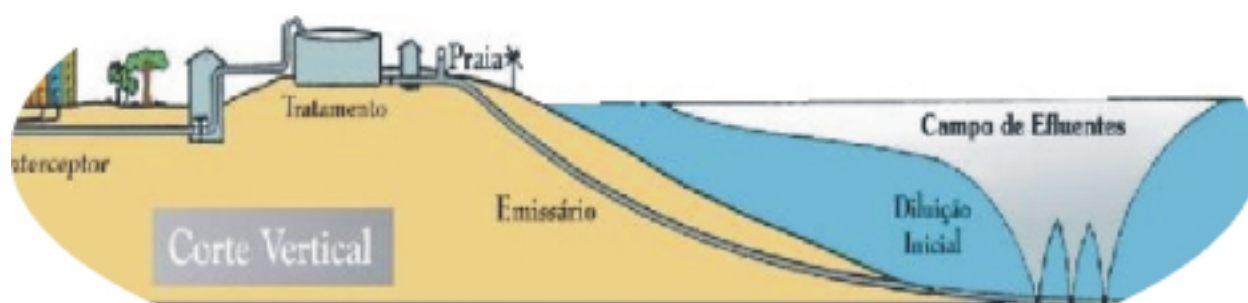


4. EMISSÁRIOS SUBMARINOS



4.1. Introdução

A grande população já existente em alguns municípios do litoral acrescida pelo grande número de turistas nas épocas de veraneio, provoca um aumento considerável da quantidade de esgotos domésticos gerada na região. Em muitos casos, o destino final desses esgotos são os corpos d'água mais próximos, uma vez que o sistema de rede coletora e de tratamento ainda é incipiente em algumas regiões. O lançamento de esgotos sanitários é um dos tipos mais comuns de poluição dos oceanos, seja por meio de contribuições difusas de cursos d'água, seja por meio de emissários submarinos que constituem-se em fontes pontuais desse tipo de poluição. Os possíveis impactos ambientais gerados pelo lançamento desses efluentes são, por exemplo, a contaminação microbiológica, o acréscimo de matéria orgânica no meio marinho, o aumento da turbidez e o enriquecimento por nutrientes, que pode levar à eutrofização. Uma das soluções encontradas para o problema da geração de esgotos no litoral é o seu pré-tratamento (para remoção de sólidos grosseiros e parte do material em suspensão) e sua disposição final no mar por meio de emissários, que constituem-se de uma longa tubulação, assentada no fundo marinho e que em seu trecho final atinge grandes profundidades, onde ocorre o lançamento dos esgotos por meio de vários orifícios (difusores) permitindo, assim, uma diluição eficaz do efluente lançado (Figura 1). Esta solução, embora traga muitos benefícios para a qualidade das praias na medida em que afasta o esgoto das mesmas, pode também trazer prejuízos ambientais se estes sistemas não forem bem dimensionados e operados.

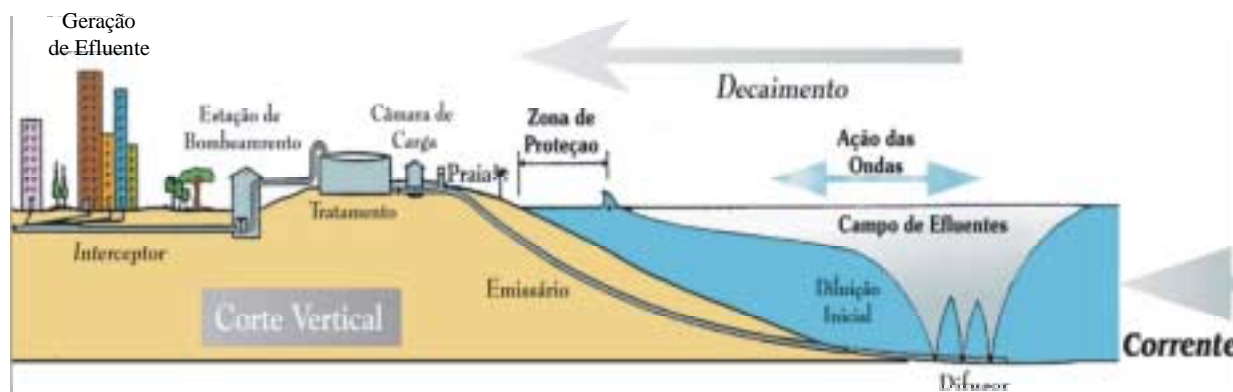


Figura 1: Esquema de um sistema de disposição oceânica – adaptado de Occhipinti (1986)

Pré-condicionamento dos esgotos

Os sistemas de emissários submarinos em operação no litoral paulista que recebem o esgoto coletado das residências, comércio e algumas indústrias, são compostos por um pré-condicionamento, denominado tratamento preliminar na Estação de Pré-Condicionamento (EPC) e a disposição oceânica através de emissário submarino. A EPC, para atender seu

papel, deve conter no mínimo: grades e peneiras para a remoção de sólidos grosseiros (grãos, plásticos, papéis, etc), desarenação para a retirada de areia e uma pequena parcela da matéria orgânica, e cloração para desinfecção. Dessa maneira, o líquido que será encaminhado para o emissário e lançado no mar, não deve conter partículas sólidas agregadas e flutuantes. O gradeamento tem o intuito de remover sólidos grosseiros de grande porte, situado logo a montante da estação elevatória e das demais etapas, para proteção contra a abrasão e entupimento. O gradeamento constitui-se de um conjunto de barras paralelas, geralmente de ferro fundido, cuja limpeza periódica, pode ser feita de maneira manual (para baixas vazões, $Q < 250$ L/s) ou mecanizada (para $Q > 250$ L/s). Para o caso de limpeza mecanizada, recomenda-se a instalação de pelo menos duas unidades em paralelo. Além disso, quando houver risco de danos ao equipamento de remoção (rastelo), uma grade com espaçamento mais grosseiro e de limpeza manual, deve ser instalada a montante (TSUTIYA, 1999).

As peneiras utilizadas, para o caso de emissários submarinos, possuem usualmente, aberturas que variam de 0,5 a 3 mm. Nestes casos, tem-se uma remoção de sólidos suspensos na faixa de 5 a 20% e são removidos com teor de sólidos de 12 a 25%, dependendo do equipamento utilizado. É estimada uma geração de 100 a 250 L de material retido nas peneiras por 1000 m³ de esgoto.

A Sabesp, tem utilizado como pré-condicionamento para disposição oceânica através de emissários submarinos, peneiras com abertura de 1,5 mm. Para pequenas vazões tem utilizado peneira estática. Para sistemas de maior porte utilizou peneiras rotativas cilíndricas, porém, mais recentemente a escolha tem recaído em peneiras rotativas inclinadas, de limpeza automática, com sistema de compactação dos sólidos removidos.

A remoção de areia - que tem por principal objetivo proteger as unidades a jusante da ETE ou mesmo o emissário submarino, evitando o assoreamento no interior da tubulação - é feita em desarenadores, do tipo gravitacional, ou de fluxo tangencial ou em caixas de areia aerada. A quantidade de areia removida varia de acordo com as condições da comunidade esgotada e da própria instalação das redes de esgoto. Para cidades litorâneas, é mais usual se ter cerca de 60L de areia/1.000 m³ de esgoto (SOBRINHO, 2002).

A cloração tem por objetivo promover a inativação dos organismos patogênicos presentes na água. Porém, nos EUA, por exemplo, existe a obrigatoriedade de que o efluente seja decolorado antes de lançado ao mar, pois o cloro, além de prejudicar a biota presente no corpo hídrico, prejudica a sobrevivência das bactérias atuantes nos processos de purificação da água.

Sistema de emissário submarino

Conforme apresentado na Figura 1, um sistema de emissário submarino consiste basicamente de uma tubulação, proveniente da estação de tratamento terrestre e que transporta o efluente até o local exato de lançamento no corpo d'água através de uma seção difusora. A seção difusora possui um conjunto de orifícios, que estão espaçados a uma determinada distância, no qual o efluente é lançado em alta velocidade no corpo receptor. Os orifícios podem ser buracos feitos na própria estrutura da tubulação, ou podem ser tubulações verticais – *risers* - fixadas no tubo (para caso este tenha que ser enterrado para a proteção da tubulação), elevando o orifício de saída do efluente acima do leito de fundo.

Na Figura 2, observa-se três tipos de configurações geométricas do sistema difusor, onde a tubulação está em vermelho, os risers/orifícios em verde, e orifícios em forma de "T", em azul.

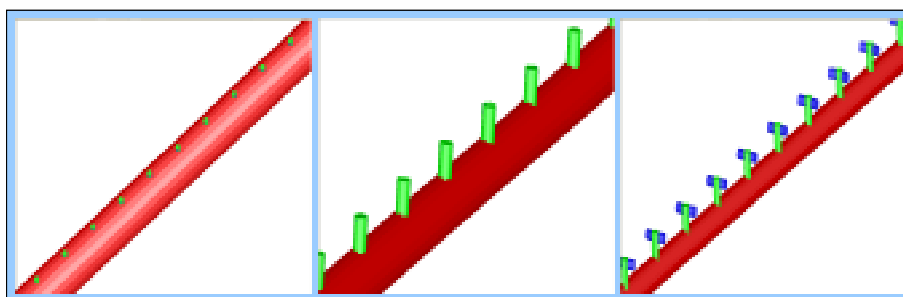


Figura 2: Configurações geométrica do sistemas difusor. (CORMIX – licença institucional).

A quantidade, diâmetro, espaçamento e ângulo de orientação da seção difusora devem ser dimensionados para produzir as melhores taxas de diluição. Um projeto ideal de difusores deve ser calculado para que a vazão efluente seja distribuída uniformemente através de todos os orifícios, porém, tais cálculos não são triviais, devido a variação de fluxo proveniente da EPC na tubulação variar ao longo do tempo. Para uma adequada operação e aumento da vida útil do sistema, a configuração da seção difusora deve também maximizar a vazão, minimizar a perda de carga e ao mesmo tempo gerar suficiente velocidade do jato para impedir a intrusão da cunha salina (água do mar, que possui maior densidade que o efluente) e de sedimentos marinhos para dentro da tubulação. Para isto, devem ocorrer velocidades adequadas no interior da tubulação para impedir (ou prevenir ao máximo) o depósito dos sólidos carregados com o fluxo desde a saída da EPC. As velocidades mínimas sugeridas na literatura, devem estar na faixa entre 0.6 a 0.9 m/s (GRACE, 1978; WILKINSON E WAREHAM, 1996). Operacionalmente, as velocidades de carregamento para limpeza são função do nível do tratamento do efluente, o qual irá determinar o tamanho das partículas sólidas e a concentração dos poluentes. Além deste fator, a velocidade do fluxo

também será ditada pela necessidade de expurgar a cunha salina que poderá adentrar na tubulação, geralmente através dos orifícios mais afastados da margem, e causar um entupimento parcial, diminuindo a eficiência do sistema. Para isso, o efluente deve ser bombeado com uma velocidade da ordem de 1,5m/s, pelo menos uma vez por semana durante 15 segundos (WOOD *et al*, 1993).

Técnicas construtivas e material de construção

O planejamento de um projeto de emissários submarinos deve visar: a localização mais adequada para instalação do sistema difusor para a obtenção das condições necessárias para a dispersão dos poluentes; material da tubulação; técnica construtiva; operação e manutenção do sistema; e, monitoramento ambiental, com o intuito de minimizar os impactos ambientais e problemas de saúde pública.

O conjunto de informações e dados abaixo descritos devem ser obtidos o mais cedo possível dentro do processo de planejamento, sendo estes:

- Topografia, hidrografia e geomorfologia do leito de fundo do corpo d'água, para determinar a rota de instalação do emissário.
- Dados de maré e ventos, os quais são imprescindíveis para determinar a melhor técnica de instalação e estabilização da estrutura física do emissário submarino.
- Dados de corrente e perfis de salinidade e de temperatura da coluna d'água, utilizados para determinar a localização e configuração de difusores, e a estabilidade física do emissário.

Além dos itens acima, a seleção do material mais adequado da tubulação é de extrema importância e será em função: do custo do projeto, do terreno do leito de fundo e das condições hidrodinâmicas do ambiente, sendo os mais comuns: aço carbono, concreto reforçado e PEAD - polietileno de alta densidade. Os emissários de PEAD apresentam vantagens estruturais e de instalação quando comparados com emissários de materiais tradicionais como o concreto e o aço, não requerendo equipamentos pesados, podendo ser assentados em conformidade com as condições do terreno e inertes a corrosão. Por serem leves, é necessária a instalação de pesos de lastro para a estabilização, podendo ainda serem enterrados quando sujeitos a forças hidrodinâmicas severas. Por outro lado, tubos de aço e concreto, são mais resistentes e no país, existe um grande número de mão-de-obra especializada para estes tipos de materiais.

Existem basicamente três técnicas construtivas. O método *float-and-sink*, aplicado para tubos de PEAD, onde, sob praticamente qualquer condição hidrodinâmica, são rebocados por grandes extensões pela superfície da água e em seguida submergidos, assentados e ancorados, com relativa facilidade e grande precisão; o método *pulling/bottom pull*, utilizado para tubos de aço revestidos com concreto, onde a tubulação é puxada rente ao

leito de fundo com força de empuxo negativa controlada; e o método *pipe-by-pipe*, para tubos de concreto, onde através de estruturas móveis similares a um guindaste apoiadas sobre trilhos, percorrem toda extensão da rota, assentando tramo por tramo de tubo (ORTIZ e FORTIS, 2004).

Fenômenos de diluição e mecanismos hidrodinâmicos

Os emissários submarinos utilizam grandes quantidades de massa d'água e contam com processos de inativação de microorganismos pelo mar (incidência solar, salinidade, tempo de vida, e outros), pois este possui, elevada, mas não infinita capacidade de diluição.

No processo de dispersão de um efluente na massa líquida, duas fases distintas devem ser consideradas. A primeira, referente à mistura inicial, ocorre na região chamada "campo próximo", e depende, basicamente, das condições ambientais (nível de turbulência das águas, velocidade de deslocamento e estratificação térmica) e das características geométricas do difusor (quantidade, diâmetro, alinhamento). É consenso entre os especialistas que um sistema difusor eficiente deva alcançar diluições da ordem de 100 ($D_0 = C_0 / C$; sendo D_0 = Diluição inicial, C_0 = Concentração inicial, C = Concentração final), no campo próximo.

Os jatos lançados em alta velocidade através do sistema difusor podem ser afetados pela corrente do ambiente e pela estratificação térmica. As correntes irão defletir gradualmente o jato flutuante na direção do seu escoamento (Figura 3) induzindo um aumento da mistura. Por outro lado, um ambiente estratificado, irá agir na retração da aceleração vertical do jato, aprisionando a pluma de efluente em um certo nível da coluna d'água (Figura 4). Ambas situações podem ocorrer simultaneamente, como é o caso de águas profundas (geralmente com mais de 10m) e estratificadas (com variação de temperatura ao longo da coluna d'água) e passíveis de fortes correntes marinhas.

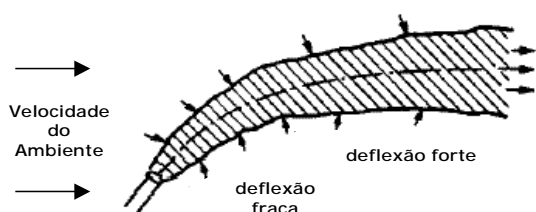


Figura 3: Jato flutuante em ambiente com densidade uniforme e defletido pela corrente.

Fonte: JIRKA *et alli*, 1996.

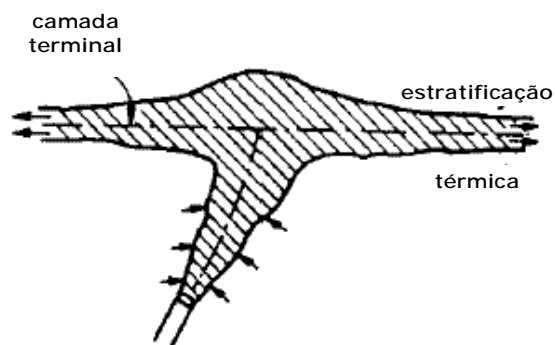


Figura 4: Jato flutuante em ambiente estratificado e corrente nula.

Conforme a pluma afasta-se do ponto de lançamento, as características geométricas do difusor diminuem a influência no processo de dispersão, e uma segunda fase se inicia, na qual a turbulência do ambiente irá controlar a trajetória e a taxa de diluição da pluma. Esta região é chamada de campo distante. Existem uma série de condições hidrodinâmicas, que variam conforme as condições locais de cada região, e para cada caso, deve-se realizar intensivos estudos e medições para compreender melhor os fenômenos físicos que envolvem a mistura oceânica.

Disposição de esgotos por meio de Emissário Submarino no Litoral Paulista

Atualmente existem 7 sistemas de disposição oceânica (emissários submarinos) em operação na costa paulista, implantados e operados pela Sabesp, e que estão distribuídos em cinco municípios: Santos (1979), Guarujá (1998), Praia Grande (Subsistemas I e II-1996), São Sebastião (Cigarras – 1985; Araçá - 1991) e Ilhabela (1997). As características técnicas desses emissários encontram-se descritas na tabela 1, e suas localizações apresentadas nas Figuras 5 e 6. Além destes, existe um emissário submarino de efluentes industriais, TEBAR, instalado no Canal de São Sebastião e operado pela Petrobrás.

Tabela 1: Descrição das características dos emissários submarinos do Estado de São Paulo

Características dos Emissários Submarinos							
Município	População Máxima (habitantes)	Vazão Max (m ³ /s)	Comp. (m)	Prof. (m)	Diâmetro (m)	Tubo difusor (m)	Nº de orifícios
Ilha Bela Saco da Capela	4.848	0,03	220	24	0,25	2,5	24
São Sebastião Pta. Cigarras	1.600	0,012	1.068	8,5	0,16	3,5	7
São Sebastião Pta. Araçá	21.396	0,14	1.061	8	0,4	10,1	17
Guarujá Enseada	445.858	1,447	4.500	14	0,9	300	150
Santos José Menino	1.332.100	7,267	4.000	10	1,75	200	40
Praia Grande I Praia do Forte	253.755	1,041	3.300	12,5	1	435	174
Praia Grande II Vila Tupi	348.635	1,361	3.400	13	1	570	228



Figura 5: Localização dos Emissários Submarinos da Baixada Santista



Figura 6: Localização dos Emissários Submarinos do Litoral Norte

4.2. Licenciamento de emissários submarinos de esgotos sanitários

A legislação ambiental existente, embora não específica para controle dos lançamentos de emissários submarinos, tem sido instrumento importante para avaliação e controle desses empreendimentos e da qualidade ambiental das águas marinhas. De maneira geral, são adotadas a Resolução do Conama 274/00, que define critérios para a balneabilidade e a Resolução Conama 20/86 que estabelece padrões de qualidade para as águas salinas além dos padrões de emissão que podem também ser aplicados nestes casos.

A Cetesb participa do processo de licenciamento ambiental de emissários submarinos na fase de análise dos projetos de saneamento, definição dos programas de monitoramento e verificação do atendimento aos padrões ambientais no corpo receptor. A Cetesb também é responsável pela emissão da Licença de Instalação e Operação definindo, caso necessário, exigências técnicas a serem cumpridas, e também pela fiscalização desses sistemas. A primeira etapa do licenciamento é a elaboração de um RAP (Relatório Ambiental Preliminar) que visa comprovar a viabilidade ambiental do empreendimento e a necessidade ou não do empreendedor elaborar Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto no Meio Ambiente. Para essa avaliação da viabilidade ambiental é muito importante estar de posse das informações relativas ao projeto como: localização, distância da costa (comprimento), profundidade, disposição e número de difusores, e modelagem matemática do comportamento da pluma no campo próximo e no campo distante. Para o licenciamento ambiental, no âmbito da Cetesb, é necessário que a Sabesp realize o monitoramento ambiental dos emissários submarinos englobando: 1. Monitoramento dos cursos de água 2. Monitoramento das praias 3. Monitoramento do corpo receptor (mar) 4. Monitoramento do efluente.

No monitoramento dos emissários são colhidas amostras do efluente a ser lançado, dos cursos de água, nas praias e no mar na área próxima ao lançamento, além do sedimento marinho. Posteriormente essas amostras são encaminhadas para a determinação de parâmetros físico-químicos, além de parâmetros microbiológicos e hidrobiológicos como teste de toxicidade e comunidades aquáticas (Fitoplâncton, Zooplâncton e Bentos). O plano de monitoramento com os parâmetros, a frequência e a localização dos pontos de amostragem devem ser aprovados pela Cetesb.

4.3. Monitoramento ambiental realizado pela Cetesb

Em função do crescente número de emissários submarinos no Estado de São Paulo na década de 90, a Cetesb iniciou o monitoramento desses sistemas em 2002 realizando amostragens semestrais em dois emissários da costa paulista; um localizado no Litoral

Norte, emissário do Araçá, no Canal de São Sebastião, e o outro na Baixada Santista, emissário de Santos, localizado na baía de Santos. Estes possuem características muito diferentes, sendo o emissário submarino de Santos projetado para atender uma população máxima de cerca de 1.300.000 habitantes enquanto que, o do Araçá, cerca de 21.500 habitantes.

4.4. Monitoramento do emissário de Santos e São Vicente

Características do emissário

O emissário submarino de Santos entrou em operação em 1979 e está localizado na praia José Menino, na cidade de Santos, São Paulo. Este emissário foi construído pela Sabesp, em tubos de aço com diâmetro interno de 1,75 m e revestido externamente de concreto, de modo a garantir um peso aderente de 150 kg/m na água do mar; sua extensão total é de 4.007 m. O esgoto coletado é encaminhado para a Estação de Pré-Condicionamento onde é submetido a um peneiramento seguido de cloração.

Em 1971, foi implantado o interceptor oceânico I que além de receber as contribuições dos coletores de esgotos, mais recentemente passou a receber água dos canais de drenagem (1 ao 6), que constituiu a solução adotada para melhoria das condições de balneabilidade das praias de Santos à época. O canal 7 continuou desaguardando no mar.

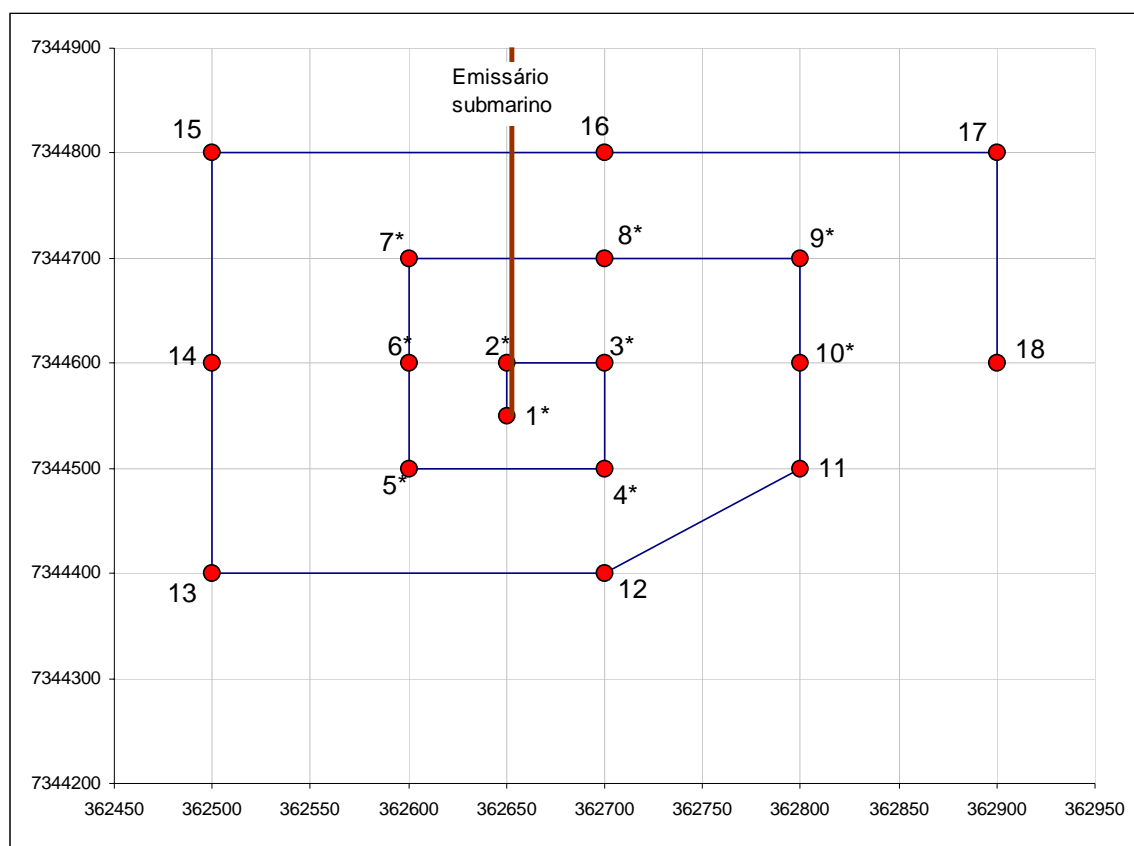
Nas saídas desses canais foram instaladas comportas que são mantidas fechadas, bloqueando as descargas na água do mar em períodos de pouca chuva. Este procedimento evita a poluição das praias, uma vez que todos os canais recebem uma carga de poluição difusa por ligações irregulares, ao mesmo tempo que não permite a entrada de areia nos canais em decorrência das variações das marés. Na ocorrência de fortes precipitações essas comportas são abertas, permitindo a saída das águas pluviais diretamente para o mar.

A tubulação difusora — último subsistema componente do sistema de disposição oceânica — corresponde a um trecho com 200 m de extensão que está acoplado ao final do emissário submarino, mantendo o mesmo eixo longitudinal. Essa tubulação possui 40 orifícios com tubos verticais (risers) espaçados de 5,0 m, com diâmetro interno de 30cm. Os tubos afloram a uma altura de 50cm do assoalho submarino.

Vistoria e monitoramento

O monitoramento sistemático dos emissários submarinos foi iniciado em 2002, estabelecendo uma periodicidade semestral nessa avaliação, e realizando amostragens de água na zona de influência do emissário. Desde 2003 são tomadas amostras de água do

mar em 18 pontos (Figura 7) e paralelamente são tomadas amostras de sedimento em 10 pontos, na área de influência do lançamento do efluente.



* Pontos com amostragem de água e sedimento.

Figura 7: Distribuição dos pontos de coleta de água no Emissário de Santos em coordenadas UTM – 08/2002 (Ponto 1: Saída do emissário).

Características do efluente da EPC de Santos/São Vicente

De 2002 a 2003, a Cetesb analisou a qualidade do efluente na EPC paralelamente a qualidade da água do mar em cada campanha. Em 2004, foi efetuada somente uma coleta, durante o mês de Junho sobre um período de 24 horas (em um período diferente das campanhas de coletas de água no mar), a fim de seguir as variações da qualidade do efluente ao longo de um dia inteiro.

Na EPC de Santos, os esgotos passam por peneiras rotativas e caixa de areia para remoção de sólidos e areia, e sofrem desinfecção com cloro (gás), antes de serem enviados ao emissário. Em junho de 2004, o efluente foi coletado antes da etapa de cloração para análise.

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises realizadas no período de 2002 a 2004. Segundo a Legislação Federal (Art. 21 da Resolução Conama 20/86), o efluente apresenta concentrações consideradas altas para os seguintes parâmetros: Nitrogênio

amoniacal: média de 38,7mg/L (média de todas as medidas) para um padrão de 5 mg/L; Sulfeto: média de 3 mg/L, para um padrão de 1 mg/L; Óleos e graxas (constatado na coleta de 24 horas em junho 2004): média de 73,1mg/L para um padrão de 20mg/L. Além disso, os valores de fósforo (média de 5,5 mg/L durante os 3 anos), de DBO (193 mg/L em Junho 2004) e de coliformes fecais (média de 10^6 NMP/100mL).

É importante ressaltar que, conforme já afirmado, as unidades de tratamento existentes (peneiras e caixas de areia), apenas realizam o pré-condicionamento dos esgotos, não tendo qualquer eficiência na remoção dos parâmetros citados.

Tabela 2: Características físico químicas do efluente da EPC de Santos.

Parâmetros	Art.21 CONAMA 20/86	Nov/02	Fev/03	Ago/03	Jun/04 24horas *
Temperatura do ar (°C)		20	30	20	22,5
Condutividade elétrica (mS/cm)		946,00	-	1559,00	-
pH	5 a 9	7,4	7,20	7,20	7,60
OD		5,1	5,40	6,90	-
Temperatura da água (°C)	<40	25	30	22,5	23,5
Ortofosfato(mg/L)		2,8	3,07	4,32	-
Fosforo Total (mg/L)		5,07	6,28	-	5,24
N Amoniacal (mg/L)	5	43,00	0,48	32,50	40,60
N Kjeldahl total (mg/L)		51,20	-	64,80	56,20
Turbidez (UNT)		70,00	65,00	73,50	-
Fenol (Totais) (mg/L)	0,5	0,046	0,043	<0,003	<0,07
Sulfeto (mg/L)	1	3,20	3,54	3,67	1,67
Oleos e graxas (mg/L)	20	-	-	-	73,10
DBO (mg/L)	60*	-	-	-	193
DQO (mg/L)		-	-	-	376
Coli Fecal (UFC/100mL)	1000	290000	2.800.000	19000	-
Enterococos (UFC/100mL)	100	-	-	-	-

* efluente coletado antes da cloração

A partir desses resultados, é possível constatar que o efluente do emissário de Santos/São Vicente não atende aos padrões de emissão da legislação, podendo, desta forma, constituir-se em fonte de poluição para o meio marinho, uma vez que o pré-condicionamento e a cloração, embora reduzam parte a DBO e a quantidade de coliformes, não está removendo quantidade suficiente da carga desses materiais de modo a não comprometer a qualidade das águas do corpo receptor.

Qualidade da água do mar

Para se avaliar as alterações causadas pelo lançamento desse efluente na qualidade das águas marinhas, a seguir são apresentados os resultados das campanhas de 2004 (abril e outubro – Tabelas 3 e 4). Esses resultados são comparados aos padrões de qualidade existentes na legislação e aos resultados obtidos nos anos anteriores (2002 e 2003).

Tabela 3: Resultados de qualidade da água do mar (campanha de Abril 2004 - área de influência do emissário de Santos).

Parâmetros	Padrões CONAMA 20/86	Máximo	Mínimo	Media	Não conforme (%)	Pontos	Nº de amostras
Temperatura água (°C)		25,90	24,90	25,14		1 a 18	172
Salinidade	>=30‰/00	33,90	29,80	32,54	1%	1 a 18	172
OD	6	8,20	5,90	6,66	2%	1 a 18	172
pH	6,5 a 8,5	8,20	8,00	8,10	0%	1 a 18	172
Condutividade elétrica (mS/cm)		51,40	46,20	49,78		1 a 18	172
Orto-fosfato (mg/l)		0,15	0,02	0,07		1 a 10	30
Fosfato Total (mg/l)	0,062	1,71	0,03	0,22	77%	1 a 10	30
N Amoniacal (mg/l)	0,4	1,41	0,07	0,37	33%	1 a 10	30
N Kjeldahl total (mg/l)		8,40	0,32	2,05		1 a 10	30
Turbidez (UNT)		27,00	2,80	5,94		1 a 10	30
Fenol (mg/l)	0,001	0,003	<0,003	<0,003	-	1 a 10	30
Óleos e graxas (mg/L)	Ausente	-	-	-	-	1 a 10	30
Sulfeto (mg/l)	0,002	<1	<1	<1		1 a 10	30
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1000	16000	4	735	7%	1 a 10	30
Enterococos (UFC/100mL)	100	1600	<1	81	4%	1 a 18	54

Legenda

- Resultados que não se enquadram nos padrões estabelecidos pela CONAMA 20/86 ou propostos para a sua revisão
- * limite de detecção do método superior ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86
- Parâmetro não detectado

Tabela 4: Resultados de qualidade da água do mar (campanha de Outubro 2004 - área de influência do emissário de Santos).

Parâmetros	Padrões CONAMA 20/86	Máximo	Mínimo	Média	Não conforme (%)	Pontos	Nº de amostras
Temperatura água (°C)		23,00	22,70	22,85		1 a 18	177
Salinidade	>=30‰/00	33,80	32,40	33,22	0%	1 a 18	177
OD	6	7,42	6,09	6,97	0%	1 a 18	177
pH	6,5 a 8,5	8,19	8,03	8,13	0%	1 a 18	177
Condutividade (mS/cm)		51,80	49,80	50,95		1 a 18	177
Orto-fosfato (mg/l) P	-	0,08	0,01	0,04		1 a 10	30
Fóforo Total (mg/L) P	0,062	0,16	0,03	0,06	27%	1 a 10	30
N Amoniacal (mg/l)	0,4	0,91	0,03	0,20	17%	1 a 10	30
N Kjeldahl total (mg/l)	-	1,78	0,47	0,85		1 a 10	30
Turbidez (UNT)	-	1,60	0,15	0,47		1 a 10	30
Fenol (mg/l)	0,001	-	-	-	-	-	-
Óleos e graxas (mg/L)	Ausente	-	-	-	-	-	-
Sulfeto (mg/l)	0,002	<1*	<1*	<1*		1 a 10	30
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1000	1100	20	142	7%	1 a 5	15
Enterococos (UFC/100mL)	100	28000	5	2160	32%	1 a 18	54

Legenda

- Resultados que não enquadram nos padrões estabelecidos pela CONAMA 20/86 ou propostos para a sua revisão
- * limite de detecção do método superior ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86
- Parâmetro não detectado

Na comparação destes resultados com os obtidos durante as campanhas de 2002 a 2004, observa-se que:

- Parâmetros físicos

A faixa da salinidade, que variava de 28,5 a 37,5 em 2002-2003, mostrou-se entre 29,80 a 33,90 em 2004, estando compreendido na faixa observada anteriormente (30-35), o que indica que a salinidade da baía de Santos encontra-se numa faixa inferior às águas marinhas que ficam em torno de 35.

Da mesma forma, os valores de OD mostram em 2004 mais próximos em relação aos anos anteriores, nos quais os valores oscilaram de 2,8 a 11,9 (principalmente nas campanhas de fevereiro/agosto 2003). Em 2004, os valores variaram entre 5,9 e 8,2 mg/L, a única amostra que não atendeu ao padrão foi a do ponto 1, no fundo, em abril 2004 (5,9mg/L).

Os resultados de pH mostraram-se na pequena faixa de variação de 8,0 a 8,2, caracterizando assim uma predominância significativa do natural efeito tampão no meio marinho.

- Nutrientes: Fósforo e Nitrogênio Amoniacal

No que se refere aos nutrientes não havia até o final de 2004, na legislação, padrões para esses parâmetros no meio marinho. Desta forma, serão utilizados os padrões da nova Resolução Conama 357/2005, listados na tabela a seguir.

Tabela 5: Limites propostos para as classes de águas salinas e salobras.

	Águas Salinas			Águas Salobras		
Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3
OD	6,0	5,0	4,0	5,0	4,0	3,0
Carbono Orgânico Total (mg/L)	3,0	5,0	10,0	3,0	5,0	10,0
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	0,40	0,70	-	0,40	0,70	-
Nitrito (mg/L)	0,07	0,20	-	0,07	0,20	-
Nitrato (mg/L)	0,40	0,70	-	0,40	0,70	-
Fósforo Total (mg/L)	0,062	0,093	-	0,124	0,186	-
Polifosfatos (mg/L)	0,031	0,046	-	0,062	0,093	-
Clorofila a (mg/L)	0,004	0,020	-	0,007	0,020	-

Em todas as campanhas foi observado para o parâmetro fósforo total em concentrações superiores ao padrão proposto (0,062mg/L). Nas campanhas de 2002, agosto 2003 e abril 2004, mais do que 75% das amostras apresentaram concentrações acima do padrão. Para 2004, os valores encontrados estão entre 0,03 a 1,71 mg/L (máximo atingindo no ponto 8, em profundidade média no mês de abril 2004), a média igual a 0,14 mg/L. Os resultados de outubro de 2004 apresentaram um menor número de não conformidades quando comparados com os de abril 2004, ressaltando-se que foi a primeira vez que a media foi inferior a 0,062mg/L.

Observando-se a Figura 8 é possível notar que as concentrações de fósforo se distribuem de forma homogênea nas três profundidades. Entretanto, nota-se que as maiores concentrações foram encontradas nos pontos (1, 2, 4, 5, 6 e 7), os mais próximos do local de lançamento, sendo visível um deslocamento da pluma para as longitudes mais baixas.

Quanto ao parâmetro Nitrogênio Amoniacal, (Figura 9) observou-se em 2004 valores inferiores de sua concentração na área de influência do emissário e as médias estiveram abaixo do padrão proposto (0,4 mg/L). Nos anos anteriores, isso só foi observado em novembro de 2002. Em abril de 2004, 33% das amostras não atenderam ao padrão, contra 17% em outubro. Embora, durante 2004, tenham sido encontradas concentrações menores de nitrogênio amoniacal, essas são ainda bastante elevadas favorecendo o enriquecimento por nutrientes da região marinha. A Figura 9 ilustra de forma satisfatória o comportamento da pluma mostrando maiores concentrações de Nitrogênio Amoniacal próximo ao local de lançamento e valores bem mais altos na superfície, indicando o afloramento dessa pluma.

Com relação aos demais parâmetros avaliados, cabem algumas considerações sobre a ocorrência de fenol nas águas. Em 2004, o fenol foi determinado em abril, em concentrações inferiores ao Limite de Detecção - LD do método de análise (0,003mg/L). Esse limite sendo superior ao padrão da legislação (0,001mg/L), não permite avaliar a qualidade da água em relação ao padrão legal. Ao comparar com os dois últimos anos, o fenol é um parâmetro que ocorre irregularmente, não tendo sido detectado em 2002 (<0,003mg/L) mas tendo sido detectado em concentrações elevadas em 2003 (até 0,005mg/L em fevereiro e 0,007mg/L em Agosto). Com base nessas observações, o monitoramento mostrou ser importante no acompanhamento desse parâmetro tanto no efluente quanto na água, a fim de que medidas corretivas e preventivas possam ser adotadas, notadamente para o Emissário de Santos.

Quanto ao sulfeto (S^{2-}), foram encontradas diferenças de concentração entre as campanhas realizadas. Em 2002, foram observados valores superiores ao padrão na totalidade das amostras; em 2003, também foram observadas não conformidades para sulfetos, embora em menor frequência quando comparadas ao ano anterior. Já na

campanha de 2004, devido ao elevado valor de LD do método analítico adotado, não foi possível constatar ou não a presença de S^{2-} nas águas marinhas. Diante dos resultados encontrados, considera-se necessário prosseguir no monitoramento do parâmetro sulfeto nas águas da baía de Santos em função das alterações observadas em 2002 e 2003.

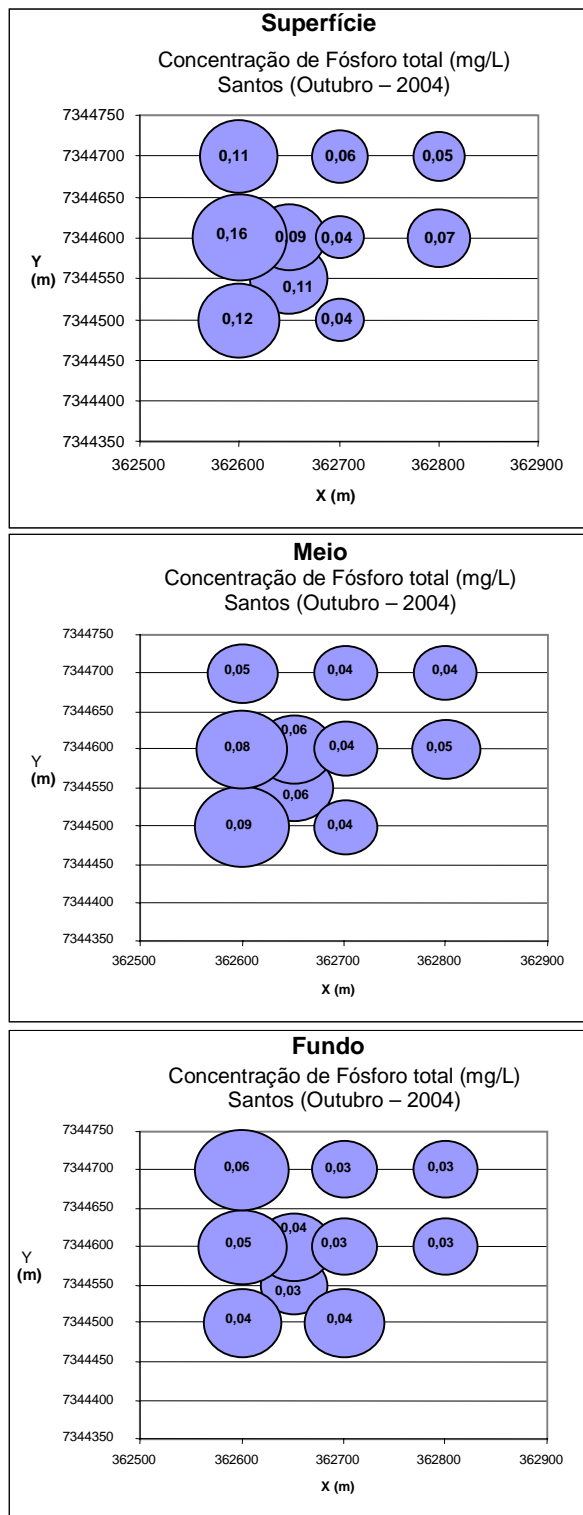


Figura 8: Distribuição espacial da concentração de Fósforo Total na água do mar nos pontos de amostragem ao redor do emissário e em três profundidades (superfície, meio e fundo).

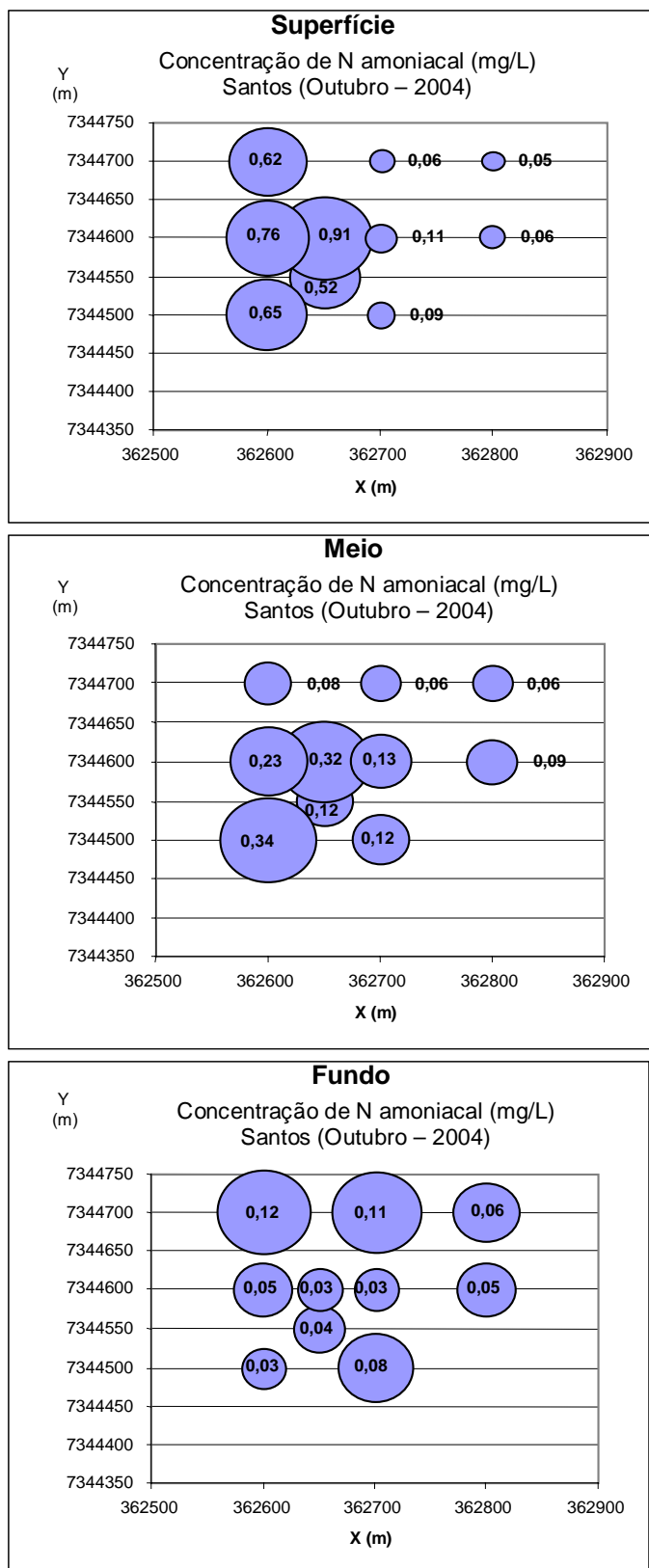


Figura 9: Distribuição espacial da concentração de Nitrogênio Amoniacal na água do mar nos pontos de amostragem do emissário e em três profundidades (superfície, meio e fundo).

- Indicadores microbiológicos

Nas duas campanhas de 2004 foram encontrados valores elevados de coliformes termotolerantes e enterococos, embora, em 2003 os padrões tenham sido respeitados. Em abril de 2004, foi encontrado no ponto 10, na superfície $1,6 \times 10^5$ NMP/100mL de coliformes termotolerantes e 1600 UFC/100mL de enterococos, mas a média geral ficou abaixo do padrão (1000 para os coliformes termotolerantes e 100 para enterococos). Em outubro de 2004, foram encontrados em pontos afastados da saída do emissário (pontos 13 a 16) valores muito elevados de enterococos, de 4900 a 28000 na superfície, e até 19000 no fundo (ver Figura 10). Nesses pontos, não foi avaliada a quantidade de coliformes termotolerantes (medidos somente em 5 pontos). Perto da saída do emissário, o máximo obtido foi no ponto 2 (1100NMP/100mL de coliformes termotolerantes e 120 UFC/100mL de enterococos).

Observando a Figura 10, nota-se que as maiores concentrações de enterococos encontram-se nos pontos de longitudes menores mostrando o deslocamento dessa pluma na coluna d'água espalhando-se do fundo em direção à superfície, atingindo, nessa camada, valores próximos de 30.000 enterococos em 100 mL.

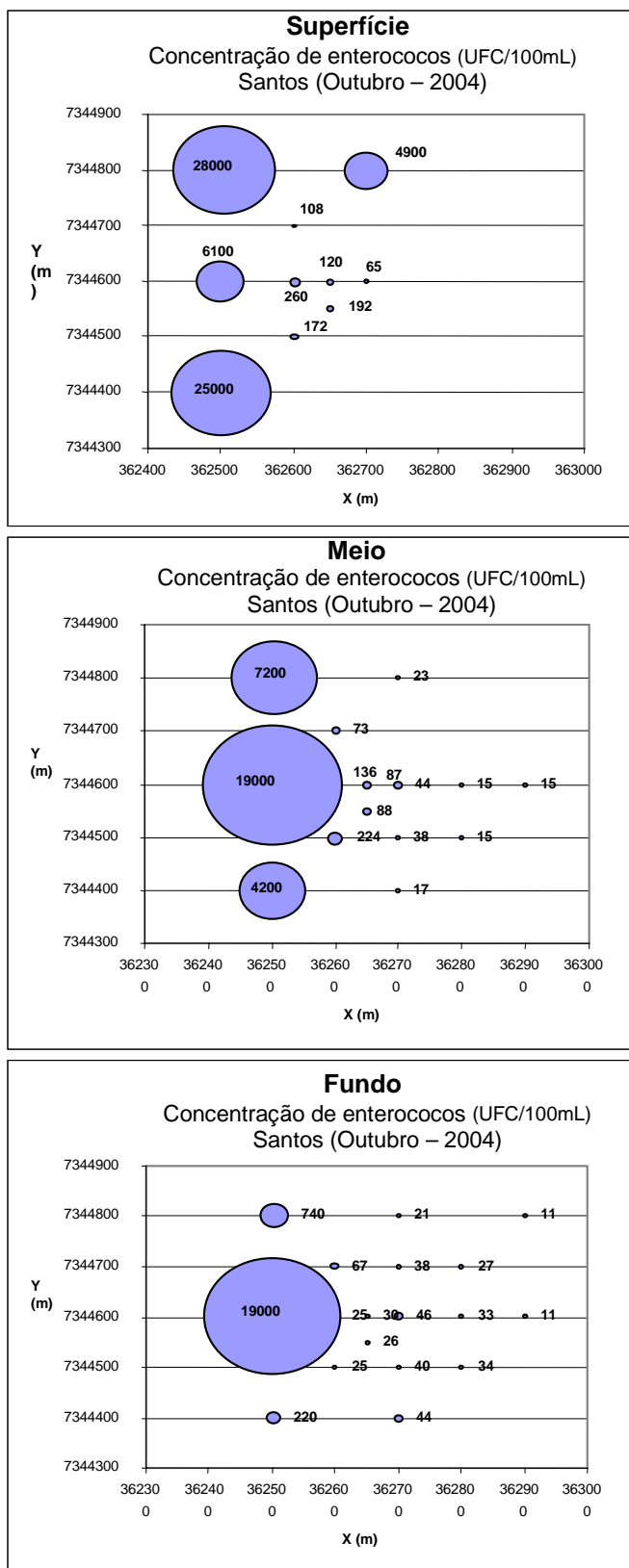


Figura 10: Distribuição espacial da concentração de Enterococos na água do mar nos pontos de amostragem no emissário e em três profundidades (superfície, meio e fundo).

Qualidade dos sedimentos

Com relação aos sedimentos, as amostras coletadas na área próxima ao lançamento do emissário de Santos, tanto na 1ª campanha (abril de 2004) como na 2ª campanha (outubro de 2004), apresentam uma caracterização granulométrica que indica presença significativa de finos em sua composição, que concorda com os resultados de carbono orgânico total observados, mostrando assim a acumulação de materiais oriundos do emissário, de natureza predominantemente orgânica e em processo de decomposição anaeróbia. As razões numéricas entre as concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total são, em alguns casos, elevadas, corroboram o fato de que o material que compõem os sedimentos coletados na baía de Santos não é originário do ambiente marinho, mas sim, dos lançamentos do emissário submarino, cujas fontes predominantes são os esgotos domésticos (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6: Resultados de qualidade do sedimento na área de influência do emissário de Santos, em abril de 2004.

Local de amostragem	E _H (mV)	Corg %	H%	N total %	C/N	S (mg/Kg)	MO* %
Ponto 1	-409	0,28	0,12	<0,17	> 1,64	1450	0,50
Ponto 2	-279	1,61	0,51	<0,17	> 9,47	5030	2,90
Ponto 3	-374	1,96	0,62	<0,17	> 11,52	6870	3,53
Ponto 4	-400	0,83	0,24	<0,17	> 4,88	3140	1,49
Ponto 5	-333	<0,13	0,11	<0,17	> 0,76	449	<0,23
Ponto 6	-385	1,10	0,34	<0,17	> 6,47	2670	1,98
Ponto 7	-378	2,00	0,53	<0,17	> 11,76	4190	3,60
Ponto 8	-381	1,07	0,34	<0,17	> 6,29	2830	1,93
Ponto 9	-376	0,65	0,26	<0,17	> 3,82	1800	1,17
Ponto 10	-234	0,65	0,3	<0,17	> 3,82	1650	1,17
Média	-355	1,02	0,34	<0,17	> 3,75	3018	1,84
Desvio Padrão	56,5	0,66	0,17	-	-	1909	1,20

*COT x 1,8

Tabela 7: Resultados de qualidade do sedimento na área de influência do emissário de Santos, em outubro de 2004.

Local de amostragem	E _H (mV)	Corg %	N total %	C/N	S (mg/Kg)	MO* %
Ponto Controle		<0,13	<0,02		359	<0,23
Ponto 1	-172	0,94	0,07	13,43	1860	1,69
Ponto 2	-230	1,65	0,18	9,17	2990	2,97
Ponto 3	-209	0,67	0,08	8,38	3720	1,21
Ponto 4	-131	1,93	0,22	8,77	3060	3,47
Ponto 5	-400	1,11	0,09	12,33	4400	2,00
Ponto 6	-233	0,92	0,10	9,20	1650	1,66
Ponto 7	-342	1,60	0,16	10,00	4910	2,88
Ponto 8	-70	0,65	0,05	13,00	1530	1,17
Ponto 9	-158	0,83	0,08	10,38	1240	1,49
Ponto 10	-111	0,86	0,09	9,56	1370	1,55
Média	-205,6	1,12	0,11	10,42	2673	2,01
Desvio Padrão	102,22	0,45	0,055	1,83	1337,4	0,81

*COT x 1,8

Confirmando-se as hipóteses acima apresentadas, observam-se valores relativamente elevados de enxofre (média de 3018 mg/kg e 2673 mg/kg em abril e outubro, respectivamente), provavelmente associados à presença de matéria orgânica em avançado estado de decomposição, oriunda das fontes citadas. Com relação ao sedimento da área de influência do emissário do Araçá, em São Sebastião, os valores encontrados na sua saída, embora menores (média de 990 mg/kg e 1182 mg/kg), também são indicadores da presença de matéria orgânica oriunda dos lançamentos do sistema.

Comparando os resultados de carbono orgânico com os do ano anterior (Abril 2003), constata-se um aumento de concentração em carbono orgânico: a média passou de 0,78% (2003) a 1,08% (em abril de 2004) e 1,12 (outubro de 2004), enquanto que a porcentagem de nitrogênio permaneceu na mesma faixa. A razão C/N não apresentou esse ano valores tão altos como o ano 2003 (onde atingiu 72 no ponto 6), mas apresentou vários valores acima de 10, nas proximidades do emissário, confirmando a existência de significativa influência alóctone no sedimento da região.

Os resultados de qualidade de sedimentos mostram a presença de matéria orgânica e nutrientes associados ao lançamento. Eles são muito similares aos resultados obtidos em outros estudos realizados na área (Tabela 8).

Com base nos valores encontrados para os sedimentos coletados na área de influência do emissário de Santos, é possível observar uma alteração do padrão de composição dos sedimentos da região por influência da matéria orgânica de origem continental do estuário. Desta forma, são dois os fatores que causam alterações nos sedimentos da baía de Santos: o emissário e o estuário. As razões C/N, elevadas em alguns pontos, já permitem compreender, pelo menos parcialmente, o efeito desses materiais na zona sedimentar marinha próxima ao emissário.

Tabela 8: Médias das concentrações de C, N e MO e faixas de variação nos sedimentos nos Estuários de Santos e São Vicente e na Baía de Santos.

	Baía de Santos (média)1	Baía de Santos (média)2	Estuários de Santos e São Vicente (média)2	Baía de Santos(3)
C orgânico	0,75 %	0,68 %	2,9 %	0,10 – 3,62 %
N total	0,12 %	0,08 %	0,21 %	0,36 – 0,0005 %
M O	1,34 %	1,16 %	4,98 %	29,1 – 6,2 %

Fontes: (1)Cetesb; (2) SIQUEIRA *et al.* 2003; (3) FUKUMOTO, 2003.

4.5. Monitoramento do emissário de São Sebastião – Baía do Araçá

Características do emissário

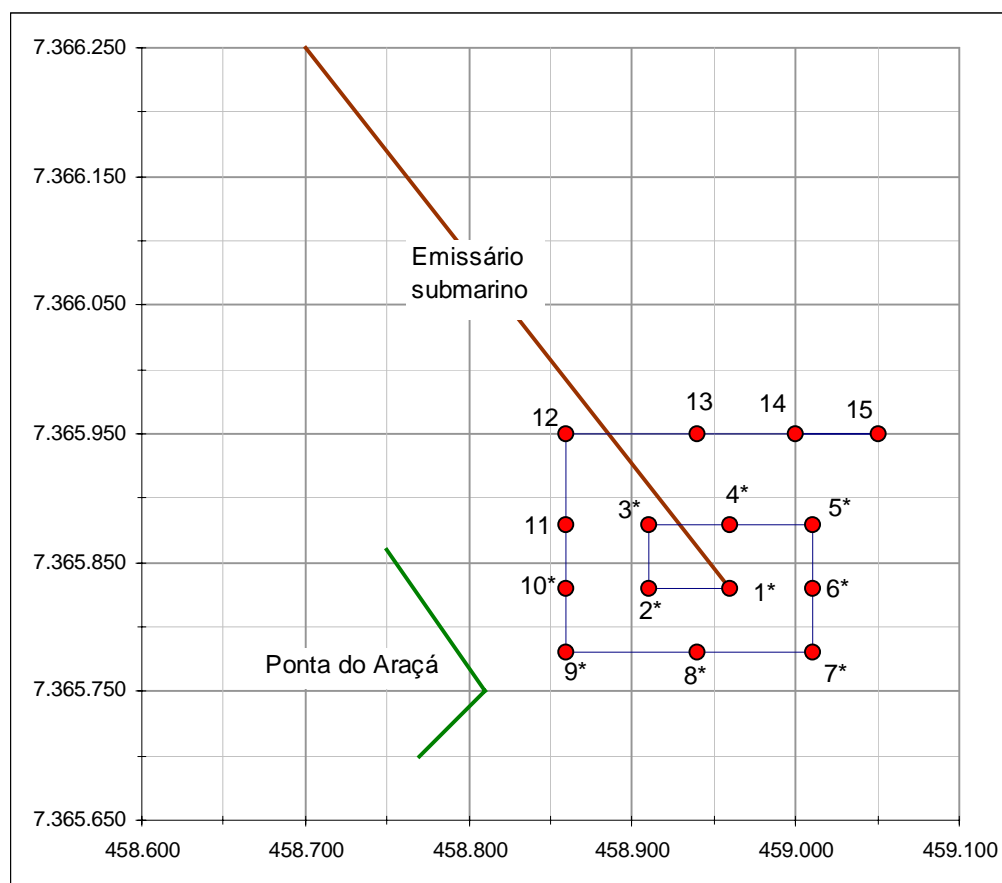
A baía do Araçá, onde se localiza o emissário, é uma enseada artificial criada por ocasião da construção do porto de São Sebastião, e situa-se à margem continental do Canal de São Sebastião, no litoral Norte do Estado de São Paulo. Possui três pequenas praias (Pernambuco, Germano e Topo) e algumas ilhotas. É margeada, em quase toda sua extensão pelo bairro da Topolândia e, na sua porção norte, por um aterro construído ao lado do porto de São Sebastião. A região é relativamente plana e urbanizada, possuindo rede de abastecimento de água e de coleta de esgoto, em grande parte de sua área (Sabesp, 1997).

O emissário submarino do Araçá (município de São Sebastião) entrou em operação em 1990 e está localizado na baía do Araçá, no Canal de São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo. Este emissário, construído pela Sabesp, é composto por um trecho terrestre, em tubos de ferro fundido, com diâmetro de 500mm e extensão de 3.800m, e um trecho submarino que é formado por uma tubulação de polietileno de alta densidade (PEAD) com diâmetro de 400 mm e extensão de 1090m. A tubulação submarina é guarnecida de blocos de ancoragem de concreto para garantir seu posicionamento no leito oceânico. Em sua extremidade terminal o tubo é munido de um trecho difusor com 10m de comprimento contendo 17 orifícios.

Este emissário submarino tem seu início na praia do Topo e sua extremidade final junto à Ponta do Araçá, com os seus difusores situados a aproximadamente 7 metros de profundidade.

Vistoria e monitoramento

Em setembro de 2002 foi realizada a primeira vistoria, na região do entorno da saída do emissário do Araçá, onde foram realizadas amostragens preliminares de água em 8 pontos, sendo o ponto 1 localizado na saída do emissário. Após esse trabalho, estabeleceu-se que este monitoramento seria realizado duas vezes ao ano, desta forma, foram realizadas campanhas em novembro de 2002, fevereiro e agosto de 2003, e, março e outubro de 2004, aumentando-se o número de pontos para 15.



* Pontos com amostragem de água e sedimento.

Figura 11: Distribuição dos pontos de coleta de água em coordenadas UTM.

Características do efluente da EPC do Araçá

O esgoto que chega a EPC não recebe tratamento, sendo submetido somente a um pré-condicionamento, que é constituído pelas mesmas etapas descritas para o Emissário de Santos.

A Tabela 9 apresenta os resultados das análises realizadas no efluente da EPC do Araçá, antes da cloração, em março de 2003. Segundo a Legislação Federal (Art. 21 da Resolução Conama 20/86, anexo 3), este efluente apresenta concentrações elevadas para os seguintes parâmetros: Nitrogênio amoniacal: 5,7 mg/L para um padrão de 5,0 mg/L; Sulfetos: 3,01mg/L, para um padrão de 1,0 mg/L; Óleos e graxas: 47 mg/L para um padrão de 20mg/L; coliformes fecais e enterococos: 6.800 NMP/100mL e 6.600 UFC/100mL, para um padrão de 1000 NMP/100mL e 100 UFC/100mL, respectivamente.

Com exceção de Óleos e Graxas, os demais parâmetros apresentaram valores inferiores àqueles determinados no efluente da EPC de Santos, principalmente para os valores de coliformes fecais.

Observa-se que, não foram determinadas as concentrações de Fósforo e DBO, importantes para determinar o impacto do lançamento no ambiente marinho.

Tabela 9: Características físico-químicas do efluente da EPC do Araçá antes da cloração.

Parâmetros	Art.21 Conama 20/86	EPC Março /2003
Temperatura do ar (°C)		
Condutividade elétrica (ms/cm)		769
pH	5 a 9	6,7
OD (mg/L)		6
Temperatura da água (°C)	< 40	27,1
Ortofosfato - P (mg/L)		3,7
Fosfato total – P (mg/L)		5,1
N amoniacal (mg/L)	5	5,7
N Kjeldahl total (mg/L)		27
Óleos e Graxas (mg/L)	20	47
Turbidez (UNT)		232
Fenol (mg/L)	0,5	0,03
Sulfeto (mg/L)	1	3,01
Coliforme Fecal (UFC/100mL)	1000	6800
Enterococos (UFC/100mL)	100	6600

Qualidade da água do mar

A seguir são apresentados os resultados de qualidade da água do mar na área de influência do emissário do Araçá, obtidos nas campanhas de março e outubro de 2004 (Tabelas 8 e 9).

- Parâmetros físico-químicos

A salinidade na área próxima ao lançamento do emissário, em março 2004 variou de 34,1 a 35,1, e a de outubro entre 34,2 a 34,9, valores considerados naturais do meio marinho. O OD apresentou valores baixos de até 5,04 no fundo em 2002 e 2003, mas desde a campanha de setembro 2003 vem atendendo ao padrão da Resolução do Conama 20/86, encontrando-se com valores entre 6,11 e 8,55. O pH continua a manter-se praticamente constante, variando entre 7,16 e 8,20 como nos últimos anos.

Tabela 10: Resultados de qualidade da água do mar da campanha de Março 2004 na área de influência do emissário do Araçá.

Parâmetros	Padrões CONAMA 20/86	Máximo	Mínimo	% de não atendimento	Pontos de amostragem
Temperatura água (°C)		26,80	25,80		1 a 15
Salinidade	≥30‰/00	35,10	34,10	0%	1 a 15
OD	6	6,83	6,11	0%	1 a 15
pH	6,5 a 8,5	8,20	8,15	0%	1 a 15
Condutividade (mS/cm)		53,00	51,90		1 a 15
Orto-fosfato - P (mg/L)		<0,01	<0,01		1 a 10
Fosfato Total - P (mg/L)	0,062	<0,01	<0,01	0%	1 a 10
N Amoniacal (mg/L)	0,4	0,03	<0,007	0%	1 a 10
N Kjeldahl total (mg/L)		0,56	<0,01		1 a 10
Turbidez (UNT)		8,80	1,30		1 a 10
Fenol (mg/L)	0,001	<0,001	<0,001	0%	1 a 10
Óleos e graxas (mg/L)	Ausente	<10**	<10**	-	1 a 10
Sulfeto (mg/L)	0,002	<0,30*	<0,30*	-	1 a 10
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	1000	92	<1	0%	1 a 15
Enterococos (UFC/100mL)	100	68	<1	0%	1 a 15

NB: Todas as medidas foram feitas para cada ponto, em três profundidades (superfície, meio e fundo)

*: Limite de detecção do método superior ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86

**.: Medidas realizadas somente na superfície

Tabela 11: Resultados de qualidade de água do mar da campanha de Outubro 2004 na área de influência do emissário do Araçá.

Parâmetros	Padrões Conama 20/86	Máximo	Mínimo	Média	Pontos de amostragem
Temperatura água (°C)		22.70	22.10	22.45	1 a 6
Salinidade	> 30 ^o /00	34.90	34.20	0.34	1 a 6
OD	6	8.55	8.32	0.08	1 a 6
pH	6.5 a 8.5	8.17	7.16	0.08	1 a 6
Condutividade (mS/cm)		53.10	52.30	52.64	1 a 6
Fosfato orto-solúvel - P (mg/L)		<0.01	<0.01	<0.01	1 a 6
Fosfato Total - P (mg/L)	0.062	<0.01	<0.01	<0.01	1 a 6
N Amoniacal (mg/L)	0.4	0.85	<0.01	0.08	1 a 6
N Kjeldahl total (mg/L)		1.33	0.55	0.80	1 a 6
Turbidez (UNT)		5.30	1.20	3.08	1 a 6
Fenol (mg/L)	0.001	<0.01	<0.01	<0.001	1 a 6
Óleos e graxas (mg/L)	Ausente	<10**	<10**	<10*	1 a 6
Sulfeto (mg/L)	0.002	<0.3*	<0.3*	<0.3*	1 a 6
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	1000	68.00	0.10	0.21	1 a 6
Enterococos (UFC/100mL)	100	60.00	<1	0.17	1 a 6

NB.: Todas as medidas foram feitas para cada ponto, em três profundidades (superfície, meio e fundo)

*.: Limite de detecção do método superior ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86

**.: Medidas realizadas somente na superfície

- Nutrientes

Os resultados obtidos para os nutrientes mostraram-se abaixo dos padrões propostos: os valores do fósforo total e do nitrogênio amoniacal ficaram em geral inferiores ao limite de detecção dos métodos analíticos utilizados. Observa-se, desde setembro 2003 a concentração de nitrogênio Kjeldahl em níveis mais altos (1,33 mg/L em outubro 2004) na saída do emissário (pontos 1 a 4, na superfície como no fundo), indicando a presença de nitrogênio orgânico presente nos esgotos (Figura 12).

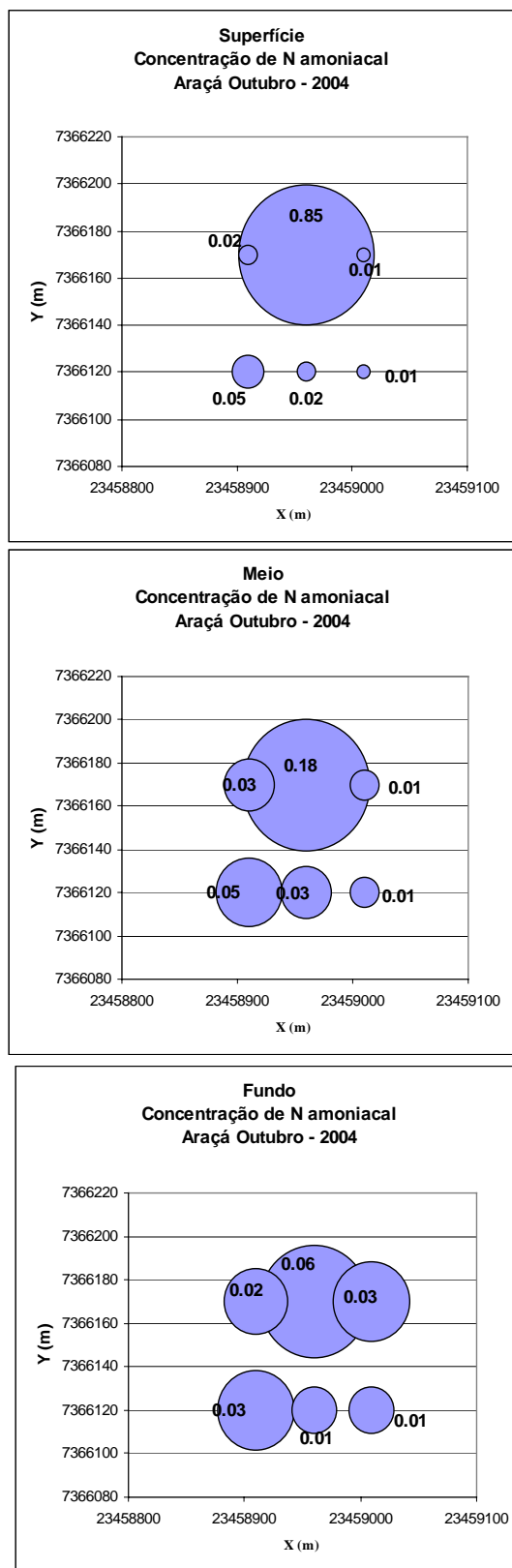


Figura 12: Distribuição espacial da concentração de Nitrogênio Amoniacal na água do mar nos pontos de amostragem no emissário e em três profundidades (superfície, meio e fundo).

Com relação ao fenol, não foi encontrado nenhum valor superior ao padrão, sugerindo que não deve existir fontes expressivas destas substâncias na área monitorada e, consequentemente, nos lançamentos do sistema.

O monitoramento de óleos e graxas ficou sensivelmente prejudicado nestas campanhas pelo fato de que o limite de detecção do método foi superior ao valor do padrão, segundo a Resolução Conama. Considerando-se a constatação destas substâncias no monitoramento em 2003, considera-se importante dar prosseguimento à avaliação deste parâmetro nas próximas campanhas, especialmente pelo fato da influência do TEBAR na qualidade das águas da região.

No que se refere à presença de sulfetos no canal, o limite de detecção do método é superior ao padrão estabelecido pela Resolução Conama 20/86 não permitindo ainda avaliar a presença ou não desta substância no meio marinho. Considerando a tipologia industrial da região, é necessário prosseguir no monitoramento deste parâmetro.

➤ Indicadores microbiológicos

Com relação aos parâmetros microbiológicos, enquanto valores altos foram encontrados nas campanhas de dezembro 2002 e Março 2003, nas três últimas campanhas (Setembro 2003, Março e Outubro 2004) não foram registrados valores acima dos padrões da Resolução da Conama 20/86 e a 274/00 para os coliformes termotolerantes e os enterococos (Figura 13).

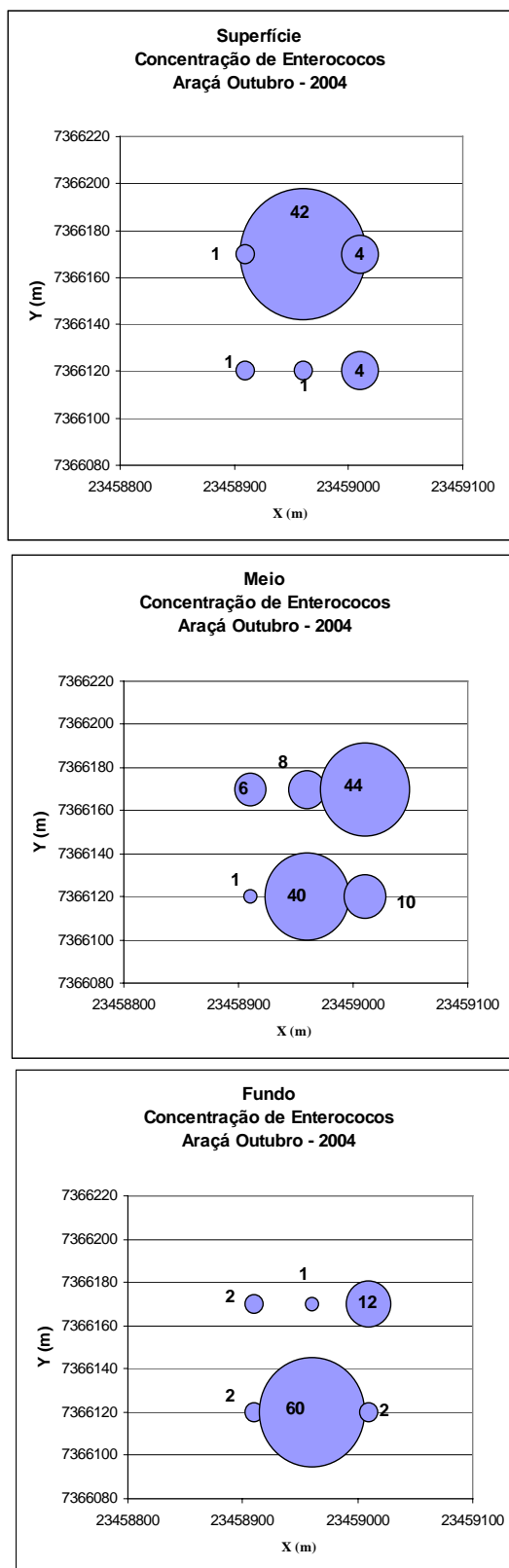


Figura 13: Distribuição espacial da concentração de Enterococos nos pontos de amostragem ao redor do emissário e em três profundidades (superfície, meio e fundo).

Qualidade dos sedimentos

Os sedimentos foram amostrados em 10 pontos, em torno da saída do emissário submarino. Os resultados de qualidade estão apresentados na Tabela 12 e 13.

Tabela 12: Resultados de qualidade do sedimento na área de influência do emissário de Araçá (período de março de 2004).

Local de amostragem	Prof. (m)	pH	E _H (mV)	Corg (%)	N total (%)	C/N	S (mg/Kg)	MO* (%)
Ponto 1	8	-	-237	0,22	<0,17	> 1,29	461	0,40
Ponto 2	3	-	-106	1,72	<0,17	> 10,12	569	3,10
Ponto 3	6	7,9	-17	0,82	<0,17	> 4,82	886	1,48
Ponto 4	8	7,63	-236	0,76	<0,17	> 4,47	1990	1,37
Ponto 5	7	7,83	-96	1,64	<0,17	> 9,65	880	2,95
Ponto 6	4	-	-290	0,96	<0,17	> 5,65	1940	1,73
Ponto 7	8	-	-286	0,66	<0,17	> 3,88	1190	1,19
Ponto 8	4	7,78	-94	2,07	<0,17	> 12,17	546	3,73
Ponto 9	6	7,7	-165	1,45	<0,17	> 8,53	761	2,61
Ponto 10	12	7,72	-204	0,99	<0,17	> 5,82	682	1,78
Média		7,76	-173	1,13	<0,17	> 6,64	990	2,03
Desvio Padrão		0,10	92	0,57	-	3,35	554	1,03

* COT x 1,8

Tabela 13: Resultados de qualidade do sedimento na área de influência do emissário de Araçá (período de outubro de 2004).

Local de amostragem	Prof. (m)	pH	E _H (mV)	Corg (%)	N total (%)	C/N	S (mg/Kg)	MO* (%)
Ponto Controle		7,04	-148	1,4	0,11	13,17	1970	2,52
Ponto 1	7	**	-128	0,70	0,02	35,00	652	1,26
Ponto 2	7	**	**	6,27	0,06	104,5	887	11,29
Ponto 3	10	**	**	2,35	0,10	23,50	1190	4,23
Ponto 4	7	**	**	1,08	0,07	15,43	1070	1,94
Ponto 5	7	**	-150	0,41	0,04	10,25	626	0,74
Ponto 6	7	**	-250	1,07	0,10	10,70	2530	1,93
Ponto 7	**	7,38	-102	2,23	0,04	55,75	624	4,01
Ponto 8	**	7,31	-310	1,64	0,05	32,80	1950	2,95
Ponto 9	**	7,02	-102	0,60	0,08	7,50	1540	1,08
Ponto 10	13	7,35	-107	3,08	0,07	44,00	755	5,54
Média		7,27	-125,9	1,94	0,06	33,94	1182,40	3,50
Desvio Padrão		0,17	132,64	1,75	0,03	29,46	642,78	3,15

* COT x 1,8

** problemas na amostragem, sem resultados

Com exceção do ponto 1, foram encontradas, em março de 2004, concentrações de carbono orgânico total nos sedimentos na saída do emissário que podem ser consideradas relativamente elevadas (0,66% a 2,07%), a média sendo de 1,13%. Já em outubro de 2004, as concentrações de carbono orgânico forma muito elevadas, variando de 0,41% a 6,27%, sendo a média 1,94%. Ao comparar com sedimento de outras regiões (Tabela 14), esses resultados são, por exemplo, significativamente mais elevados que na saída do emissário de Santos, onde os sedimentos apresentam uma média de 0,75% de carbono orgânico total.

As concentrações de nitrogênio total, em março de 2004, foram inferiores ao L.D. do método (0,17%) e, em outubro de 2004, apresentaram uma média de 0,06%. Esses resultados indicam que não está havendo um processo intenso de acumulação no sedimento por esse nutriente, uma vez que áreas muito impactadas mostram valores superiores a 0,29% (FERREIRA, 1993). Se considerarmos, no caso das concentrações obtidas para abril de 2004, uma concentração de N total de 0,17%, o cálculo da razão C/N (aparente) mostra valores superiores a 10 em alguns pontos, o que pode ser explicado devido à fontes externas de matéria orgânica do próprio lançamento do emissário. Esse fato é corroborado

pelos resultados obtidos em outubro de 2004 onde, apenas no ponto 9, obteve-se uma relação C/N inferior a 10, sendo o valor médio obtido de 33,94.

Verificam-se também, em março de 2004, valores de matéria orgânica de até 7,68% (média de 2,34%), que são concordantes com os potenciais redox encontrados (grande parte entre -100 e -200 mv e alguns entre -200 e -300 mv) e enxofre (entre 700 e 2000 mg/kg) que indicam uma decomposição acentuada de matéria orgânica, predominantemente anaeróbia. Em outubro de 2004, foram obtidos valores de matéria orgânica de até 11,29% (média de 3,50%), também concordantes com o potencial redox (que variou entre -102 e -350 mV) e enxofre (entre 624 a 2530 mg/kg). Esses valores observados são muito elevados mesmo considerando-se a quantidade de matéria orgânica presentes nos sedimentos da baía de Santos (1,16%) e dos estuários de Santos e São Vicente (5,16%). Tais resultados corroboram a hipótese da contribuição significativa dos esgotos à má qualidade observada neste compartimento ambiental, podendo estar associada, inclusive, ao lançamento do emissário do Tebar, hipótese que deve ser considerada na avaliação da qualidade do Canal de São Sebastião, notadamente à sua capacidade de suporte em receber cargas poluidoras.

Tabela 14: Concentração de Carbono orgânico, Nitrogênio total e matéria orgânica nas área de influência dos emissários de Araçá e Santos.

	Emissário de Araçá	Emissário de Santos
C org	1,3 %	0,75 %
N total	< 0,17 %	0,12 %
MO*	2,34 %	1,34 %

* COT x 1,8

4.6 Microfauna dos Sedimentos: Foraminíferos¹

No estudo sobre impactos de emissários submarinos no ambiente a avaliação da qualidade dos sedimentos é muito importante não só no que se refere à sua qualidade como também com relação ao aspecto da sua fauna bentônica.

Nesse sentido, com o objetivo de aperfeiçoar a avaliação dos sedimentos, a partir de fevereiro de 2004, iniciou-se um trabalho conjunto com o Instituto de Geociências (IGc) da USP sob a responsabilidade da Prof. Dra. Wânia Duleba e com o apoio da Fapesp (Fundação

¹ WÂNIA DULEBA e ANDRÉIA CRISTIANE TEODORO (Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental Instituto de Geociências – USP).

de Apoio à Pesquisa no Estado de São Paulo). Nessa cooperação técnica a Cetesb fornece as amostras de sedimentos das áreas de influência dos emissários estudados para serem processadas no Laboratório de sedimentologia do IGc. Essas amostras estão sendo processadas para a determinação qualitativa e quantitativa dos foraminíferos presentes no sedimento possibilitando a avaliação desses organismos da microfauna bentônica que podem ser utilizados como bioindicadores. Além disso, o IGc está realizando também, sua análise granulométrica e geoquímica para a determinação da concentração de carbonato de cálcio, carbono orgânico, nitrogênio total e enxofre total.

Os foraminíferos

Os foraminíferos são protozoários dotados de carapaças calcárias ou aglutinadas de grãos presentes no sedimento. Essa carapaça que pode ter uma ou mais câmaras, todas interconectadas por um orifício (forâmen), que permite ao protoplasma ocupar todo interior da carapaça. Esta pode ser de matéria orgânica (proteoglicanas - polissacarídeos), de minerais secretados (calcita, aragonita ou sílica) ou de partículas aglutinadas (grãos de areia, mica e espículas de esponja). Há espécies de foraminíferos aglutinantes altamente seletivas em relação ao tamanho e ao tipo de material dos grãos.

Os foraminíferos podem ser bentônicos ou planctônicos. Os bentônicos, presentes há cerca de 550 milhões de anos na Terra, sofreram radiação adaptativa em todas as zonas climáticas, dos pólos às poças hipersalinas do Saara e em todos os ambientes estuarinos, lagunares e marinhos, da região entre-marés a abissal. Os foraminíferos bentônicos podem ser da epifauna e/ou da infauna, habitando vários tipos de substratos. Foraminíferos planctônicos são mais recentes e surgiram há 190 milhões de anos no Jurássico, tornando-se mais abundantes a partir do Cretáceo. Os foraminíferos planctônicos são exclusivamente marinhos, necessitando viver em águas oceânicas, limpas, sem material em suspensão. Esses organismos evitam águas costeiras e rasas, pois a profundidade da plataforma interna, na maioria das vezes, é pequena demais para que realizem suas migrações verticais ontogenéticas. Porém, em determinadas regiões do Pacífico (*e.g.* Califórnia e Chile), a plataforma continental é muito estreita e o talude é relativamente próximo à linha de costa. Nessas regiões, quando há ventos fortes que dispersam o material em suspensão, ocorre o aparecimento de foraminíferos planctônicos.

Foraminíferos bentônicos como Bioindicadores Ambientais

Determinados organismos da microfauna marinha, com movimentação restrita e alta sensibilidade às variações ambientais, permitem diagnosticar as condições físico-químicas do ambiente. Dentre esses organismos, os foraminíferos têm sido utilizados para esse

objetivo, uma vez que muitas espécies são sensíveis às variações abióticas e apresentam pouca ou nenhuma capacidade de movimentação.

Além dessas características, os foraminíferos bentônicos são abundantes, possuem tamanho reduzido, carapaças diagnosticáveis (i.e., grande variabilidade morfológica), fossilizáveis e com ampla distribuição na escala geológica. Presentes há cerca de 540 milhões de anos na Terra, esses pequenos protozoários sofreram radiação adaptativa por todas as zonas climáticas (dos pólos às poças hipersalinas do Saara) e por todos os ambientes marinhos (desde região de entre-marés a abissal) e transicionais (estuários e lagunas).

Devido a essas características, os foraminíferos são considerados bons indicadores ambientais, sendo utilizados para detectar padrões de circulação oceânica e estuarina atuais e propriedades físico-químicas das massas de água. Podem ainda ser utilizados como bioindicadores de impactos ambientais, causados pela aquacultura, construção de portos, hidrovias e canais artificiais destruição da camada de ozônio e o conseqüente aumento da radiação ultravioleta em regiões de recifes de corais, eutrofização causada por esgotos domésticos, industriais e dejetos portuários ou poluição química industrial.

Resultados – Foraminíferos vivos

Santos – 1º semestre de 2004

Na determinação da microfauna bentônica uma vez separados as carapaças, elas são identificadas e contadas. Foram identificadas 32 espécies de foraminíferos e 1 de tecamebas na Baía de Santos. A quantidade padrão de sedimento utilizado em trabalhos sobre foraminíferos de ambientes marinhos normais é 10 cc. Contudo, na Baía de Santos, foi necessário utilizar 20 a 110 cc de sedimento para conseguir obter uma quantidade estatisticamente viável de foraminíferos. Isto pode significar que a taxa de sedimentação e/ou a quantidade de produtos tóxicos lançados pelo emissário seja muito alta e esteja comprometendo as associações de foraminíferos.

De modo geral, os rotalíneos são as formas predominantes na baía, correspondendo a mais de 95% do total de cada amostra analisada. As tecamebas, os textulariíneos e os miliolíneos são raros.

A espécie dominante em toda a Baía de Santos é *Pararotalia cananeiaensis* ou *Ammonia tepida* (Figuras 14 e 15). As espécies acessórias, i.e. que atingem 24 a 5% do total da amostra são *Cibicides* spp. *Buliminella elegantissima* e *Bolivina* spp.

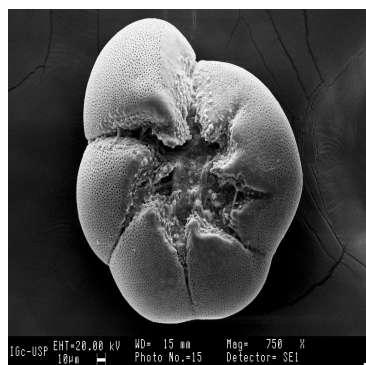


Figura 14. *Ammonia tepida*

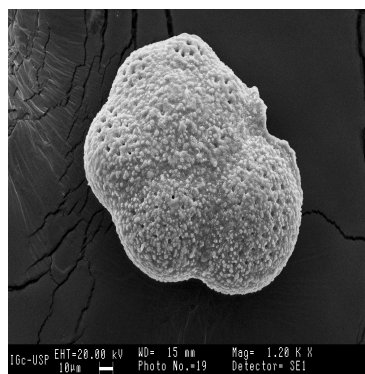


Figura 15. *Pararotalia cananeiaensis*

Santos – 2º semestre de 2004

A identificação dos organismos dessa campanha ainda está em andamento, mas já é possível observar que *Pararotalia cananeiaensis* ou *Ammonia tepida* continuam sendo as espécies dominantes.

Os valores de densidade de foraminíferos vivos observados no inverno são relativamente maiores que os constatados no verão de 2004. Para se atingir uma quantidade de foraminíferos necessária para análise foi utilizado somente 30 a 60 cc de sedimento. Isto permite inferir que ou a taxa de sedimentação local e/ou a quantidade de produtos tóxicos diminuiu.

Altas concentrações de *Pararotalia cananeiaensis* ocorrem em regiões com altas concentrações de argila o que indica maior ocorrência dessa espécie em regiões de baixa energia. A ocorrência de ou *Ammonia tepida* sugere um ambiente costeiro com variações de salinidade. Essa espécie também é típica de ambientes ricos em matéria orgânica e de baixa energia.

Canal de São Sebastião

Embora as amostras de sedimentos do emissário de São Sebastião ainda estejam sendo processadas, resultados obtidos em estudos anteriores já mostram a influência desse despejo na microfauna de foraminíferos (DULEBA; TEODORO, 2004).

Nas amostras de locais na baía do Araçá que estão diretamente expostas as descargas do emissário submarino, os foraminíferos vivos apresentam valores de densidade e riqueza de espécies mais baixas que outros locais próximos. Altas concentrações de enxofre no sedimento como observado nessa região, são prejudiciais à microfauna. No sedimentos próximos à saída do emissário foram encontradas concentrações de enxofre 30 vezes maiores que outros pontos próximos e 80 vezes superiores aos obtidos no canal no lado insular. As populações de foraminíferos em algumas situações podem se beneficiar de despejos domésticos se o fluxo for moderado e isento de substâncias tóxicas, entretanto,

quando o conteúdo orgânico é muito alto ou existe a presença de compostos tóxicos ocorre um decréscimo dessa microfauna bentônica.

Considerações Finais

Embora os resultados sejam preliminares e a identificação dos organismos ainda estejam em andamento, dois fatos importantes já se destacaram: as espécies de foraminíferos mais abundantes nos sedimentos dos dois locais estudados são características de ambientes ricos em matéria orgânica, além disso, o sedimento da baía de Santos mostrou baixa densidade desses organismos o que sugere um efeito tóxico do lançamento sobre a microfauna bentônica, reduzindo sua população.

4.7. Conclusões

Com relação à avaliação da eficiência do emissário de Santos foi observado que o efluente analisado na EPC apresenta elevados teores de nitrogênio amoniacal, fósforo total, sulfeto, óleos e graxas, DBO e coliformes termotolerantes não atendendo aos padrões de emissão da legislação. Esses resultados tem refletido na qualidade do ambiente marinho causando um enriquecimento de nutrientes nas águas e sedimentos da região.

Nas amostragens realizadas no mar na área de influência do lançamento não foram registradas alterações nas características físicas da água, como salinidade e pH, embora tenha sido observada diminuição do OD em uma amostra de fundo. Entretanto, observou-se elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, fósforo e nos parâmetros microbiológicos: enterococos e coliformes fecais. Os resultados de fenol e sulfeto não permitiram uma análise conclusiva, mas acredita-se que suas avaliações sejam necessárias uma vez que foram observados valores elevados nos anos anteriores.

No que se refere ao sedimento observou-se sensíveis alterações antrópicas evidenciando o impacto do lançamento do emissário submarino neste compartimento. Há um grande acúmulo de matéria orgânica na zona de sedimentação no entorno do emissário, observado pelos resultados de potencial redox, concentrações de carbono orgânico total, bem como pelas elevadas razões C/N indicando que o material encontrado nessa região é em boa parte de origem alóctone (continental). Somando-se a isso, os elevados teores de sulfeto indicam que a matéria orgânica presente encontra-se em avançado estágio de decomposição.

Com relação ao emissário do Araçá pode-se observar não conformidades no efluente para os seguintes parâmetros: nitrogênio amoniacal, sulfeto, óleos e graxas e coliformes termotolerantes e enterococos, embora os resultados dos indicadores microbiológicos tenham sido bem inferiores aos obtidos no efluente do emissário de Santos.

Embora os parâmetros listados acima sejam lançados em quantidades superiores ao padrão estabelecido pela legislação, para efluentes, isso não foi detectado na qualidade da água. Nas amostras analisadas observou-se alteração apenas para o parâmetro nitrogênio kjeldahl, que apresentou níveis mais altos na saída do emissário indicativo da presença de nitrogênio orgânico presente no esgoto. Devido a problemas analíticos, não foi possível chegar a uma avaliação conclusiva quanto aos parâmetros óleos e graxas e sulfeto.

Já com relação ao sedimento pode-se concluir que o emissário submarino do Araçá vem causando alterações significativas na qualidade das águas. Os teores de carbono orgânico observados no sedimento da região foram considerados elevados, sendo, em alguns pontos, superiores até mesmo aos encontrados no sedimento da baía de Santos. As razões C/N obtidas em alguns locais indicam a contribuição de matéria orgânica proveniente de fonte externa (emissário). Os resultados de potencial redox e enxofre do sedimento indicam que o processo de decomposição da matéria orgânica é na maioria dos casos, anaeróbio. As correntes mais fortes de superfície auxiliam a dispersão do lançamento do efluente na superfície da água, entretanto, a baixa energia nas camadas de fundo favorece o acúmulo de matéria orgânica no sedimento. A Agência Australiana do Meio Ambiente (EPA), estimou uma taxa máxima de deposição para material particulado de esgoto de 1g/m²/dia que neste caso, provavelmente esteja sendo excedido, o que remete para buscar opções de redução do aporte de MO por estes lançamentos no ambiente marinho.

Com base nas considerações acima, pode-se concluir que os emissários submarinos monitorados, Santos e Araçá, possuem problemas no pré-condicionamento dos esgotos, uma vez que, para muitos parâmetros, foram observadas valores elevados no efluente. O estudo do ambiente no entorno dos emissários também demonstrou alterações significativas em suas características, principalmente no que se refere ao compartimento sedimento. Essas alterações podem estar sendo causadas por um pré-condicionamento ineficiente do efluente, no qual não estão sendo removidas as quantidades necessárias de certas substâncias ou pelas condições desfavoráveis para dispersão desse lançamentos quer sejam locais ou operacionais. Nesse sentido é importante a manutenção e operação do EPC e dos sistemas difusores.

Referências bibliográficas

- DULEBA W.; TEODORO A. C. The impact of industrial and domestic effluents on foraminiferan assemblages of the São Sebastian Channel, Brazil. MWWO - Catania Italia 2004.
- EPA. Sewage plume behavior. Sydney Deepwater Outfalls Environmental Monitoring Program Final Report Series. Volume 2. New South Wales Environment protection Authority, Sydney. 1996.

- FERREIRA, S. J. F. *Caracterização de sedimentos e solos de dois lagos de várzea na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. CENA/USP, Piracicaba, SP. 1993.
- FUKUMOTO, M. M. *Caracterização da sedimentação atual e reconstituição da história deposicional recente da Baía de Santos a partir das características composicionais e isotópicas da matéria orgânica*. Dissertação de mestrado apresentada ao IOUSP 111 p. São Paulo, 2003.
- GRACE, R.A. Marine outfall systems: planning, design and construction. Department of Civil Engineering. University of Hawaii. Prentice Hall. 1978.
- JIRKA, G.H.; DONEKER, R.L. Hydrodynamic classification of submerged single-port discharges. Journal of Hydraulic Engineering (117), sept, 1991.
- JIRKA, G.H.; DONEKER, R.L.; HINTON, S.W. User's manual for Cormix: a hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters. DeFrees Hydraulics Laboratory, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, NY. 1996.
- ORTIZ, J.P.; FORTIS, R.M. Técnicas construtivas de emissários submarinos utilizando sistemas difusores com orifício de área variável. XXI CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA. SÃO PEDRO, SP, 2004.
- SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. F.; MAHIQUES, M. M.; BRAGA, E. S. *Determinação da matéria orgânica em sedimentos de fundo dos Estuários de Santos/São Vicente e Baía de Santos – SP/Brasil*. III Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde. Santos – Brasil, 2003.
- SOBRINHO, P.A. Biosólidos na agricultura. EDUSP. Universidade de São Paulo. 2002.
- TSUTIYA, M.T. Coleta e transporte de esgoto sanitário. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.
- WILKINSON, D.L. Purging and flooding of pipeline sewage outfalls. Journal of Hydraulic Engineering. Volume 123. 1997.