazéns contendo resíduos vegetais de cereais, adubos e fertilizantes.
- água de lastro dos navios e outras embarcações marítimas (Foto 4.1.12.1.1.4-1).



*Foto 4.1.12.1.1.4-1 – Detalhe da descarga de água de lastro de embarcação marítima*

A maior fração das águas servidas de instalações sanitárias e de cozinha são bombeadas para as Estações Elevatórias I e II, dentro do Terminal Portuário de Paranaguá, para serem destinadas à Estação de Tratamento de Esgotos – “ETE Emboguaçu”, com capacidade para 60.000 habitantes. Esta ETE que está localizada a cerca de 3 km da divisa do Porto de Paranaguá, trata os esgotos domésticos de grande parte do município de Paranaguá e recebe os dejetos sanitários do Porto de Paranaguá, desde Junho de 2002. Tanto o abastecimento de água pública como o tratamento dos esgotos sanitários é responsabilidade da empresa ÁGUAS DE PARANAGUÁ S.A.

Ainda dentro da AID (área de influência direta), porém externamente ao muro de divisa do pátio do Porto de Paranaguá, constatou-se a presença de lançamento de dejetos sanitários em, uma canaleta, em posição central da via pavimentada, denominada “Avenida Portuária”, com grande fluxo de caminhões para descarga de grãos (ver foto 4.1.12.1.1.2-1 do item 4.1.12.1.1.2-2).

A drenagem pluvial não contaminada será descartada nas águas salinas da Baía de Paranaguá.

A Tabela 4.1.12.1.1.4-a apresenta de forma resumida os efluentes líquidos intermediários e finais gerados no Porto de Paranaguá e seus respectivos destinos.

*Tabela 4.1.12.1.1.4.a - Resumo dos Efluentes Finais e Intermediários*

TIPOS	DESTINO
Drenagem pluvial	Baía de Paranaguá
Efluentes da lavagem de silos e máquinas de cereais	Estação de Tratamento de Efluentes
Efluentes da lavagem de silos, tanques e máquinas de adubos e fertilizantes	Estação de Tratamento de Efluentes
Efluentes das oficinas de manutenção e águas pluviais contaminadas	Tanque de equalização/ Separador de água e óleo – SAO e Estação de Tratamento de Efluentes

Fonte: APPA, 2004

A disposição dos efluentes tratados e da drenagem pluvial, obedecerá aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 020/86.

#### 4.1.12.2 Águas das Baías

##### 4.1.12.2.1 A DINÂMICA ESTUARINA

Estuários constituem os únicos sistemas aquáticos onde ocorre a interação dinâmica entre as águas doces, as águas marinhas, o sistema terrestre e a atmosfera (DAY *et al.*, 1989). Estes ecossistemas destacam-se por sua alta produção biológica que decorre: (1) da alta diversidade de sistemas produtores (e.g. manguezais, fanerógamas submersas, algas bentônicas, marismas e fitoplâncton); (2) do abundante suprimento de nutrientes, provenientes de aportes fluviais, pluviais e antrópicos; (3) da renovação d'água nos ciclos de maré; (4) da rápida remineralização e conservação de nutrientes, através de uma complexa teia trófica, que inclui organismos detritívoros e filtradores (DAY *et al.*, 1989) e (5) da troca de nutrientes e outras propriedades biogeoquímicas, entre o sistema bentônico e a coluna d'água estuarina, através dos processos de erosão e ressuspensão dos sedimentos de fundo (NICHOLS, 1986). Por suas características produtivas e pela proximidade da costa, estes ambientes têm sido intensamente povoados, sofrendo influência direta ou indireta de diversas atividades antrópicas (e.g. urbanas, recreativas, portuárias, industriais, pesqueiras e desmatamentos) desenvolvidas ao seu redor ou ao longo de sua bacia de drenagem (KNOX, 1986; KENNISH, 1986).

A circulação, em estuários e águas costeiras, é governada, basicamente, por três forçantes: a descarga de água doce, as correntes de maré e a tensão do vento. A variabilidade nas condições oceanográficas, na plataforma continental, também pode modificar a circulação nos estuários. Da mesma forma, ondas de vento podem modificar a circulação, em sistemas costeiros expostos.

A geometria e a batimetria dos sistemas costeiros, a fricção do fundo e a rotação da Terra (aceleração de Coriolis) não governam as correntes diretamente, mas podem alterá-

las significativamente, em corpos de água, fechados ou semifechados. Estes efeitos aumentam sua importância, na modificação da circulação, à medida em que a magnitude das correntes instantâneas for maior. Estes fatores só alteram o fluxo quando as correntes já existem. Intervenções feitas pelo homem tais como: dragagens, canais, diques, barreiras, etc. também podem alterar o padrão da circulação em águas costeiras.

Cada uma dessas três forçantes governa um tipo particular de circulação da água:

- a) a descarga de água doce induz a circulação gravitacional;
- b) as correntes de maré governam a circulação residual e
- c) a fricção do vento causa a circulação induzida pelo vento.

Embora um estuário ou corpo de água costeira sejam dominados por um desses tipos de circulação, dois ou todos os tipos podem estar operando simultaneamente, resultando em uma estrutura de fluxo, complexa.

A circulação gravitacional é causada pelas diferenças de densidade entre o aporte de água doce e a água salgada do oceano. A água doce, menos densa, tende a permanecer na camada superficial, embora a maré e os efeitos do vento tendam a misturar a coluna d'água. Esta mistura turbulenta causa uma troca vertical, com a água mais salgada do fundo misturando-se na camada superficial e a água menos salgada, da superfície, com a de fundo. Como resultado, são formados gradientes de densidade, verticais e longitudinais, nos corpos de água costeira. Estes gradientes de densidade correspondem ao gradiente de pressão médio, no tempo e governam a circulação gravitacional. A superfície de pressão ao longo do eixo principal de um estuário é inclinada em direção ao mar, na camada superficial, causando um fluxo superficial, de saída do estuário e um fluxo de entrada, na camada de fundo.

A circulação residual estuarina é causada pelas correntes de maré, instantâneas. Fortes correntes de maré são modificadas pela batimetria e geometria do estuário. Apesar da característica oscilatória do fluxo de maré, ela produz uma circulação residual, através das interações não lineares, com a batimetria, como resultado da fricção do fundo, da diminuição da profundidade e mudanças na largura. Geralmente, estas interações manifestam-se como pequenas diferenças na força das correntes máximas, de enchente e de vazante e na duração da maré enchente e da maré vazante. Quando é feita a média das correntes, sobre um ou mais ciclos de maré, o resultado torna-se uma corrente líquida, induzida pelo fluxo oscilatório da maré e é freqüentemente mais forte que a circulação gravitacional. Os efeitos não lineares nas correntes de maré, ocorrem por causa da variação

da largura na seção transversal; de diferenças nas profundidades e da existência de baixios e curvatura do canal. Todas essas causas podem criar gradientes espaciais de velocidade.

A média das correntes de maré (líquida) é freqüentemente orientada para a enchente, em um lado de uma seção transversal do estuário e para a vazante, no outro lado. Isto é geralmente chamado de circulação lateral e é o resultado da interação das bordas e curvatura do canal. Contrariamente, correntes residuais em uma seção transversal, não implicam em perda ou ganho residual de água, em longo período. Em muitos sistemas, a circulação residual da maré é responsável pela exportação ou importação sistemática, de constituintes da água. A circulação residual é particularmente pronunciada, em estuários rasos e de elevada variação da maré.

As circulações gravitacional e residual coexistem em muitos sistemas; contudo, a interação entre elas é pouco conhecida. Em sistemas rasos, com variação de maré maior ou igual a 2 m e com fluxo fluvial de moderado para alto, nem a circulação residual nem a gravitacional podem ser ignoradas.

A circulação induzida pelo vento é particularmente importante em lagunas costeiras. Grandes extensões de água, baixas profundidades, pequena variação de maré e baixo aporte de água doce são condições que favorecem o domínio de correntes induzidas pelo vento e variações do nível da água. Estas correntes são pouco estudadas porque são altamente variáveis e freqüentemente mascaradas pelas correntes gravitacionais e de maré. O cálculo da circulação associada aos ventos é raramente prático, visto que os ventos variam em períodos de minutos a semanas. As correntes induzidas pelo vento são de maior interesse como agentes de mistura e causadores de dispersão de material.

Os estuários parcialmente misturados ocorrem quando os rios deságuam em um mar com uma variação moderada de maré. As correntes de maré são significativas e toda a massa d'água move-se com a enchente e a vazante. A energia envolvida nesses movimentos é grande e é dissipada, principalmente, pelo atrito com o fundo, produzindo turbulência. Os vórtices turbulentos gerados misturam tanto a água salgada, para cima, como a água doce, para baixo (circulação gravitacional). Com isto, a salinidade da superfície aumenta bem mais uniformemente estuário abaixo e a ocorrência de água doce não diluída, se dá apenas próximo à cabeceira.

#### **4.1.12.2.2 O COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ (CEP)**

O Complexo Estuarino de Paranaguá, onde se encontra o sistema portuário Paranaguá-Antonina, está localizado na costa sul do Brasil (25°3'S e 48° 24'W) e apresenta

uma grande diversidade de ambientes, incluindo planícies de maré, baixios, ilhas, costões rochosos, marismas, rios de maré (gamboas) e manguezais (LANA, 1986). Os manguezais constituem um dos sistemas mais produtivos do mundo (300 a 2000 gC/m<sup>2</sup>) (MANN, 1982) e funcionam como habitats de criação, proteção e alimentação de diversas espécies de moluscos, crustáceos e peixes estuarinos e costeiros (MITSCH & GOSELINK, 1986), muitas das quais representam importantes recursos pesqueiros. Além disso, atuam na regulação dos ciclos químicos, influenciando na manutenção de nutrientes e material orgânico particulado na zona costeira (DAY *et al.*, 1989). Dentro do complexo estuarino de Paranaguá, destacam-se as Baías de Antonina e de Paranaguá, pela maior urbanização que ocorre em suas margens e por abrigarem dois portos homônimos, que estão entre os principais portos do país.

Nas margens do Complexo Estuarino de Paranaguá vivem aproximadamente 165.000 pessoas, distribuídas entre os municípios de Guaraqueçaba, Antonina e Paranaguá, correspondendo a este último, a maior concentração urbana. As características geomorfológicas e hidrográficas da região favoreceram o desenvolvimento da navegação, o que é evidenciado pela presença, antes citada, dos portos de Antonina e Paranaguá sendo este o maior exportador de grãos do País, além de um terminal petrolífero e, mais recentemente, a construção de novos terminais privados.

A cobertura vegetal da região costeira é dominada por uma das áreas mais preservadas da Mata Atlântica Brasileira, sendo que as regiões menos devastadas situam-se nas bacias de drenagem das baías dos Pinheiros, Laranjeiras e Guaraqueçaba, onde a cobertura vegetal corresponde de 75 a 97,6% da área total (IPARDES, 1989; ANDRIGUETO, 1995; LIMA *et al.*, 1998).

O CEP apresenta uma profundidade média de 5,4 m e é classificado, quanto à sua estrutura salina, como um estuário parcialmente misturado (tipo B), com heterogeneidade lateral.

As informações sobre as características físicas do CEP são relativamente recentes e não muito numerosas. Os primeiros trabalhos metódicos correspondem aos levantamentos da distribuição da salinidade, temperatura e marés (IPqM, 1969); dos sistemas de drenagem e sedimentologia das Baías (BIGARELLA *et al.*, 1970; BIGARELLA, 1978; etc.); da quantificação da clorofila, parâmetros químicos e do material particulado em suspensão (BRANDINI *et al.*, 1985ab, 1988); do comportamento físico-químico, aporte de água doce e tempo de residência (KNOPPERS *et al.*, 1987); das causas das marés meteorológicas na região (MARONE & CAMARGO, 1994); da dinâmica estuarina (MARONE

*et al.*, 1995a; Guimarães *et al.*, 1996); da dinâmica hídrica e material particulado em suspensão (MANTOVANELLI, 1999); das feições dinâmicas costeiras identificadas por imagens de satélite (MARONE & NOERNBERG, 2000), etc. A estes trabalhos, adicionam-se outros mais recentes e abrangentes, sobre caracterização do CEP (LANA *et al.*, 2000) e de estudo de fluxos de material entre o complexo e a zona costeira (MARONE *et al.*, 1995b).

O eixo L-O do CEP, que inclui as baías de Antonina e Paranaguá, possui uma área de 256 km<sup>2</sup>, volume de 1404x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e profundidades médias e máximas de, respectivamente, 5,4 e 33 m (KNOPPERS *et al.*, 1987). Este eixo está conectado diretamente à zona costeira adjacente por dois canais principais, denominados de Barra Norte e Galheta (Figura 4.1.13.2.2-I), sendo que o eixo N-S conecta-se, também, ao complexo estuarino de Cananéia (SP) e à zona costeira, por um sistema de canais, na região de Guaraqueçaba.

A região apresenta clima pluvial temperado, com temperatura média anual, de 21°C (ar), sempre úmido, com chuvas todos os meses do ano e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C (Cfa) (IPARDES, 1989b). A pluviosidade média é de 1988 mm, com estações chuvosas durante o verão (janeiro e fevereiro) e secas, no inverno (julho e agosto). Predominam ventos dos setores ENE, E, ESSE e SE, com intensidade média de 4 m/s. O sistema de brisa na região é bastante relevante, sendo detectadas amplitudes de até 2 m/s nos meses de novembro a março (CAMARGO & MARONE, 1995; CAMARGO *et al.*, 1996).

O CEP recebe drenagem de uma área total de 3361 km<sup>2</sup> (SOARES, 1995) e as baías de Antonina e Paranaguá, de aproximadamente 54% da área de toda a bacia hidrográfica litorânea do Estado do Paraná, apresentando deficiência hídrica, no inverno, quando a evaporação é 7 vezes superior à precipitação. No verão ocorrem excedentes hídricos, intensificando-se o aporte de água doce na direção do estuário. Também nessa época, o potencial de erosividade pela chuva é oito vezes superior ao do inverno (MANTOVANELLI, 1999). As variações sazonais deste fluxo são basicamente controladas pelo regime pluviométrico (KNOPPERS *et al.*, 1987). No eixo L-O, o Rio Cachoeira é o que apresenta o maior aporte de água doce e material particulado em suspensão, para o estuário, especialmente no inverno. No período 1997-1998, o Rio Cachoeira e o Rio Nhundiaquara somaram 82% do total do aporte no sistema, sendo que o Rio Cachoeira contribuiu com 88% da carga de material particulado em suspensão (MPS). Neste período, o aporte médio foi de 182 e 41 m<sup>3</sup>/s respectivamente para o verão e inverno, e uma carga de MPS de 355 t/dia no verão e 88 t/dia, no inverno. A maior parcela da carga de MPS é introduzida no sistema estuarino, em curtos períodos de tempo, registrando-se picos de concentração após

fortes precipitações (MANTOVANELLI, 1999). Estima-se em mais de 200 m<sup>3</sup>/s, de média anual, o aporte de água doce em todo o braço L-O (MARONE *et al.*, 1995a).

A temperatura superficial da água oscila entre 17°C, no inverno e 32°C, no verão (BRANDINI *et al.*, 1985ab, 1988) e os gradientes térmicos verticais raramente ultrapassam os 3°C (KNOPPERS *et al.*, 1987).

A salinidade varia entre menos de 6 e 34,5, podendo ser observado um gradiente halino horizontal com valores maiores, próximo à desembocadura e valores mais reduzidos, na região de Antonina, onde é maior a influência dos aportes fluviais. Padrões bem marcados de sazonalidade e variabilidade espacial são característica marcante em toda baía (BRANDINI *et al.*, 1988). No que diz respeito à estratificação halina, o estuário é classificado como parcialmente misturado (Tipo B) (KNOPPERS *et al.*, 1987; MARONE *et al.*, 1995a), podendo apresentar-se lateralmente não homogêneo, em alguns locais e estágios da maré (MARONE *et al.*, 1995a). Uma maior estratificação pode ser observada em períodos de elevada vazão fluvial (KNOPPERS *et al.*, 1987). MANTOVANELLI (1999), classificou a região a montante de Paranaguá, como um estuário parcialmente misturado, tipo 2, com estratificação vertical de salinidade, realçada durante o verão. Com relação à distribuição de suas propriedades, o sistema apresentou-se, vertical e lateralmente, não homogêneo.

O regime de maré é o principal mecanismo de fornecimento de energia para o sistema, fora a energia solar, apresentando amplitude média de 2,2 m e caráter predominantemente semidiurno, embora ocorram desigualdades diurnas e efeitos não lineares (MARONE & CAMARGO, 1994), assim como forte assimetria nas elevações e correntes de maré. Os componentes da maré astronômica mais importantes são a M<sub>2</sub> e S<sub>2</sub> (semidiurnas), representando cerca de 50% da altura da maré. As componentes ter-diurna (M<sub>3</sub>), quarto diurna (M<sub>4</sub>) e as compostas, não lineares ou de pequeno fundo (MN<sub>4</sub> e MS<sub>4</sub>), apresentam grande importância no comportamento da onda de maré, em termos de elevação e velocidades de correntes (MARONE *et al.*, 1995b, CAMARGO, 1998; MARONE & JAMIYANAA, 1997).

A Baía de Paranaguá apresenta-se como um estuário hipsíncrono, onde o efeito de convergência excede o de atrito, resultando numa amplificação da variação do nível do mar em direção a montante. Esta variação começa com 1.2 m em Pontal do Sul e atinge até 2.8 m em Antonina (LESSA *et al.*, 1998; MANTOVANELLI, 1999). Esta amplificação da maré é controlada basicamente por ressonância, que depende da frequência de oscilação da onda de maré e do comprimento do estuário (CAMARGO, 1998). Alterações anormais do nível

médio do mar são comuns, principalmente, durante o inverno, atribuídas à passagem de frentes frias oceânicas e a ventos fortes, que geram grandes ondas e causam o empilhamento de água na costa (MARONE & CAMARGO, 1994). A intrusão da maré alcança aproximadamente 13 km e a renovação de água do sistema, ocorre em 3,5 dias (tempo de fluxo) (MARONE *et al.*, 1995a), sendo esta favorecida pelo regime mesotidal e pela reduzida profundidade do sistema (KJERFVE *et al.*, 1982).

As correntes de maré são fortes, atingindo velocidades máximas de enchente e vazante, superiores a 80 cm/s e 110 cm/s respectivamente, o que caracteriza um estuário do tipo positivo (MARONE *et al.*, 1995a). Este fato é devido à influência do atrito lateral e de fundo, o qual é gradativamente maior em direção à cabeceira e gradativamente menor em direção à desembocadura (CAMARGO, 1998), assim como ao aporte de água doce e à circulação residual (MARONE *et al.*, 1995a).

Os estudos de ondas, no litoral do Paraná, são muito reduzidos. BANDEIRA (1974) analisou as ondas em praia de Leste, a partir de um ano de observações visuais. Entre agosto e dezembro de 1982 um ondógrafo registrou dados de onda a 13 km da praia de Leste e a 2,6 km a Nordeste da Ilha dos Currais. As ondas predominantes foram dos quadrantes ESSE e SE, com altura máxima mensal entre 2,3 e 3,9 m e período médio entre 11,9 e 16,8 segundos (PORTOBRAS, 1983). A distribuição do percentual de ondas que chega à costa do Paraná, correspondeu a 90%, variando no quadrante Leste para Sul-Sudeste e cerca de 10 % das direções entre Leste e Nordeste (GOBBI, 1999). Dentro do complexo estuarino, porém, pouco do efeito do clima de ondas oceânicas é sentido, devido à proteção natural da costa e, especialmente, à Ilha do Mel na entrada do CEP. Todavia, a existência de áreas de largura considerável, dentro do CEP, oferece uma pista de ventos suficiente para que ondas, geradas localmente pelos ventos, provoquem, em situações e horários particulares (notadamente no final da tarde), agitação marítima considerável que se constitui em agente de mistura superficial de propriedades (ou de sedimentos em suspensão, ou poluentes).

Já na desembocadura do CEP, o predomínio de ondas do quadrante S-SE, gera uma deriva litorânea orientada para Norte. Segundo ANGULO (1992) a ocorrência de deriva litorânea, para Norte, pode ser observada na orientação das desembocaduras fluviais e morfologia dos deltas de vazante dos estuários de Paranaguá e Guaratuba. O lançamento de garrafas de deriva nos canais Norte e Galheta confirmou que as correntes predominantes na zona costeira, adjacente ao CEP, são na direção Norte (MARONE *et al.*, 1995b).

O Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (CEP) recebe a drenagem de aproximadamente 70% da área da bacia hidrográfica litorânea do Estado do Paraná e somente as bacias de Antonina e Paranaguá, como antes referido, correspondem a 54% da drenagem do CEP, sofrendo, desta forma, uma maior influência do aporte de água doce continental, que influencia fortemente a salinidade da água e, conseqüentemente, sua densidade. A região de Antonina apresenta rápida resposta a elevados valores de precipitação, ocorrendo, nestes casos, valores de salinidade próximos a zero (Figura 4.1.12.2.2-I) e elevado aporte de sedimentos em suspensão. Com isto, a análise da distribuição da salinidade do corpo aquoso como um todo, deve considerar, principalmente, a precipitação dos sete dias anteriores à análise, em vez da precipitação total mensal. Já no eixo Sul-Norte, entre a Ponta do Poço e Guaraqueçaba, as variações de salinidade são menores, sendo que os valores mínimos de salinidade, são superiores a 5 ups (Figura 4.1.12.2.2-II).

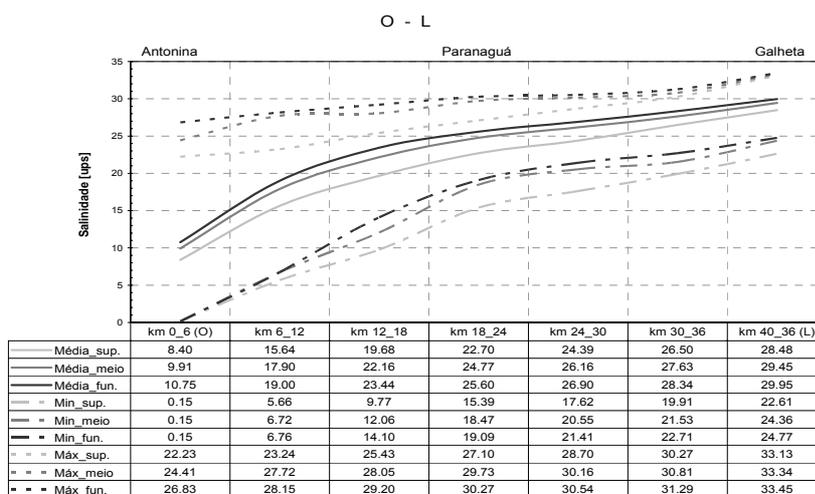


Figura 4.1.12.2.2-I – Variação espaço-temporal da salinidade entre Antonina e Ilha do Mel, em um intervalo de 2 anos, agrupada em setores de 6 km. São apresentadas as variações para as camadas de superfície, meio e fundo

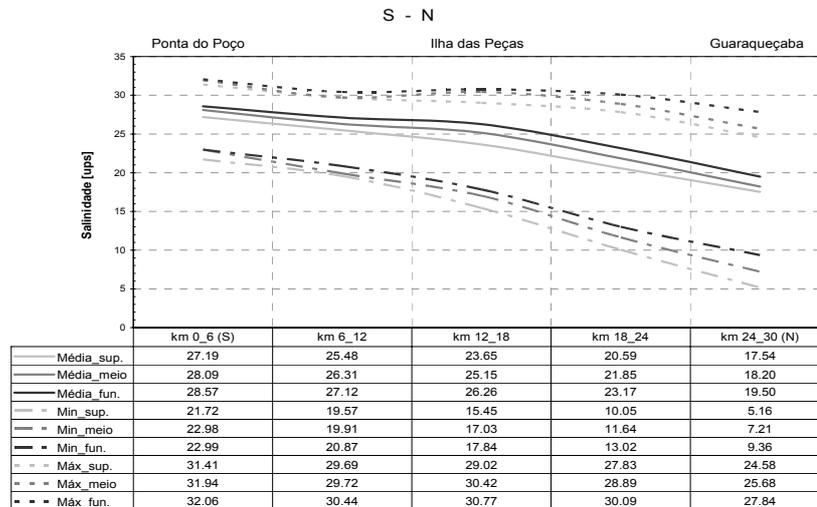


Figura 4.1.12.2.2-II - Variação espaço-temporal da salinidade entre Ponta do Poço e Guaraqueçaba, em um intervalo de 2 anos, agrupada em setores de 6 km. São apresentadas as variações para as camadas de superfície, meio e fundo

O tempo de renovação da água doce (tempo de fluxo ou descarga) na Baía de Paranaguá situa-se entre 3 e 10 dias. Em condições de elevado e constante aporte de água doce, o que geralmente ocorre no verão, o tempo de renovação tende a ser menor.

De modo geral, a circulação induzida pela descarga de água doce, na seção do Porto de Paranaguá é de uma a duas ordens de grandeza, inferior à induzida pela corrente residual e esta circulação em duas camadas (superfície e fundo) é mais desenvolvida nos canais profundos. As regiões rasas constituem canais preferenciais de vazante. A componente da corrente transversal, na seção, é em direção à margem Norte, durante a enchente e em direção à margem Sul, durante a vazante.

#### 4.1.12.2.3 CORRENTES

Durante um ciclo de maré (enchente e vazante), observa-se uma forte relação entre as velocidades das correntes (transporte) e as concentrações de material particulado em suspensão (MPS). Variações deste padrão podem ser observadas em ambientes vegetados, onde se verifica uma alta deposição de sedimento, em função do trapeamento de partículas e estabilização do substrato, pela vegetação. A assimetria na velocidade das correntes de maré, presente no CEP, primariamente condiciona o transporte líquido do material em suspensão em uma determinada direção do corpo estuarino (importação ou exportação). Efeitos episódicos de alta energia (e.g. tempestades) apresentam particular importância, podendo movimentar em um curto período de tempo, uma carga de MPS superior à verificada durante longos períodos, em condições normais.

Na seção estudada por MANTOVANELLI (1999) há predomínio da difusão turbulenta nas sizíguas de inverno, sob condições de reduzido aporte de água doce e elevadas velocidades de correntes, com correntes residuais, estuário acima. O grau de turbulência, ao longo da coluna d'água, controla a distribuição vertical de MPS. Na quadratura há um predomínio da advecção sobre a ressuspensão.

As correntes residuais de maré (modo barotrópico) podem ser significativamente modificadas pelo vento, tanto na região costeira como no interior da baía (CAMARGO, 1998).

A penetração da onda de maré de sizígia, no interior CEP, produz normalmente uma frente estuarina, importante processo de mistura e transporte. Este fenômeno conspícuo é capaz de trapear material em suspensão e flutuante, na zona de convergência da frente, sendo de enorme importância como retentor de poluentes. Mais importante ainda é mencionar que a zona de frente estuarina, no eixo L-O, ocorre a montante do Porto de Paranaguá, atingindo a região até quase a desembocadura do rio Nhundiaquara.

Entendida a importância que as correntes de maré possuem para a dinâmica da área, assim como para o transporte de sedimentos, a segurança na navegação, etc., a seguir é apresentado um resumo das correntes observadas na região.

As velocidades máximas das correntes de maré, em superfície, na plataforma interna, no par de bóias 3-4, são de 0,6 nós (32 cm/s) na enchente (direção 310°) e 1,6 nós (87 cm/s.) na vazante (direção 115°). Neste ponto pode ser observado um desvio entre as margens do canal e as direções de fluxo de maré, o que implica na obstrução parcial dos fluxos de maré vazante pela margem NE do canal, enquanto que, na margem oposta, o mesmo ocorre no período de maré enchente. No setor externo da Baía de Paranaguá, localizado entre as bóias 11 e 12, as velocidades máximas de correntes de maré são de 1,1 nós (59 cm/s) nos períodos de maré enchente (direção 320°) e 1,8 nós (97 cm/s), nos períodos de maré vazante (direção 140°). As correntes, neste ponto do estuário estão direcionadas para o setor "autolimpante", afunilando o fluxo de marés entre as ilhas do Mel e da Galheta. Na Ponta do Poço, as velocidades máximas de correntes de maré, alcançam 2,6 nós (141 cm/s) nos períodos de maré enchente (direção 270°) e 2,2 nós (119 cm/s), nos períodos de maré vazante (direção 75°), com as correntes de vazante inflectindo para o Canal da Cotinga e concentrando o fluxo próximo à Ponta do Poço. Na enchente, ao contrário, o fluxo inflecte para o Canal da Galheta.

Através da realização de fundeios e perfilagens, principalmente na frente do Porto de Paranaguá, nas proximidades do Porto de Antonina e no setor externo do Canal da Galheta,

o Grupo de Física Marinha (GFM), do Centro de Estudos do Mar, produziu, nos últimos anos, cartas de correntes do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, que são apresentadas adiante (Item 4.1.13.2.4).

#### **4.1.12.2.4 CARTAS, DIAGRAMAS E MAPAS DE CORRENTE**

Para facilitar a visualização das correntes que podem vir a carrear sedimentos, no Complexo Estuarino de Paranaguá, diversos mapas e cartas de correntes podem ser confeccionados, utilizando-se os dados existentes no banco de dados do GFM-CEM. Assim sendo, nas Figuras 4.1.12.2.4-I, II e III é mostrada uma idéia geral, numa representação vetorial das correntes máximas de enchente e vazante, em toda a região de interesse. Uma imagem de satélite (LANDSAT), processada no GFM do CEM, mostra em detalhe, as feições gerais da área de estudo.

Na Figura 4.1.12.2.4-IV, os resultados de fundeios, de longa duração, são apresentados esquematicamente, de duas maneiras diferentes:

- a) Elipse de marés ou diagrama polar das correntes: neste caso, em vermelho, são apresentados os vetores das correntes de enchente e vazante, observados nos fundeios de Antonina, Paranaguá e Canal da Galheta.
- b) Vetores progressivos: em linha preta, acompanhada de setas, é representada a trajetória ideal que uma partícula seguiria, durante um par de ciclos de maré (em escala).

Nesta carta, também, são apresentadas as áreas de manguezais, obtidas de diversas imagens de satélite, utilizadas neste e em outros estudos.

Finalmente, os diagramas de corrente mostram as características principais, observadas ao longo do ano, na coluna d'água, e num transecto que começa em Antonina e termina na região do Canal da Galheta (área externa).

As correntes de vazante são, em média, 10 a 15 % superiores às de enchente. Isto ocorre devido à influência dos atritos lateral e de fundo, que são gradativamente maiores em direção à cabeceira e, também, devido ao aporte de água doce e à circulação residual.

Na Tabela 4.1.12.2.4-a, os valores das correntes (direção e sentido) nas preamares de sizígia, são apresentados, com a sua correspondente localização (latitude e longitude obtidas com GPS). Nestas tabelas, somente alguns dos pontos observados, os mais relevantes, são incorporados. O tempo de defasagem entre a preamar num local e outro é

também apresentado, considerando-se a origem, na entrada do Complexo (assim, para se conhecer a preamar num ponto a montante, basta adicionar o tempo de defasagem ao horário da preamar na entrada do complexo).

Na Tabela 4.1.12.2.4-b, são colocados os dados de correntes máximas de enchente, na superfície, em períodos de sizígia (portanto, médias das máximas correntes de enchente de sizígia observadas e sua direção com referência ao Norte geográfico) e sua posição geográfica (latitude e longitude obtida com GPS). Na Tabela 4.1.13.2.4-c, as mesmas informações, são apresentadas, mas para as correntes máximas de vazante.

As Figuras 4.1.12.2.4-I, 4.1.12.2.4-II, 4.1.12.2.4-III e 4.1.12.2.4-IV mostram, graficamente, as informações das Tabelas 4.1.12.2.4-a, b e c acima mencionadas, correspondendo às correntes durante a preamar, as máximas correntes de enchente e as máximas correntes de vazante. Notar em cada carta, as defasagens das máximas correntes em relação à preamar (local). Os Histogramas Polares apresentados nas Figuras 4.1.12.2.4-V, 4.1.12.2.4-VI e 4.1.12.2.4-VII mostram a distribuição das direções de corrente observadas nos locais dos fundeios (Antonina, Paranaguá e Bóias 3-4).

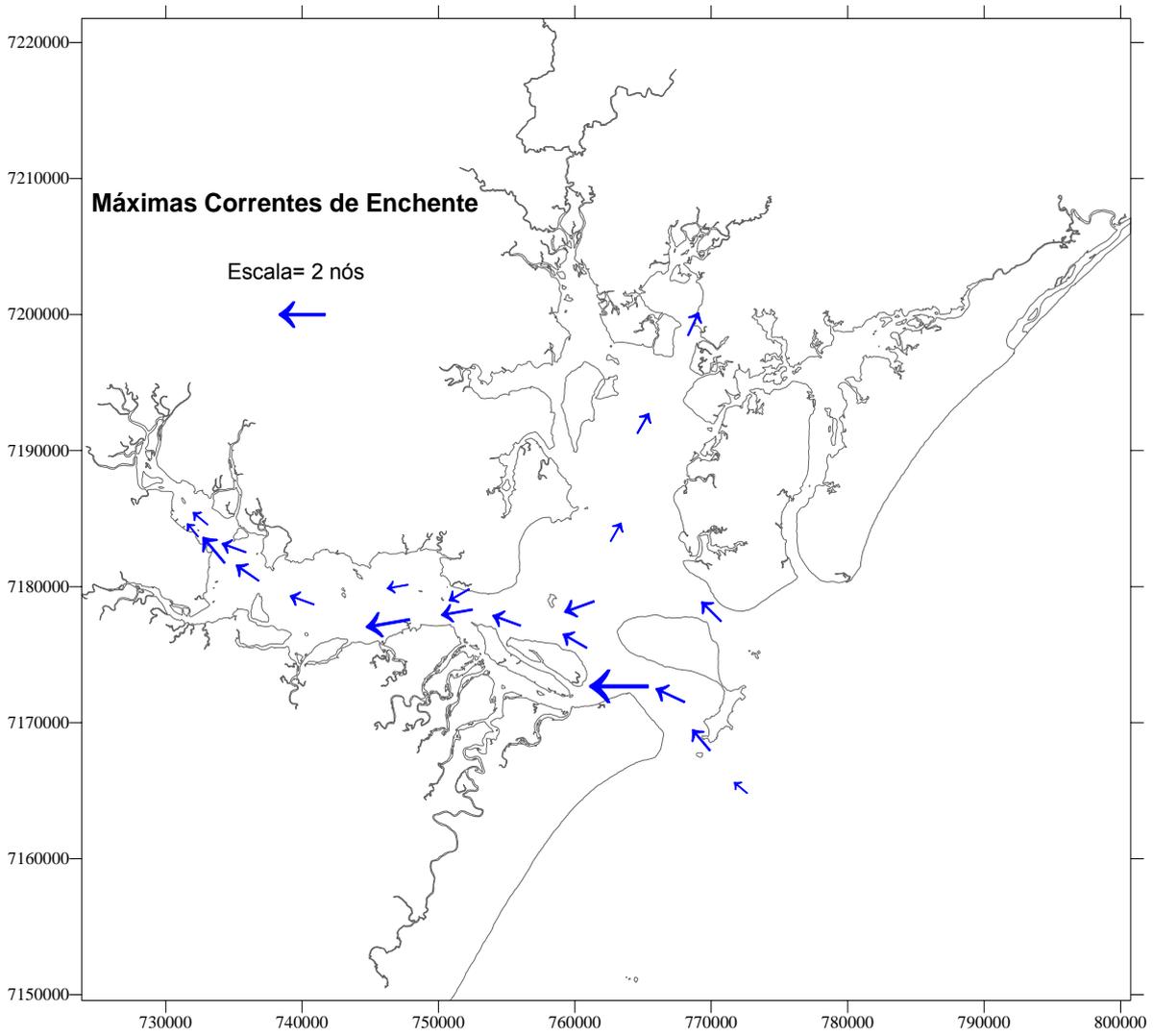


Figura 4.1.12.2.4-I – Carta geral de Máximas Correntes de Enchentes, no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá

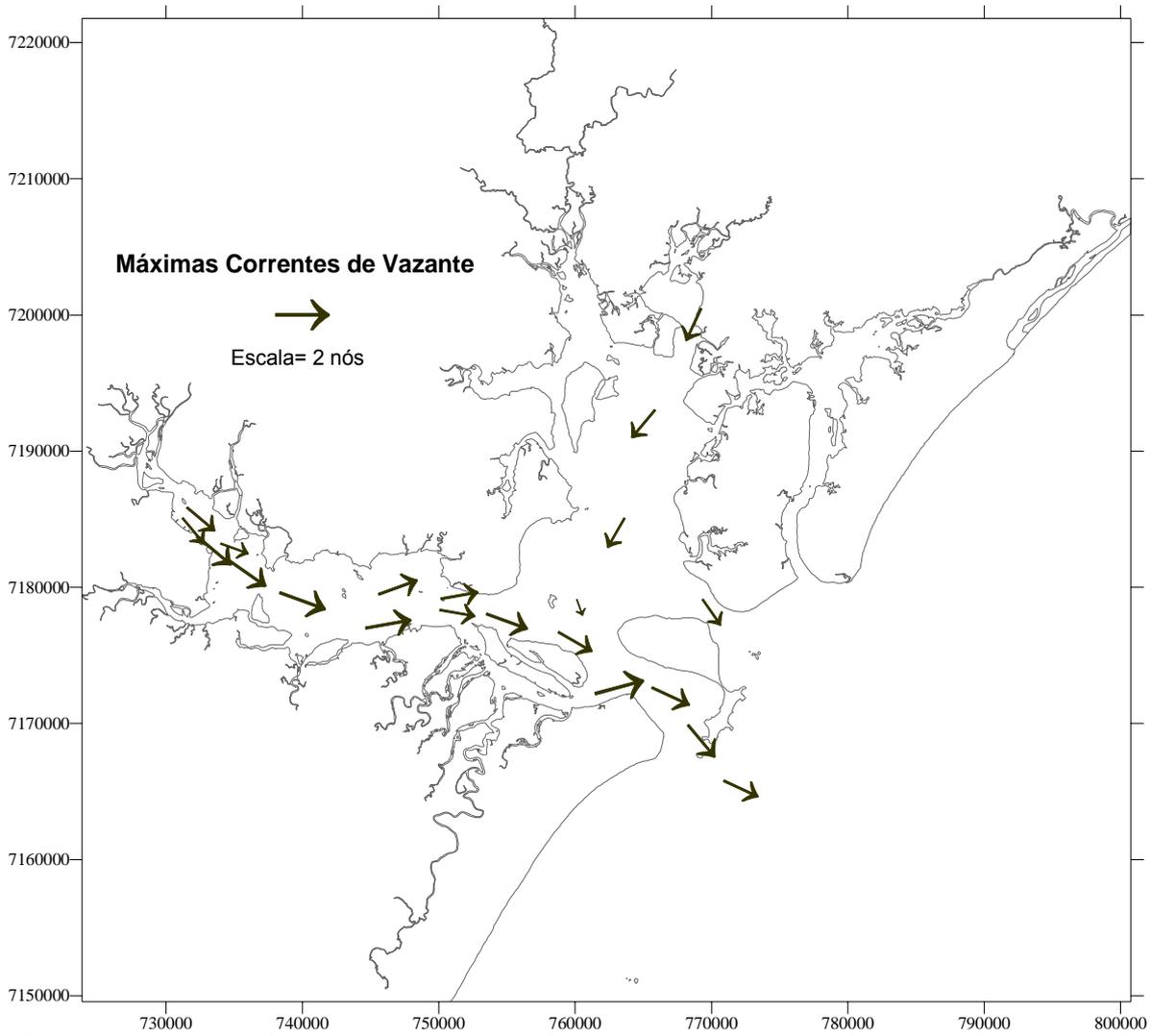


Figura 4.1.12.2.4-II - Carta geral de Máximas Correntes de Vazante, no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá

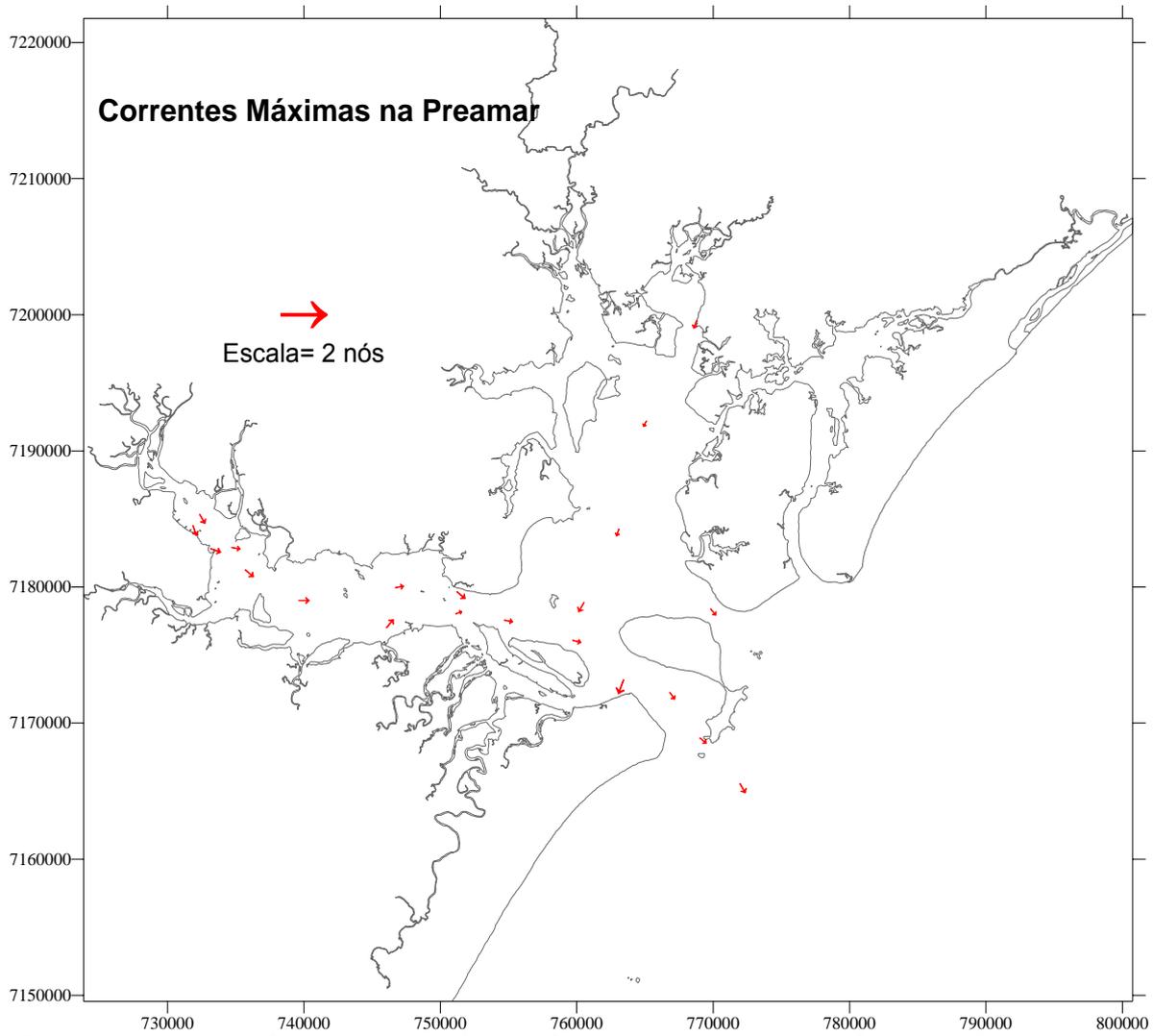


Figura 4.1.12.2.4-III - Carta geral de Máximas Correntes na Preamar, no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá

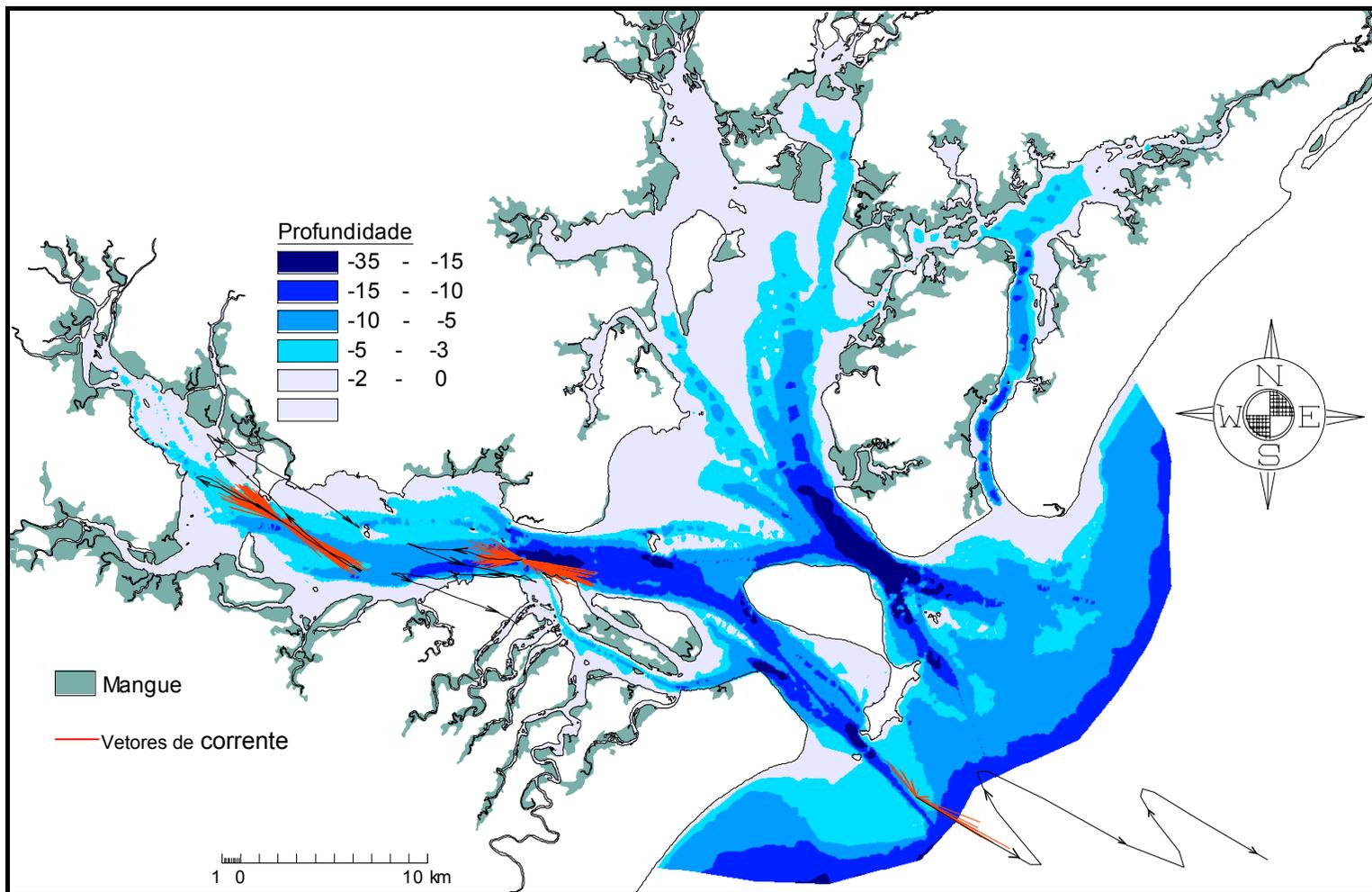


Figura 4.1.12.2.4-IV – Carta de Elipses de Correntes e vetores progressivos, no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá

Tabela 4.1.12.2.4-a: Correntes médias na preamar de sizígia, em superfície. A última coluna mostra, aproximadamente, quanto tempo após a preamar na entrada do estuário (0 min,) ocorre a preamar no respectivo local (coluna 1)

Local (aprox.)	Latitude S	Longitude W	Vel. (nós)	Direção (°)	Após (min)
Bóias 3-4	25° 36.36'	48° 17.44'	0,3	150	0
Canal da Galheta	25° 34.49'	48° 19.21'	0,2	130	10
Canal Norte	25° 29.37'	48° 18.88'	0,2	140	--
Ponta do Poço	25° 32.42'	48° 22.85'	0,5	200	35
Emboguaçu	25° 30.23'	48° 33.56'	0,3	250	45
Ilha das Cobras	25° 29.28'	48° 24.65'	0,3	210	79
Paranaguá – 1	25° 29.60'	48° 30.00'	0,1	70	98
Paranaguá – 2	25° 28.90'	48° 29.92'	0,3	130	98
Fospar	25° 30.09'	48° 33.01'	0,3	40	100
Nhundiaquara	25° 27.20'	48° 39.80'	0,2	100	102
Ponta do Félix	25° 27.30'	48° 40.68'	0,3	110	104
Antonina	25° 26.52'	48° 41.61'	0,3	160	110
Guaraqueçaba	25° 17.95'	48° 19.92'	0,2	200	--

Tabela 4.1.12.2.4-b: Correntes máximas de enchente (médias) de sizígia, em superfície. As máximas correntes de enchente acontecem aproximadamente entre 3,4 e 4 horas antes da preamar local (duração maior a montante)

Local (aprox.)	Latitude S	Longitude W	Vel. (nós)	Direção (°)
Bóias 3-4	25° 36.36'	48° 17.44'	0,6	310
Canal da Galheta	25° 34.49'	48° 19.21'	1,1	320
Canal Norte	25° 29.37'	48° 18.88'	1,1	315
Ponta do Poço	25° 32.42'	48° 22.85'	2,6	270
Emboguaçu	25° 30.23'	48° 33.56'	1,0	250
Ilha das Cobras	25° 29.28'	48° 24.65'	1,3	250
Paranaguá -1	25° 29.60'	48° 30.00'	1,3	260
Paranaguá -2	25° 28.90'	48° 29.92'	0,9	240
Fospar	25° 30.09'	48° 33.01'	1,9	260
Nhundiaquara	25° 27.20'	48° 39.80'	1,0	290
Ponta do Félix	25° 27.30'	48° 40.68'	1,4	320
Antonina	25° 26.52'	48° 41.61'	0,6	320
Guaraqueçaba	25° 17.95'	48° 19.92'	1,0	25

Tabela 4.1.12.2.4-c: Correntes máximas de vazante (médias) de sizígia, em superfície. As máximas correntes de vazante acontecem aproximadamente entre 2,1 e 2,8 horas após a preamar local (diminui a montante)

Local (aprox.)	Latitude S	Longitude W	Vel. (nós)	Direção (°)
Bóias 3-4	25° 36.36'	48° 17.44'	1,6	115
Canal da Galheta	25° 34.49'	48° 19.21'	1,8	140
Canal Norte	25° 29.37'	48° 18.88'	1,3	145
Ponta do Poço	25° 32.42'	48° 22.85'	2,2	75
Emboguaçu	25° 30.23'	48° 33.56'	1,1	50
Ilha das Cobras	25° 29.28'	48° 24.65'	0,6	160
Paranaguá - 1	25° 29.60'	48° 30.00'	1,5	100
Paranaguá – 2	25° 28.90'	48° 29.92'	1,6	40
Fospar	25° 30.09'	48° 33.01'	2,0	80

Local (aprox.)	Latitude S	Longitude W	Vel. (nós)	Direção (°)
Nhundiaquara	25° 27.20'	48° 39.80'	1,2	110
Ponta do Félix	25° 27.30'	48° 40.68'	1,9	130
Antonina	25° 26.52'	48° 41.61'	1,4	140
Guaraqueçaba	25° 17.95'	48° 19.92'	1,5	205

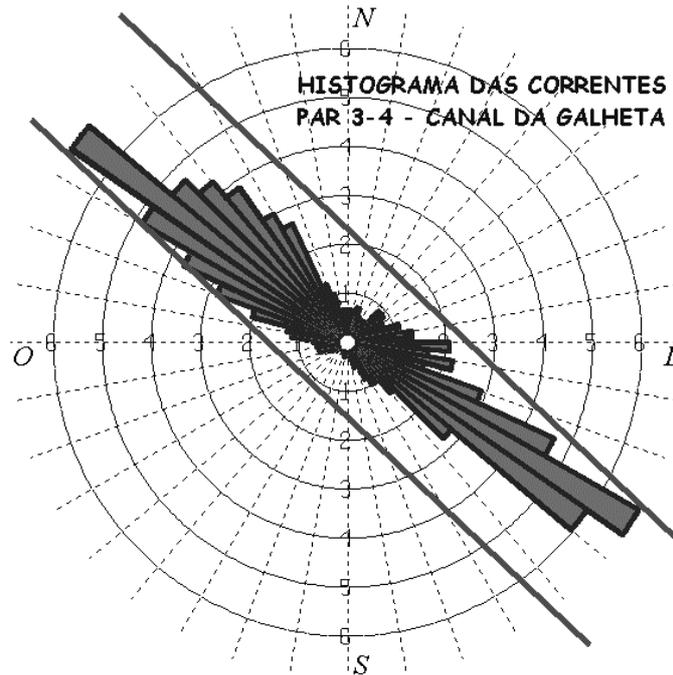


Figura 4.1.12.2.4-V – Histograma Polar da Distribuição das direções de corrente de superfície, no Canal da Galheta (Bóias 3-4)

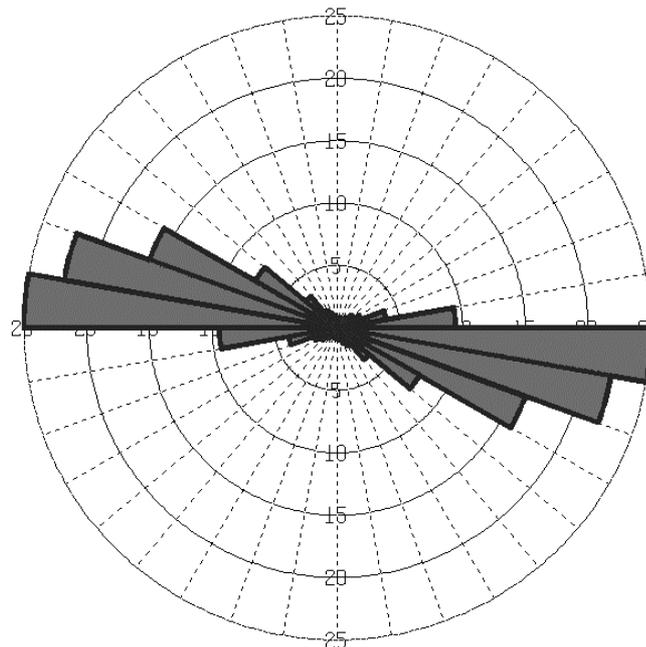


Figura 4.1.12.2.4-VI – Histograma Polar da Distribuição das direções de corrente de superfície no Porto de Paranaguá

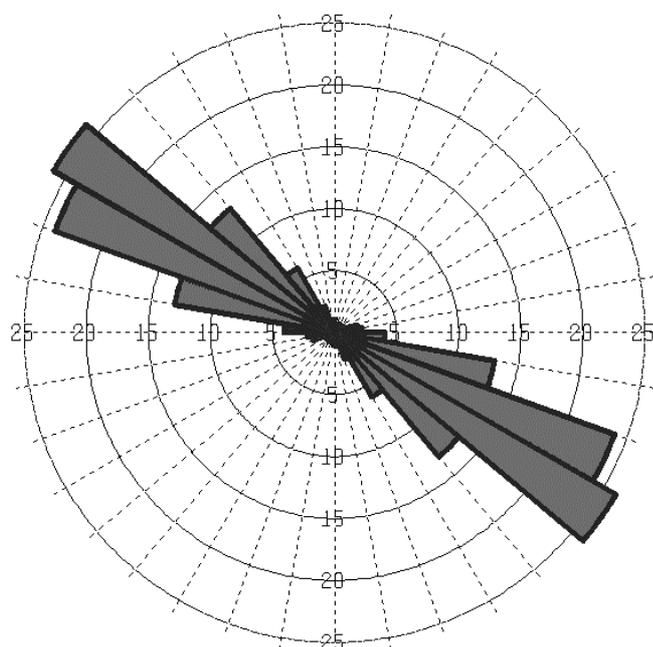


Figura 4.1.12.2.4-VII – Histograma Polar da Distribuição das direções de corrente de superfície nas proximidades do Porto de Antonina

#### 4.1.12.2.5 Marés

Um corpo de água, com características estuarinas, diferencia-se de águas oceânicas ou até mesmo costeiras de face ao mar aberto, porque é no complexo estuarino que a troca de propriedades, entre a terra e o mar aberto, encontra-se maximizada. As principais forçantes que provocam a mistura ou troca de propriedades, dentro de um complexo estuarino são, na ordem de importância:

- marés e suas correntes associadas;
- balanço de água doce (aporte dos rios, chuvas, lençol freático, etc.);
- radiação solar;
- ventos;
- ondas.

No caso de um complexo como o da Baía de Paranaguá, o relativamente reduzido aporte de água doce, a limitada ação dos ventos e a pouca energia das ondas, dentro do estuário, fazem que o principal motor das trocas de propriedades seja o mecanismo das marés. Os efeitos da radiação solar e do regime de aporte de água doce, sofrem uma variação importante, ao longo do ano, sendo suas diferenças sazonais suficientemente marcadas, para provocar variações sazonais nas propriedades de mistura. Por outro lado, efeitos meteorológicos de meso-escala, são responsáveis por variações do nível do mar

(maré meteorológica), que também modificam, durante os breves momentos em que ocorrem, as propriedades dinâmicas do estuário e sua correspondente capacidade de mistura e transporte de propriedades.

O litoral do Estado do Paraná possui regime de marés, semi-diurno. A amplitude da maré costeira é inferior a 2m em períodos de sizígia, o que caracteriza um regime de micromarés.

A influência da maré é marcante na região do CEP, apresentando amplitude média de 2,2 m e caráter predominantemente semidiurno, dentro do complexo, embora ocorram desigualdades e efeitos não lineares (MARONE *et al.*, 1995a). Também são comuns alterações anormais do nível médio do mar, principalmente durante o inverno, atribuídas à passagem de frentes frias oceânicas e a ventos fortes, que geram grandes ondas e causam o empilhamento de água na costa (MARONE & CAMARGO, 1994). A intrusão da maré alcança, aproximadamente, 13 km, no comprimento de mais de 40 km do CEP no sentido L-O e a renovação de água do sistema ocorre em 3,5 dias (tempo de fluxo) (MARONE *et al.*, 1995a), sendo esta favorecida pelo regime mesotidal e pela reduzida profundidade do sistema. As amplitudes médias para quadratura e sizígia, correspondem a 1,3 e 1,7m, na desembocadura (Ilha da Galheta) e 2,0 e 2,7 m na cabeceira (Baía de Antonina). O sinal da maré é amplificado, na direção de montante do sistema. As previsões das marés astronômicas são realizadas pelo Grupo de Física Marinha com base nas constantes de maré, obtidas em análises, feitas pelo método Harmônico (LESSA *et al.*, 1998) e pelo método da análise secundária, modificado (MARONE & JAMIYANAA, 1997). A qualidade destes resultados levou a trabalhos conjuntos com a DHN, que resultaram na modificação, por este último, do estabelecimento dos portos, dentro do CEP. Os antigos, foram modificados de maneira a usar diferentes setores dentro do complexo, melhorando-se assim, a segurança na navegação e as normas de tráfego.

É muito importante destacar o grande significado que o conhecimento preciso das variações do nível do mar, como as marés, tem para as operações portuárias. Por um lado, o ciclo das marés condiciona a navegação, na medida em que, no caso de Paranaguá, é capaz de reduzir o calado útil em mais de 2 m entre uma preamar e uma baixa-mar. Além de considerações de segurança, as econômicas atingem peso significativo quando se lembra que uma polegada a mais de calado num navio porta-contêiner, do tipo pós-Panamá, significa uma média de U\$D 200.000 a mais em carga.

Nas regiões litorâneas, a combinação dos efeitos meteorológicos e oceânicos, tem fundamental importância, uma vez que fenômenos climáticos, como passagem de sistemas

meteorológicos, podem causar um aumento excessivo do nível do mar e a modificação dos padrões da circulação litorânea, bem como da circulação em baías. O intercâmbio de propriedades, entre o sistema interno e o mar aberto, é principalmente governado pelo regime de marés, sendo substancialmente diferente, nas marés de sizígia e quadratura. Segundo MARONE & CAMARGO (1994) uma das situações mais comuns de modificação do sinal típico de maré astronômica (Figura 4.1.12.2.5-I) é conhecida como “ressaca” (*storm surges*), e ocorre associada a marés meteorológicas. Uma maré meteorológica, observada em 18 de agosto de 1994, ocasionou uma elevação de 80 cm, acima do nível da maré previsto para aquele dia, o que significou um volume de água, represada na Baía de Paranaguá, estimado em  $4,8 \times 10^8 \text{ m}^3$ . Na Figura 4.1.12.2.5-II pode ser visto o resultado de modelo numérico que mostra as anomalias do nível médio do mar, para o Porto de Paranaguá, sendo esta anomalia a chamada “maré meteorológica”.

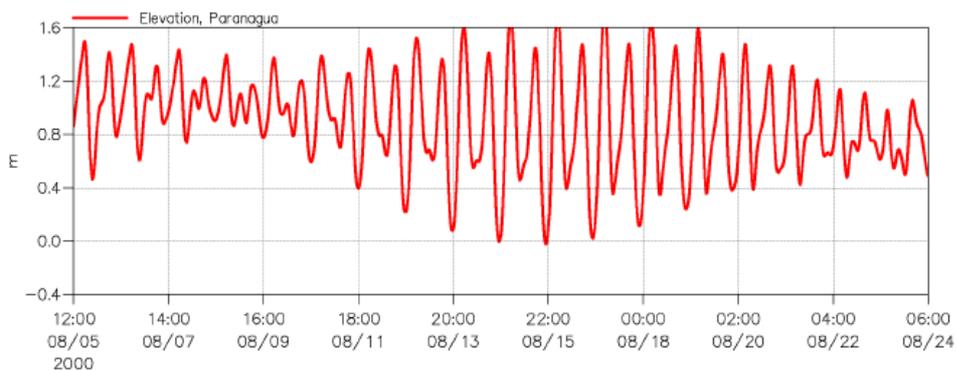
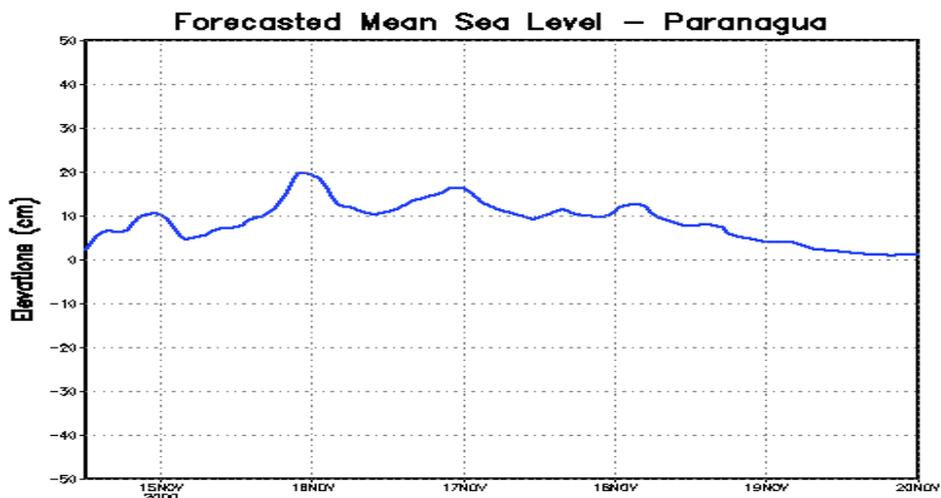


Figura 4.1.12.2.5-I – Registro parcial da maré astronômica para o Porto de Paranaguá



Fonte: CAMARGO, 1998

Figura 4.1.12.2.5-II - Saída do modelo POM para o nível médio do mar em Paranaguá

A seguir, é apresentado um resumo das principais características da maré, no CEP, começando pelo valor do Prisma de Maré, que é a quantidade de água que entra e sai do CEP, entre uma baixa-mar e a preamar subsequente:

- prisma de maré  $P$ : área do corpo receptor vezes o range da maré no local.
- tempo de fluxo: tempo que leva o ir e vir da maré e as correntes residuais para trocar toda a água do corpo receptor, é calculado segundo a fórmula:

$$T_f = (V + P)/P$$

onde:

$V$  é o volume de água contido no corpo receptor, na maré baixa,

$P$ , o prisma de maré e

$T_f$  corresponde ao número de ciclos de maré necessários para a troca.

Por outro lado, o prisma de maré pode ser visto como um fluxo que entra e sai do corpo receptor, durante um ciclo de maré e por tanto, transformado em velocidades médias por unidade de área ou totais, ou na vazão devida à maré. Assim, de uma maneira simples, pode ser realizado um cálculo, baseado nas expressões acima e na hipótese, contida no conceito do prisma de maré, de mistura turbulenta completa no corpo d'água.

Nas figuras a seguir (Figura 4.1.12.2.5-III) são mostrados alguns exemplos de registros de maré, não simultâneos, obtidos em diversos locais da área de estudos. Nestes é possível observar as diferenças entre períodos de sizígia (maiores amplitudes) e quadraturas, assim como algumas deformações do sinal de maré devidas a interferência meteorológica.

Na Tabela 4.1.12.2.5-a são apresentadas algumas informações da maré que condensam, em forma numérica, dados de utilidade como amplitudes, defasagens, etc., para alguns dos locais mais importantes na área de estudo.

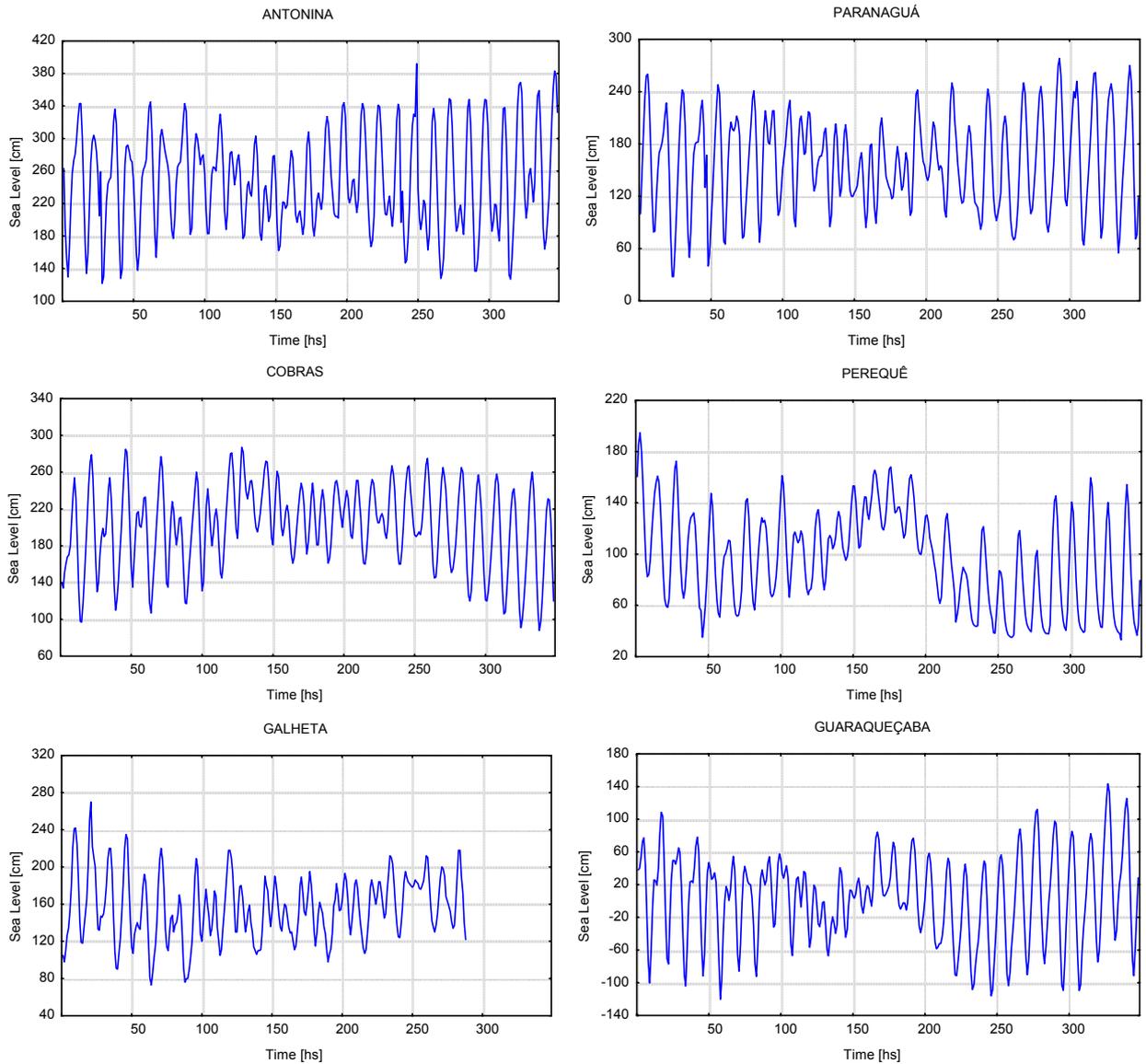


Figura 4.1.12.2.5-III – Registros de marés sizígia (maiores amplitudes) e quadraturas

Tabela 4.1.12.2.5-a: Informações da maré

Local	Defasagem Sizígia (min)		Defasagem Quad. (min)		Tempo de Enchente	Tempo de Vazante	Range de Sizígia	Range de Quadratura
	alta	baixa	alta	baixa				
Galheta	-	-	-	-	6.8 hs	5.5 hs	1.74 m	1.30 m
Cobras	69	55	91	75	-----	-----	2.07 m	1.68 m
Paranaguá	88	68	106	93	7.5 hs	4.8 hs	2.09 m	1.70 m
Antonina	100	110	132	151	8.1 hs	4.2 hs	2.74 m	2.02 m

Tabela 4.1.12.2.5-b: Informações por setores do Complexo

Local	Área (km <sup>2</sup> )	Prof. Média (m)	Prof. Máxima (m)	Descarga da Maré (m <sup>3</sup> /s)	Razão Maré/Rio	Prisma (km <sup>3</sup> )
Antonina	35	1.9	8	2352	0.127	0.0945
Paranaguá	117	4.3	17	7862	0.037	0.2808
Galheta	256	7.0	33	17204	0.014	0.5632

Uma vez que as principais forçantes, no CEP, estão ligadas com o regime de marés, deve-se destacar que as correntes relacionadas a este fenômeno, são principalmente oscilatórias, provocando um fluxo e refluxo de água costeira e oceânica, pelo menos duas vezes por dia, dentro do estuário. Ligeiras correntes residuais e de características permanentes, transportam, no caso da Baía de Paranaguá, alguma quantidade de água e suas propriedades como calor, massa, etc., na direção de mar aberto, situação típica de estuários conhecidos como positivos, que é a de exportar água e suas propriedades para mar aberto. As proporções entre a água doce e as correntes residuais provocadas pela maré, as diferenças de densidade, o efeito de rotação da terra, etc. (que determinam o fluxo estuário afora) e o volume de água que entra e sai num ciclo de maré (prisma de maré) é que definem, em primeira instância, a capacidade de mistura e transporte de propriedades existentes no interior do estuário, na direção do mar aberto.

#### 4.1.12.2.6 CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

##### 4.1.12.2.6.1 Propriedades físico-químicas das Baías de Antonina e Paranaguá

Diversos estudos têm evidenciado que a dinâmica espaço-temporal das propriedades físico-químicas e biológicas do complexo estuarino da Baía de Paranaguá é controlada, primariamente pelos fatores climáticos (regime de chuvas e ventos) que, por sua vez, regulam a intensidade da ação das marés (KNOPPERS *et al.*, 1987; BRANDINI *et al.*, 1988; REBELLO & BRANDINI, 1990; MACHADO *et al.*, 1997). Assim, o eixo leste-oeste do complexo estuarino da Baía de Paranaguá exibe um padrão de estratificação salina, somente em situações de fortes marés vazantes que ocorrem, principalmente, no período chuvoso de verão (KNOPPERS *et al.*, 1987; MACHADO *et al.*, 1997). Nos demais períodos, observa-se uma variação espacial no padrão de estratificação, com águas bem misturadas no setor externo e uma progressiva estratificação em direção ao interior da baía. Por outro lado, uma coluna d'água, praticamente homogênea em todo o sistema, pode ser observada, após fortes ventos. A temperatura apresenta um padrão de distribuição espacial semelhante

ao da salinidade. Não obstante, as variações verticais e horizontais são de pequena magnitude.

A transparência da água exibe uma relação direta com a salinidade, com valores mais elevados ocorrendo no período seco (inverno), na desembocadura da baía. Os valores de pH sofrem pouca variação, porém, em diversas ocasiões, são observados valores mais elevados nos setores Charlie Uno, Charlie Dois, Delta e Echo, atribuídos às atividades fotossintéticas (BRANDINI & THAMM, 1994; MACHADO *et al.*, 1997). O oxigênio dissolvido na água de fundo exibe um gradiente decrescente em direção às regiões internas da baía. Na água de superfície, nenhum padrão definido foi observado. Este comportamento pode ser atribuído à variabilidade espacial, nos processos de produção e respiração na coluna d'água e, provavelmente, nos sedimentos superficiais (STUMM & MORGAN, 1981; CARMOUZE, 1994; BIERMAN *et al.*, 1994; MACHADO *et al.*, 1997). Entretanto, um valor de zero mg/l foi registrado na água de fundo do setor Charlie Dois, logo após a realização de uma dragagem, em outubro de 2000 (KOHLM *et al.*, 2002a). O material particulado em suspensão (seston) apresenta uma variabilidade acentuada, com valores entre 5,8 e 64 mg·dm<sup>-3</sup>, nos setores Bravo Uno e Bravo Dois; entre 8,1 e 169 mg·dm<sup>-3</sup> nos setores Charlie Uno, Charlie Dois e Delta e entre 5,7 e 139 mg·dm<sup>-3</sup>, no setor Echo (porção mais interna). Contudo, durante uma operação de dragagem, conduzida no canal de acesso e bacia de evolução dos Terminais Portuários da Ponta do Félix (Setor Delta), foram verificados um teor máximo de 936 mg·dm<sup>-3</sup> de material particulado em suspensão, concomitante com um valor mínimo de transparência da água, de 0,15 m (Tabela 4.1.12.2.6.1-a). As variações espaciais e temporais não apresentam o padrão esperado, de incremento com a diminuição da salinidade, o que parece ser consequência da complexa hidrodinâmica do sistema e de processos de ressuspensão dos sedimentos superficiais e penetração da água de fundo, de maior salinidade, durante a maré enchente (MACHADO *et al.*, 1997).

Em concordância com outros estudos realizados em ambientes costeiros e estuarinos (GARCIA-SOTO *et al.*, 1990; HARRISON *et al.*, 1991; MALLIN, 1994; ABREU *et al.*, 1995), os valores mais elevados de clorofila-a e nutrientes inorgânicos dissolvidos, ocorrem nos setores Charlie Uno, Charlie Dois, Delta e Echo, durante o período chuvoso (MACHADO *et al.*, 1997; Tabela 4.1.12.2.6.1-a). Já os setores Bravo Uno e Bravo Dois apresentam concentrações caracteristicamente menores (Tabela 4.1.12.2.6.1-a). Para o nitrato e, principalmente para o silicato, um comportamento de mistura, mais conservativo, pode ser observado, indicando que a drenagem continental constitui a principal fonte destes constituintes (LANA *et al.*, 2000).

Tabela 4.1.12.2.6.1-a: Faixa de variação dos descritores físico-químicos da coluna d'água nos setores do CEP

Setor	Sal	pH	T °C	OD (mg/l)	Secchi (m)	MPS (mg/l)	Chl.-a (µg/l)	N-NO <sub>3</sub> µM	N-NO <sub>2</sub> µM	N-NH <sub>4</sub> µM	P-PO <sub>4</sub> µM	Si(OH) <sub>4</sub> µM	N:P
Echo <sup>1</sup>	0-25,5	6,6-8,2	18-29,5	4,2-8,2	0,5-2,9	5,7-139	0,3-49	0,14-8,7	0,04-1,27	0,77-7,6	0,3-3,77	3,4-178	1,1-36
Delta <sup>4</sup>	7,2-29,2	7,4-8,3	17,8-28	4,1-9,1	0,15-4	16-936	3,8-57	0-5,6	0,03-1,79	0,4-12,9	0,15-1,1	5,4-74	1,8-62
Charlie Uno, Dois e Delta <sup>1</sup>	12,5-32	7,6-8,2	19,1-28	5,0-8,1	1,2-4,2	8,1-91	0,89-13	0,17-5,1	0,04-0,86	0,94-16,7	0,33-1,2	1,5-55	1,4-28
Charlie Uno e Charlie Dois <sup>2</sup>	15,8-28	7,9-8,2	22-29,6	3,7-9,1	1,0-2,8	6,1-68	10,6-22	0,02-0,8	0,08-0,3	0,73-8,0	0,21-0,9	16-47	3,0-18
Charlie Dois <sup>3</sup>	23-30	7,0-8,4	18,5-32	0,0-10	0,5-4,0	22-169	0,01-32	0,0-5,2	0,01-3,6	0,06-139	0,2-68	2,5-91	0,4-14
Charlie Uno <sup>5</sup>	30-35	8,0-8,1	18-19	6,9-7,4	2,0-2,4	22,6-43	2,9-5,5	0,3-3,8	0,1-0,6	1,1-3,4	0,6-2,4	12,1-28	0,2-0,4
Bravo Uno e Dois <sup>1</sup>	16-35	7,7-8,2	18-27,5	5,0-8,2	1,0-6,6	5,8-64	0,03-15	0,08-2,7	0,0-0,56	0,43-6,2	0,22-1,5	3,3-32	0,9-27
Bravo Uno <sup>2</sup>	24-32	8,0-8,1	21-28,4	6,5-8,3	2,8-3,3	6,4-29	5,0-15	0,09-1,6	0,06-0,2	0,64-2,6	0,19-0,6	7,5-35	3,1-12

<sup>1</sup>MACHADO et al. (1997) - Período Estudado: 07/1994 – 07/1995; <sup>2</sup>APPA/CEM (1999) – Período estudado: 05/1998 e 03/1999; <sup>3</sup>KOLM et al (2002a) – Período estudado: 01/2000 - 11/2001; <sup>4</sup>KOLM et al. (2002b) – Período estudado: 05/2001- 02/2002; <sup>5</sup>RAP (2003) - Período estudado: 12/07/2002.

Tabela 4.1.22.6.1-b: Faixa de variação dos descritores físico-químicos da coluna d'água no CEP

Período	Sal.	pH	T °C	O.D. (% Sat.)	Secchi (m)	MPS (mg/l)	Chl.-a (µg/l)	POC (mg/l)	NO <sub>3</sub> µM	NO <sub>2</sub> µM	NH <sub>4</sub> µM	PO <sub>4</sub> µM	Si(OH) <sub>4</sub> µM	N:P
1994 1995 <sup>1</sup>	0 – 32,5	6,7 – 8,3	18,5 – 26,6	64 - 112	0,7 – 6,8	1,7 - 221	0,4 - 49	0,2 - 4	0,1 - 9	0 – 0,9	0,4 - 8	0,2 - 3	3,1 - 178	0,6 24.2
1985 1986 <sup>2*</sup>	5,8 – 34,4	6 - 8	21 – 31,5	78 - 160	-	3,8 – 50,3	0,7 – 24,6	-	<1 – 8,8	-	<1 - 10	0,4 – 2,48	<10 - 50	-
1983 1984 <sup>3</sup>	9,3 - 32	7,4 – 8,18	17 - 30		0,5 - 5	1,1 – 25,3	1,2 - 29	-	0,7 - 4,2	0 – 0,5	0,2 – 9,6	0,2 – 1,9	19 - 148	6,2 - 10.1
1981 1984 <sup>4</sup>	2 – 35,5	7 – 8,25	20 - 30	100 - 120	0,5 5	1,1 - 34	1,2 - 29	-	0,3 - 13	0 – 0,3	0 - 10	0,07 – 1,4	1,5 - 140	-

<sup>1</sup>MACHADO et al. (1997); <sup>2</sup>BRANDINI et al. (1988); <sup>3</sup>BRANDINI (1985); <sup>4</sup>KNOPPERS et al. (1987) - Os dados se referem apenas à água de superfície.

Um decréscimo nas concentrações de nitrato na água de fundo, nos setores Charlie Uno e Charlie Dois, observado concomitantemente com baixos valores de oxigênio dissolvido e um incremento nos teores de N-amoniacoal e nitrito, entretanto, sugere que a região mediana da baía, pode constituir uma área de remoção de nitrato e uma fonte para nitrito e amônio (MACHADO *et al.*, 1997). Tal comportamento pode ser fortemente acentuado pelas atividades de dragagem, como observado durante a operação realizada pela FOSPAR no setor Charlie Dois, quando foi verificada a maior concentração de N-amoniacoal (Tabela 4.1.12.2.6.1-a). Como consequência desta remoção, as razões N:P (nitrogênio inorgânico dissolvido: fósforo inorgânico dissolvido) podem ser menores que a razão de assimilação do fitoplâncton, de 16:1 (por átomos), causando uma limitação potencial da produtividade fitoplanctônica (base da cadeia alimentar em muitos sistemas), pelo nitrogênio. Baixas razões N:P são encontradas, invariavelmente, em massas de água pobres em oxigênio dissolvido e são associadas com altas concentrações de nitrito (DEUSER *et al.*, 1978; HATTORI, 1983). Na Baía de Paranaguá, as razões N:P apresentam uma variabilidade espacial e temporal, com valores mais elevados no setor Echo, durante o período chuvoso (LANA *et al.*, 2000; Tabela 4.1.12.2.6.1-a). Neste período, um aumento nas razões N:P é também observado nos demais setores da baía, devido principalmente, ao maior incremento nas concentrações dos nutrientes nitrogenados. Contudo, a predominância de valores menores que 16:1 demonstram que o nitrogênio constitui o nutriente potencialmente mais limitante para a produção primária da baía (BRANDINI & THAMM, 1994; MACHADO *et al.*, 1997), o que parece ser uma feição comum de muitos ecossistemas costeiros (NIXON, 1981; KLUMP & MARTENS, 1983; NIXON & PILSON, 1983; DAY *et al.*, 1989).

Uma técnica para identificar a ocorrência de processos de remoção e de suprimento de nutrientes, em um sistema estuarino, consiste na construção de diagramas de mistura, que são gráficos de nutrientes, plotados contra a salinidade, (LISS, 1976; SHARP, 1984; ABREU *et al.*, 1995). Utilizando estes diagramas, KNOPPERS *et al.* (1987), BRANDINI *et al.* (1988) e MACHADO *et al.* (1997) observaram que: (1) a região mediana da Baía de Paranaguá, representada pelos setores Charlie Uno, Charlie Dois e Delta, constitui uma área-fonte para fosfato e amônio; (2) a região mais externa da baía, representada pelos setores Bravo Uno e Bravo Dois, pode apresentar concentrações de nutrientes, maiores que o esperado, com base no gradiente salino de mistura e como consequência do incremento no aporte de água doce, através de vários rios, para o Canal da Cotinga e, subseqüentemente, para o Canal da Galheta; (3) as distorções observadas no padrão esperado, das concentrações de nutrientes e material em suspensão (MES), em relação ao

gradiente salino de mistura, constituem o resultado líquido da interação de vários processos, tais como consumo pelo fitoplâncton, aporte antropogênico e pela drenagem continental, processos biogeoquímicos na água e sedimentos superficiais (adsorção e dessorção em partículas, floculação, denitrificação, difusão), como observado em outros estudos (GARCIA-SOTO *et al.*, 1990; GRZETIC *et al.*, 1991; HARRISON *et al.*, 1991; FISCHER *et al.*, 1992; SELMER & RYDBERG, 1993; MALLIN, 1994; SMITH & HITCHCOCK, 1994).

Em relação à composição do material orgânico particulado, BRANDINI (1985) verificou que este é constituído, basicamente, de detritos vegetais provenientes dos manguezais que circundam a baía e, em menor extensão, de células fitoplanctônicas. MACHADO *et al.* (1997) verificaram um padrão de variação sazonal na composição do material orgânico particulado, em termos da razão carbono orgânico particulado/clorofila-a: os valores mais elevados foram observados no outono e no inverno e os menores, na primavera e, principalmente, no verão. Este padrão é consequência da variação temporal na magnitude relativa das fontes de matéria orgânica particulada para o sistema, com maior contribuição do material fitoplanctônico, durante o verão.

#### **4.1.12.2.6.2 Avaliação do nível atual de poluição orgânica das baías**

É importante ressaltar que, até o momento, existe uma lacuna de informações a respeito dos teores de metais pesados e contaminantes orgânicos, tais como hidrocarbonetos de petróleo e organoclorados e das formas de enxofre, na coluna d'água do CEP, o que impossibilita a elaboração de um diagnóstico do grau de contaminação deste compartimento do sistema. Assim, os dados disponíveis permitem apenas caracterizar o estado trófico do eixo leste-oeste do CEP.

Quando se analisa a evolução temporal dos descritores ambientais, investigados durante a última década na Baía de Paranaguá, pode-se observar que não houve uma alteração acentuada (Tabelas 4.1.12.2.6.1-a e 4.1.12.2.6.1-b). A magnitude dos valores de nutrientes, oxigênio dissolvido, clorofila-a e carbono orgânico particulado (Tabela 4.1.12.2.6.1-b), dióxido de carbono e nitrogênio e fósforo totais (Figuras 4.1.12.2.6.2-I e 4.1.12.2.6.2-II) sugere que os setores Charlie Uno, Charlie Dois, Delta e Echo (regiões mediana e interna da baía) são caracterizados por condições que variam, de mesotróficas a eutróficas, devido, essencialmente, ao impacto antropogênico das cidades de Antonina e Paranaguá. Provavelmente, o curto tempo de renovação das águas da Baía, tem auxiliado a amortecer o processo de eutrofização natural e cultural do sistema estuarino da Baía de Paranaguá. Além disso, os valores destas variáveis estão na mesma faixa de variação de

diversos ecossistemas costeiros e, até mesmo abaixo dos valores reportados, para sistemas caracterizados por eutrofização natural e antropogênica (MACHADO *et al.*, 1997).

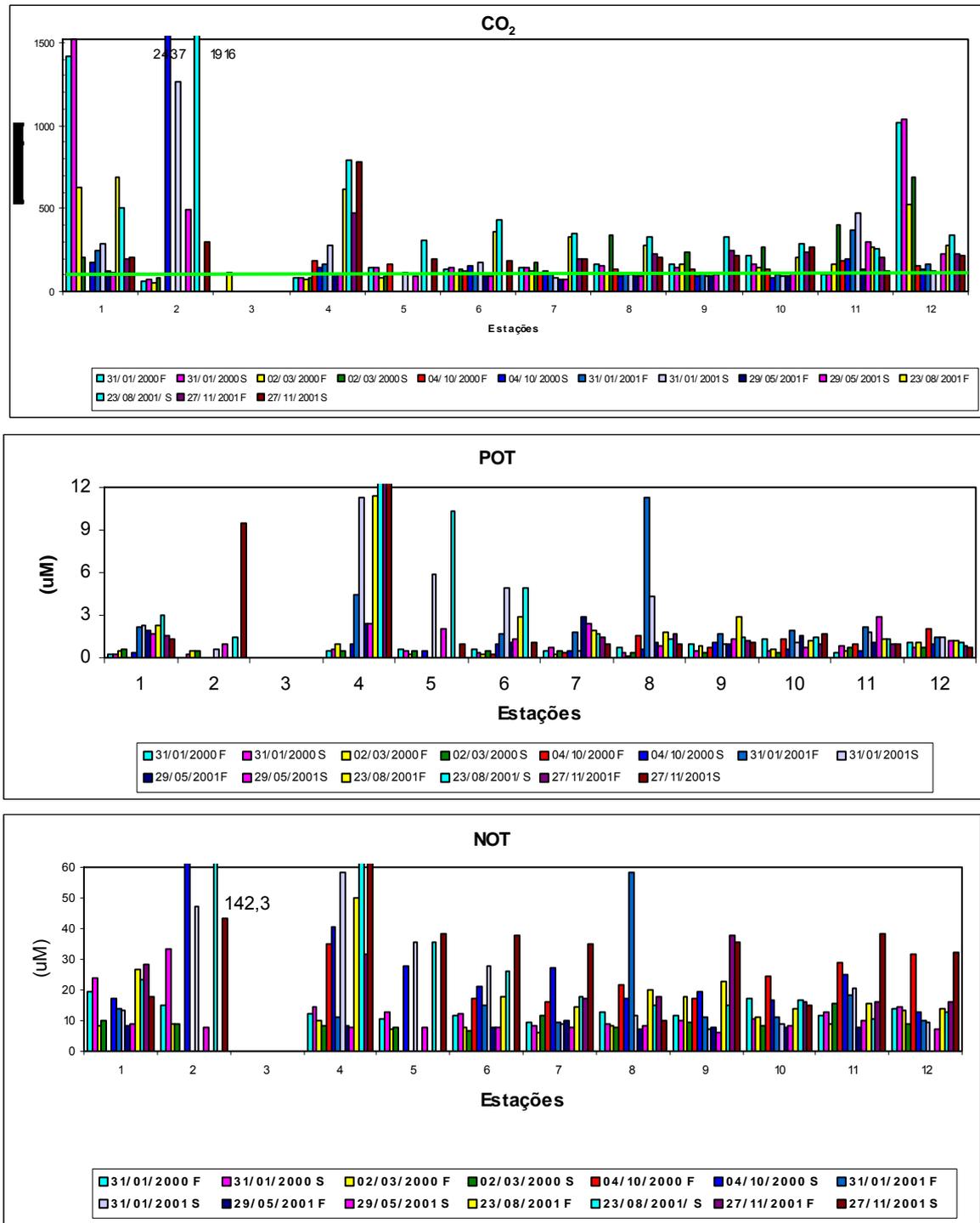


Figura 4.1.12.2.6.2-I – Teores de dióxido de carbono (% saturação), fósforo e nitrogênio totais da água de superfície (S) e fundo (F) no setor Charlie Dois (estações 1-10) e Charlie Uno (estação 11) (2000/2001)

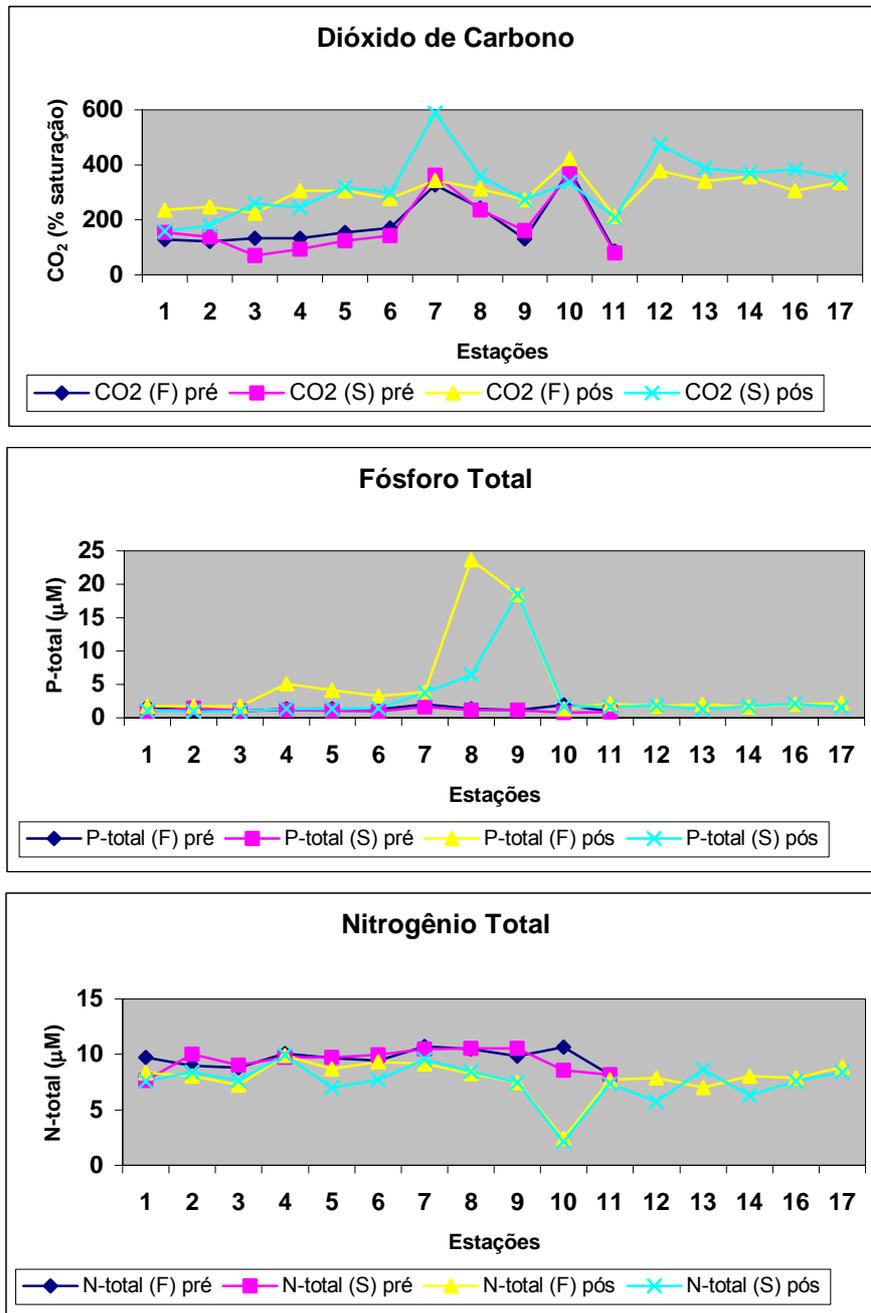


Figura 4.1.12.2.6.2-II – Teores de dióxido de carbono (% saturação), fósforo e nitrogênio totais da água de superfície (S) e fundo (F) no setor Delta (2001/2002)