

## 6 ESTUDO SOBRE A GERAÇÃO DE CARGAS POLUENTES E SEU IMPACTO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

### 6.1 Apresentação Geral

Apresenta-se a seguir o resultado da análise da geração de cargas poluentes, incluindo a pesquisa de campo e a pesquisa de dados realizadas em acréscimo à pesquisa in loco sobre fontes de cargas poluentes relatada no **Capítulo 5**.

O que exerceu enorme impacto sobre a qualidade da água da Represa Billings no passado foi a reversão, e pensa-se que o problema daqui para frente será o efluente doméstico e o lodo proveniente da reversão se imagina estar sedimentado no fundo da represa. Quanto ao efluente doméstico propriamente dito, estima-se que será reduzido em cerca de 10 anos mediante obras de planejamento ambiental (tais como instalação do sistema de esgotamento sanitário). Como condição para isso, porém, é indispensável uma política de controle e fiscalização do aumento populacional e do crescimento das favelas.

No processo da pesquisa, foram detectadas novas fontes poluentes especiais: vazamento de efluente da Cratera da Colônia e o efluente do antigo lixão da Alvarenga.

Segue abaixo explicação pormenorizada sobre as características da geração de cargas poluentes e seu impacto sobre a qualidade da água da Represa Billings.

### 6.2 Efluentes domésticos

Acredita-se que a população fixa, como já foi dito no Capítulo 8, passará dos cerca de 870.000 em 2000 para 1.550.000 em 2025. Ao mesmo tempo, obteve-se resultado dos estudos segundo o qual é possível absorver legalmente essa população a mais dentro da bacia hidrográfica. Pensa-se, porém, que se não houver medidas políticas, é difícil bloquear essa tendência. Dentro da área da bacia, foi confirmada a existência de pontos que podem se tornar núcleos do aumento populacional. (bairros como os de Santa Cruz e Capelinha em São Bernardo do Campo e Vale Verde no município de São Paulo). Existem locais em que a falta ou ausência de infra-estrutura (como sistema de água tratada e estradas) já constituem problema. Dentro delas a população está aumentando rapidamente e no seu entorno está sendo iniciada a construção de casas.

Estima-se que no ano 2000 houve geração de  $80.000\text{m}^3/\text{dia}$  de efluentes domésticos e, descontando-se o volume que penetrou no solo, acredita-se que cerca de  $50.000\text{m}^3/\text{dia}$  afluíram à Represa Billings. Pensa-se que esses números vão aumentar em 2025 para geração, cerca de  $150.000\text{m}^3/\text{dia}$  e descarga, cerca de  $120.000\text{m}^3/\text{dia}$  (na hipótese de não haver medidas de saneamento básico). Atualmente no período do verão já é notória a ocorrência de algas e a água encanada tem forte odor desses vegetais. Pensa-se que a represa já esteja na situação limite como fonte de água encanada.

Se a instalação do sistema de esgotos sanitários avançar como está previsto no presente plano, os bairros da margem nordeste da Represa Billings exportarão os efluentes para a Estação de Tratamento de Esgoto do ABC, os bairros da margem oeste para a Estação de Tratamento de Esgoto de Barueri e para tratamento local, e a região central da represa (Bairro do Riacho Grande) para tratamento de alta eficiência, e espera-se que dessa forma haja redução de quase toda a carga poluente proveniente de efluentes domésticos. Essas instalações estão previstas para um trabalho concentrado entre 2010-2015.

Como resultado dessa instalação do sistema de esgotos sanitários, o volume de esgoto descarregado na Represa Billings deverá ser reduzido para cerca de 20.000m<sup>3</sup>/dia em 2015 e para cerca de 10.000m<sup>3</sup>/dia em 2025. Isso corresponde a 7% do volume de descarga. Além disso, 60% dos 10.000m<sup>3</sup>/dia será efluente processado por tratamento de alta eficiência (veja a **Figura 8.4.3**, Comparação entre o Volume de Efluentes Gerados e o Volume de Efluentes Despejados (cenário 2)).

Portanto, o impacto dos efluentes domésticos sobre a qualidade da água da Represa Billings está se tornando maior e é necessário executar urgentemente medidas como a instalação do sistema de esgotos sanitários e melhoria dos estabelecimentos de saúde pública.

### 6.3 Efluente infiltrado de fossas sépticas

O tratamento através de fossas sépticas é um método que consiste em coletar a água do banheiro juntamente com águas servidas e tratar o líquido mediante a sua infiltração na terra enquanto o material sólido é retirado por caminhão limpa-fossa quando o tanque de esgoto fica cheio. O tratamento de boa parte da carga poluente é feito por infiltração no subsolo e receia-se o impacto sobre o lençol freático. No item sobre o volume planejado de esgoto, calcula-se o volume de esgoto gerado com base na pressuposição de que essa infiltração no subsolo é perfeitamente eficaz. Neste plano, faz-se o cálculo com base na pressuposição de que a proporção da população que atualmente depende de fossas sépticas não sofrerá mudanças no futuro. As razões para isso são as seguintes:

- O aumento populacional ocorrerá tanto nas áreas urbanas já existentes como nas novas.
- Nesta bacia, as regiões candidatas a se tornarem novas áreas urbanas estão espalhadas em extremo e não são necessariamente terrenos que reúnem as condições mais adequadas (estradas, trânsito, saneamento básico, inclinação do terreno).
- A população que se fixará em novas áreas urbanas em 2025 será ao todo da ordem de 400.000 pessoas (cerca de metade da população a ser acrescida).
- Nas novas áreas urbanas, em virtude da dispersão da população pelas demais áreas e a baixa densidade demográfica na fase inicial do desenvolvimento, basicamente haverá atrasos na implantação do sistema de esgotamento sanitário. Caso se procure realizar o

tratamento de efluentes de acordo com a legislação nesses bairros, serão adotadas as fossas sépticas.

- Por conseguinte, é possível que a previsão de que no futuro, juntamente com o aumento populacional, haverá um avanço da urbanização, aumento da rede de esgotos e redução no uso de fossas sépticas, acabe se tornando um prognóstico perigoso. Por essa razão, optou-se por não alterar a proporção da população.

Com base nessa hipótese, foi calculado como demonstrado abaixo o volume tratado pela infiltração no subsolo mediante fossas sépticas bem como o volume da carga. Consideram-se como área infiltrada uma superfície de 119,17km<sup>2</sup>, que corresponde a área urbana existente + área rural (lago principal 96,9km<sup>2</sup>, braços 22,7km, distribuição da área segundo a distribuição da população).

**Tabela 6.3.1 Volume Tratado por Infiltração no Subsolo e o seu Volume de Carga**

Ano	Classificação	Infiltração	Infiltração de carga	Unidade de carga por superfície
2000	Lago Principal	42,018 m <sup>3</sup> /dia	9,454kg/dia	4,34m <sup>3</sup> /ha/dia (0,43L/m <sup>2</sup> /dia)
	Braço R.G.	9,935 m <sup>3</sup> /dia	2,235kg/dia	4,38m <sup>3</sup> /ha/dia (0,44L/m <sup>2</sup> /dia)
2025	Lago Principal	102,294m <sup>3</sup> /dia	17,262 kg/dia	10,56m <sup>3</sup> /ha/dia (1,06L/m <sup>2</sup> /dia)
	Braço R.G.	21,633m <sup>3</sup> /dia	3,656 kg/dia	9,53m <sup>3</sup> /ha/dia (0,95L/m <sup>2</sup> /dia)

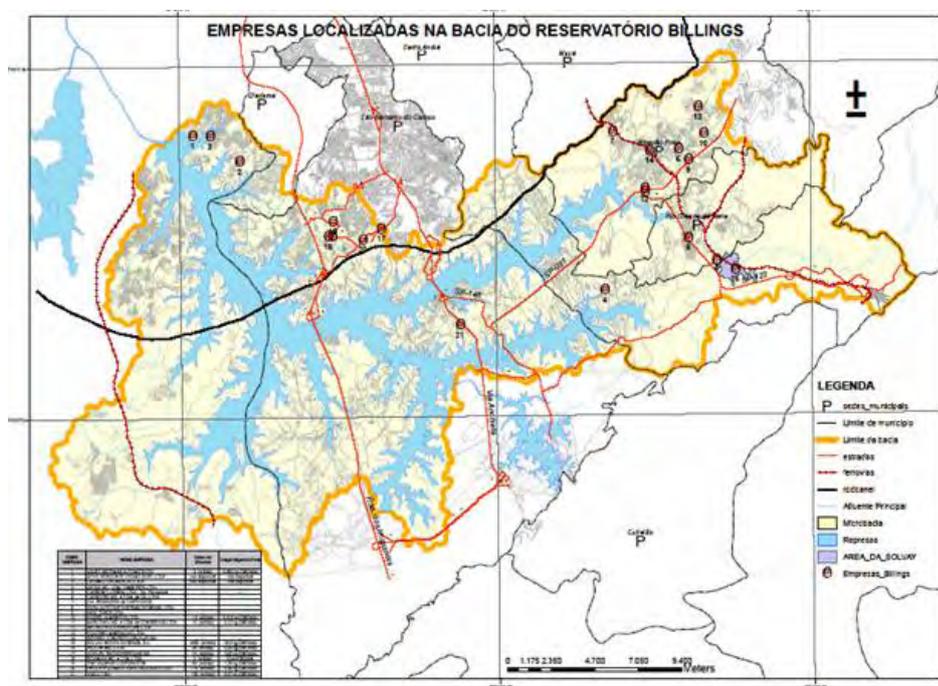
Segundo esse cálculo, pode-se prever que o volume tratado pela infiltração no subsolo mediante fossas sépticas vai aumentar à medida que se caminha da situação atual para o futuro, atingindo quase o mesmo número no lago principal e nos braços. O volume de efluentes em unidade diária de carga por superfície não é tão grande mesmo no futuro. Deve-se levar em consideração, porém, que a totalidade dessas cargas irá contaminar o lençol freático no subsolo e depois de alguns anos ou alguns milhares de anos penetrará na Represa Billings. Os compostos químicos de carbono podem ser decompostos mediante oxidação, mas o nitrogênio presente em forma de nitrato, por exemplo, permanece no subsolo e pode poluir o lençol freático e até causar danos à saúde humana.

#### 6.4 Efluentes industriais

Foi confirmado que os efluentes industriais estão sendo rigorosamente controlados pela CETESB, com base na Lei dos Mananciais. As empresas precisam, de acordo com o seu ramo de atividade, qualidade e volume do efluente, providenciar instalações para tratamento em conformidade com a lei, e inspecionar periodicamente, de maneira autônoma, a qualidade do efluente, apresentando o relatório correspondente. Desta vez, foi realizado junto à CETESB uma pesquisa sobre as empresas dentro da bacia. O número de estabelecimentos dentro da bacia é limitado, e segundo a lista da CETESB foram confirmadas 21 empresas (veja **Figura 6.4.1**). Dentre essas empresas, 9 não geram

efluentes. A maior delas é Solvay, de Santo André. De acordo com a informação apresentada à CETESB, o maior volume diário de efluente é  $4.080\text{m}^3/\text{dia}$ . Com relação à Solvay, está prevista a exportação da água poluente para a Estação de Tratamento de Esgoto do ABC a partir de julho de 2006, através do coletor-tronco a ser instalado pela CETESB. (Com base em interrogatório. Esse coletor tronco planejado já está em construção no trecho até Ribeirão Pires, e está previsto que durante 2005 começará a exportar parte do esgoto da cidade de Ribeirão Pires.)

Desses estabelecimentos, fez-se entrevista para confirmação da situação real com 8 empresas. Duas dessas empresas (Nestlé e Weg) foram objeto de pesquisa porque, embora se encontrem dentro da bacia, estavam fora da lista da CETESB. Foi constatado que no caso da Nestlé, não se trata de uma fábrica, mas sim um centro de distribuição. Foi confirmado que instalaram um fosso de oxidação para tratamento de esgoto gerado pelos funcionários. Quanto à Weg, foi confirmado que está exportando o efluente tratado para fora da bacia. Segue abaixo, o resultado das entrevistas.



**Figura 6.4.1 Distribuição das Empresas Localizadas na Bacia da Represa Billings**

**(Fonte: Documentos da CETESB)**

**Tabela 6.4.1 Resultados das Entrevistas com as Empresas**

Nome da Companhia	Rhodia Polimidia	Hora	2005/08/25 10AM
Tipo de Indústria	Material para Pintura	Suprimento de água	Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	1.31m <sup>3</sup> /h	Método de tratamento	Trickling filter + Lagoa 3 séries
DBO(mg/L) Afluente	3,179	DBO(mg/L)Efluente	6
Sumário da Entrevista	*Administração da Cetesb é muito rigorosa. *Uma das metas da empresa é zero emissão de efluentes.		
Nome da Companhia	Acrilex Tintas Especiais	Hora	2005/08/25 14PM
Tipo de Indústria	Resinados	Suprimento de Água	Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	1.37m <sup>3</sup> /h	Método de Tratamento	Unidade de tratamento
DBO(mg/L) Afluente	90	DBO(mg/L) Efluente	41
Sumário da Entrevista	*Tratamento dual para esgoto e águas servidas. *A meta é a perfeita reutilização da água tratada.		
Nome da Companhia	Akzo Nobel Ltda.	Hora	2005/08/25 15PM
Tipo de Indústria	Resinados	Suprimento de Água	Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	12m <sup>3</sup> /h	Método de Tratamento	Lagoa 3 séries + Filtração
DBO(mg/L) Afluente	173	DBO(mg/L) Efluente	17
Sumário da Entrevista	*Não há descarga de efluente tratado *A administração da Cetesb é muito rigorosa.		
Nome da Companhia	The Valspar Corp.	Hora	2005/08/26 10AM
Tipo de Indústria	Química	Suprimento de Água	Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	650m <sup>3</sup> /mês	Método de Tratamento	Químico + Lagoa + irrigação
DBO(mg/L) Afluente	3,240	DBO(mg/L) Efluente	28
Sumário da Entrevista	*100% de reutilização para irrigação.		
Nome da Companhia	Yakult S/A	Hora	2005/08/26 11AM
Tipo de Indústria	Indústria alimentícia	Suprimento de Água	Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	120m <sup>3</sup> /dia	Método de Tratamento	Fosso de oxidação + irrigação
DBO(mg/L) Afluente	75	DBO(mg/L) Efluente	9
Sumário da Entrevista	*100% de reutilização para irrigação por solicitação da Cetesb.		
Nome da Companhia	Solvay Indupa	Hora	2005/11/18 11AM
Tipo de Indústria	Manufatura de Produtos de PVC	Suprimento de Água	Rio + Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	4,080m <sup>3</sup> /dia	Método de Tratamento	Pré-Tratamento + Fosso de Oxidação
DBO(mg/L) Afluente	Not available	DBO(mg/L) Efluente	28.5
Sumário da Entrevista	O coletor tronco de esgotos deve chegar em julho de 2006 para que estes passem a ser enviados para a		

ETE-ABC			
Nome da Companhia	Nestlé	Hora	2006/01/19 10AM
Tipo de Indústria	Centro de Distribuição	Suprimento de Água	Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	Somente esgoto doméstico	Método de Tratamento	Fosso de Oxidação
DBO(mg/L) Afluente	313	DBO(mg/L) Efluente	13
Sumário da Entrevista	Efluente descarregado na rede de esgotos, ligada à Billings		
Nome da Companhia	Weg	Hora	2006/01/19 11AM
Tipo de Indústria	Manufatura de Motores	Suprimento de Água	Poço Profundo
Taxa de fluxo de Águas Residuais (DA)	Somente esgoto doméstico	Método de Tratamento	Fosso de Oxidação
DBO(mg/L) Afluente	564	DBO(mg/L) Efluente	60
Sumário da Entrevista	Efluente descarregado na rede de esgotos, ligada a Couros		

Nesses estabelecimentos em que ocorre geração de água poluente, foi verificada a existência de instalações para tratamento de efluentes e o esforço por fazer um trabalho correto de manutenção e controle. E das 8 empresas entrevistadas, 3 não lançam o efluente tratado nas águas. Por exemplo, a Yakult faz a irrigação da mata vizinha utilizando sprinklers. Isso é fruto da orientação da CETESB.



**Photo 6.4.1 Condições de Operação do Valo de Oxidação da Fábrica da Yakult**



**Photo 6.4.2 Condições de Operação da Lagoa da The Valspar Corp.**



**Photo 6.4.3 Condições de Operação das Instalações da Solvay Indupa**

**Tabela 6.4.2 Dados sobre Efluentes dos Estabelecimentos Industriais (segundo CETESB)**

No	Nome	Tratamento	Taxa de fluxo (m <sup>3</sup> /dia)	Carga DBO (kg DBO/dia)		Notas
				Afluente	Efluente	
1	Akzo Nobel Ltda.	Químico/Biológico	38,0	7,16	0,30 (7,9)	SBC
2	Acrilex Tintas Especiais	Químico/Biológico	15,0	10,60	2,60 (1.733)	SBC
3	The Valspar Corp.	Químico/Biológico	60,0	141,0	1,38 (23)	SBC
4	Rhodia Poliamida	Biológico	118,0	—	4,48 (38)	SBC
5	Yakult S.A.	Biológico	135,0	164,0	0,67 (5)	SBC
6	VALEO SISTEMA AUTOMOTIVOS	Químico	3,0	0,883	—	São Paulo
7	NOVO HORIZONTE CROMO DURO LTDA	Químico	—	—	—	São Paulo
8	CROMAQ CROMEACÇÃO LTDA	Químico	—	—	—	São Paulo
9	Kassel Alimentos Ltda	Biológico	1,50	4,095	0,018 (12)	Ribeirão Pires
10	Marutaka Ind.	Biológico	10,0	16,90	0,22 (22)	Ribeirão Pires
11	Solvay Indupa	Químico/Biológico	4.080	—	28,5 (7)	Santo André

Notas: São Paulo, SBC, Ribeirão Pires, Santo André, Rio Grande da Serra, O número entre parênteses na coluna do “Efluente” indica a concentração da DBO (valor calculado)

Avaliando na totalidade os dados acima dos estabelecimentos industriais e entrevistas, o impacto dos efluentes industriais sobre a qualidade da água da Represa Billings é pequeno e as razões para isso são as seguintes:

- A CETESB faz uma fiscalização rigorosa das medidas ambientais como o tratamento dos efluentes das indústrias, e as empresas realizam esforços no nível corporativo para se adequar à regulamentação.
- São poucas as empresas que lançam o efluente dentro da bacia e muitas delas têm pequeno volume de efluente.
- A maior indústria dentro da Bacia de Billings é a Solvay, de Santo André. Está previsto para julho de 2007 o início de exportação de todo o seu efluente para fora da bacia.
- As empresas estão executando medidas ambientais como a eliminação de lançamento do efluente tratado na água e realização de irrigação.

## 6.5 Efluentes Agrícolas

### (1) A situação do aproveitamento do terreno

Ao fazer a estimativa sobre a geração de cargas poluentes agrícolas, é importante a percepção exata da situação de aproveitamento do terreno. Dos 475km<sup>2</sup> de terra da bacia da Represa Billings, a floresta ocupa aproximadamente 346km<sup>2</sup> (cerca de 70%), a área em que existe habitação humana de maneira relativamente densa tem 120km<sup>2</sup> (cerca de 25%) e a área agrícola, 9km<sup>2</sup> (1,9%). Na área agrícola não se verifica a produção de cereais como campo irrigado ou plantação de trigo, e em lugar disso se desenvolve a jardinagem, a fruticultura e a horticultura. Apresentam-se características da agricultura dos arredores de uma grande metrópole. Não existe o cultivo de plantas como raiz de lótus na terra pantanosa à beira da água, e não tem sido realizada a fertilização para esse fim. O solo que margeia as águas na Bacia da Represa Billings é predominantemente de solo florestal marrom, considerado um solo sem problemas, embora seja necessário um controle adequado no caso de aproveitamento para agricultura.

### (2) Casa de campo com plantação (Chácara)

Além do terreno destinado à agricultura, existem as casas de campo com plantação (chácaras), que se assemelham às propriedades agrícolas. Existem cerca de 33km<sup>2</sup> de chácaras dentro da bacia, com uma superfície quatro vezes maior que o do terreno genuinamente agrícola. Existem chácaras cuja parte principal é a casa de campo de alto padrão (utilizada para festas) e outras cuja parte principal é a plantação, mas não se faz distinção entre esses dois tipos na presente especificação da área. É importante o fato de elas serem apontadas no relatório da PRIME como principal área candidata à zona residencial em resposta ao aumento populacional daqui para frente. Não existe necessariamente plantação no interior da chácara e, como se trata de propriedade privada, sua produção se destina principalmente para o consumo doméstico.

### (3) Produtos agrícolas

A produção agrícola relativamente mais notável na terra destinada à agricultura é a vinha e o cultivo de pinheiros para o Natal (jardinagem). Pode-se ver também a produção de hortaliças como alface, cebolinha e tomate. O método típico de fertilização é o seguinte:

#### 1) Vinha

A cultura de uva, tal como no Japão, é feita segundo o método que consiste em construir latadas e espalhar bem os ramos e as folhas sobre as grades, aproveitando de modo eficaz a luz solar. O período de fertilização é o inverno, após a colheita. O método de fertilização consiste em cavar buracos perto da planta nova e enterrar esterco de vaca. Pensa-se que a geração de carga poluente é pequena. Como há pragas, parece ser imprescindível a pulverização com inseticidas.

## 2) Pinheiros (jardinagem)

De acordo com entrevistas, praticamente ficam abandonados, sem fertilização ou irrigação.

Não existe piscicultura na represa, não havendo, portanto, o lançamento de ração na água em função dessa atividade. (Existem alguns pesqueiros na parte terrestre, mas ficam distantes da represa e quase não há efluentes.) Com base nessas situações, concluiu-se que não é necessário pesquisar nem a carga poluente proveniente de efluentes agrícolas nem o seu impacto sobre a qualidade da água.

## 6.6 Efluentes da Pecuária

É preciso atentar para o fato de que os efluentes de pocilgas exercem grande impacto sobre a água tanto no aspecto da qualidade da água como no aspecto de volume. Através do Billings 2000 (ONG ISA), sabe-se que havia pocilgas em Diadema e São Paulo (veja **Figura 6.6.1**. Porém, no Billings 2000 não se registram as pocilgas de São Bernardo do Campo.)

Em São Bernardo do Campo, foi estabelecida em 2000 uma lei municipal proibindo a existência de pocilgas na Bacia da Represa Billings. Como, porém, em 2003 foi confirmada a existência de 8 pocilgas dentro do município de São Bernardo do Campo, estudou-se a forma de sua remoção. Depois disso, todas as pocilgas foram removidos.

Na presente pesquisa de campo, foi confirmada a permanência de uma pocilga em Diadema (uma com 5 reses e sem sistema de lavagem à pressão). Nesse caso, como se trata de pocilga sem sistema de lavagem à pressão e não existe o rego para a água da lavagem, não ocorre na prática a descarga de água poluente. Além disso, como há poucas reses e a carga é pequena, concluiu-se que não é necessária uma consideração especial do ponto de vista da análise de poluição.

Podem-se observar dentro da Bacia da Represa Billings alguns lugares onde há cavalos, bois e galinhas criados à solta, ao ar livre, mas são estabelecimentos de pequeno porte, com apenas algumas cabeças de gado ou algumas galinhas. E quanto aos excrementos, como os animais defecam ao ar livre, calcula-se que o índice do que chega até as águas é pequeno. Pensa-se que o problema pode ser resolvido mediante a divulgação do método de criação adequado ao meio ambiente dentro do programa de educação ambiental e de esclarecimento da população em cada município daqui para frente.

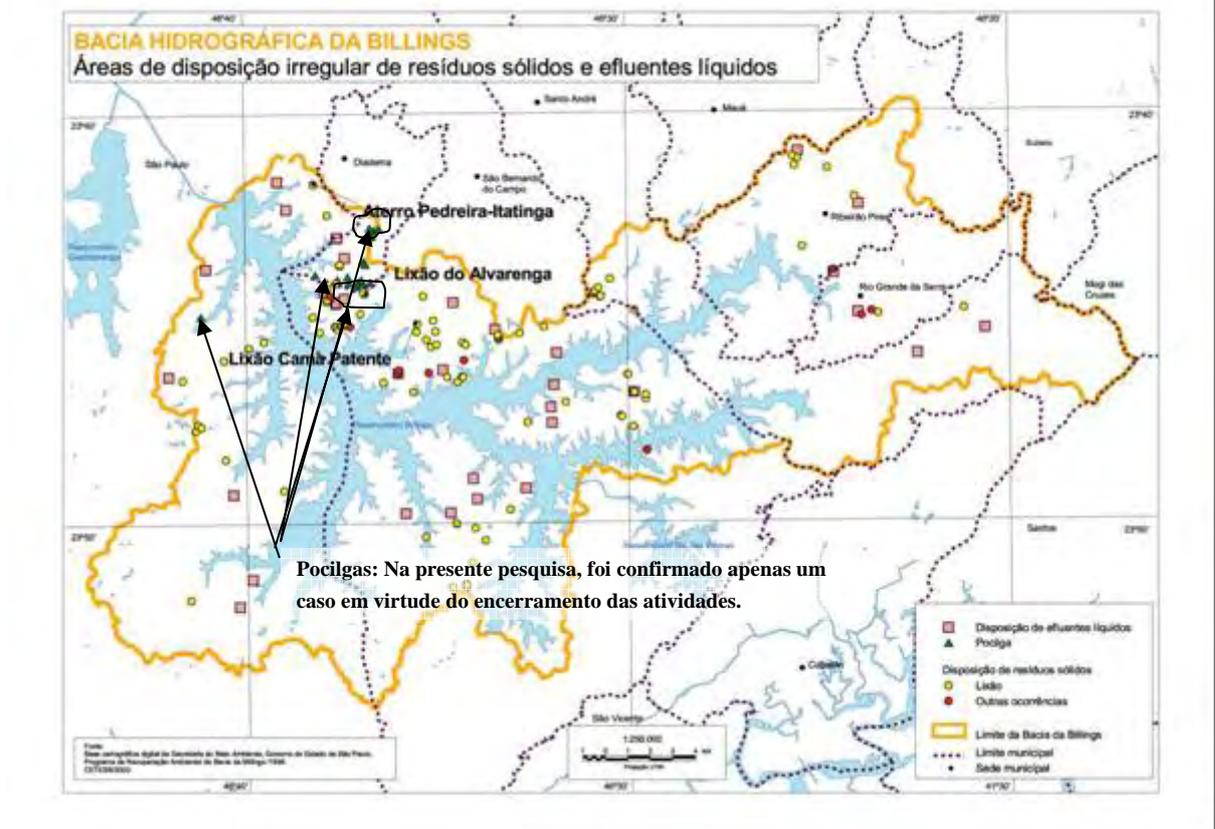


Figura 6.6.1 Localização das Pocilgas (Fonte: Billings 2000)

## 6.7 Efluentes gerados pelas atividades turísticas

Os 3 pontos a seguir podem ser citados como lugares na Bacia da Represa Billings em que a quantidade de efluentes turísticos é relativamente grande e, por isso, devem ser levados em consideração: (1) Distrito de Paranapiacaba (Município de Santo André); (2) Clubes com sistema de sócios (Clube dos Bancários do Brasil, São Bernardo do Campo, e muitos outros); e (3) Clube de golfe (Golden Lake Golf Club, São Bernardo do Campo).

Todos eles, porém, são de pequeno porte e voltados principalmente para viagem de turismo de um dia. Além disso, nos 2 últimos desses 3 pontos recolhe-se com caminhão limpa-fossa todo o efluente, inclusive águas servidas, para processamento em estações de tratamento existentes, não se fazendo a descarga na Bacia da Represa Billings (confirmação através de entrevistas).

Por conseguinte, como efluente turístico a ser levado em consideração só existe a água poluente do turismo de um dia do Distrito de Paranapiacaba. Com relação ao Distrito de Paranapiacaba, pode ser confirmada a existência de 10 hotéis simples de pequeno porte (casas antigas cujo interior foi reformado; não fornecem jantar) e 33 lanchonetes (também casas antigas cujo interior foi reformado). Não existem dados pormenorizados sobre a população de turistas. Ao que parece, muitos turistas aproveitam ônibus regulares. Como estes são operados em intervalos de cerca de 30

minutos durante o dia, pensa-se num total de 200 a 300 pessoas/dia. Em dias normais quase não há turistas, que chegam apenas aos sábados e domingos. Quando se pensa no número de turistas ao longo do ano, chega-se à média diária de 50 pessoas (turistas que fazem viagem de um dia). Como se demonstrou na **Tabela 8.3.8**, estima-se que a quantidade de água poluente gerada por um turista de um dia corresponde a 1/7 de um residente fixo, de modo que se pode fazer a conversão dos turistas para cerca de 7 residentes fixos por dia. Deste ponto em diante, será ignorada a carga dos turistas.

Como população residente, para os 43 estabelecimentos comerciais acima, supõe-se uma média de 7 pessoas juntando a família e os funcionários, totalizando cerca de 300 pessoas. Na estimativa da população, supõe-se cerca de 1.700 habitantes no ano 2000 para a Sub-bacia (No. 49) que inclui o Distrito de Paranapiacaba.

Quanto aos clubes com sistema de sócios, além do mencionado acima foram detectados muitos outros em áreas como o bairro de Parelheiros, na cidade de São Paulo.

Apresenta-se abaixo, como referência, o resultado da entrevista no clube de golfe da Bacia da Represa Billings (Golden Lake Golf Club). O volume de esgoto gerado é de cerca de 20m<sup>3</sup>/mês e toda a carga é armazenada. É retirado por caminhão limpa-fossa e expedido para a estação de tratamento de esgoto, onde é processado. Não há descarga de efluentes na Represa Billings. Utiliza-se a água do lençol freático, tirada de poço profundo, inclusive para irrigação, não se lançando mão da água da represa. Atualmente, não há inspeção ou fiscalização da CETESB.

**Tabela 6.7.1 Golden Lake Golf Club — Resultado da Entrevista**

Item	Descrição	Notas
Data da Entrevista	29/08/2005	
Construção	1973	
Área	677.000m <sup>2</sup>	
Número de Hóspedes	Aproximadamente 1.500 pessoas/semana	
Empregados	153	
Consumo de Água	12m <sup>3</sup> /dia	Poço Profundo, incluindo irrigação
Esgoto	Aproximadamente 20m <sup>3</sup> /m	Tanque de esgoto para esgoto de banheiro e águas servidas. Não há descarga (Exportação para ETE)
Fertilizante	Takenaka 25-5-20	3~3,5kg/400m <sup>2</sup> /cada 20 dias
Inseticida	Regente	1 vez/semana

Do exposto acima, o que se pode mencionar como fonte de carga poluente em forma de efluentes turísticos é o turismo de um dia no Distrito de Paranapiacaba, mas será ignorado por estar no nível de 7 residentes quando se distribui o volume total ao longo do ano.

## 6.8 Carga Poluente Natural

A carga poluente natural é a carga gerada pelas chuvas numa situação em que não existe poluição artificial, produzida diretamente por atividade humana, e inclui a descarga de fertilizantes e húmus. Dados acerca dos rios da bacia, sobre os quais se pensa que quase não inclui poluição produzida por atividade humana, estão sendo obtidos em 5 pontos. Calculando-se a carga por superfície nesses 5 pontos, obtêm-se os números abaixo:

**Tabela 6.8.1 Carga de Poluição Natural por Cada Rio na Bacia da Billings**

Local	Área	Taxa de Fluxo	DBO / L1		DQO / L2		T-N / L2		T-P / L2	
	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)	(mg/L)	*1	(mg/L)	*1	(mg/L)	*1	(mg/L)	*1
R-2	1,21	0,051	1	3,64	7,5	27,31	0,46	1,68	0,045	0,16
R-4	10,49	0,070	3	1,73	6	3,46	1,96	1,13	0,087	0,05
R-6	7,64	0,026	1,5	0,44	31	9,12	0,28	0,08	0,072	0,02
R-7	8,24	0,239	2,5	6,27	11	27,57	0,44	1,1	0	0
WW-1	16,35	0,098	4	2,07	22	11,39	0,69	0,36	0,045	0,02
Média			2,4	2,83	15,5	15,8	0,77	0,87	0,05	0,05
STD DV			1,2	2,23	10,7	11,0	0,68	0,64	0,033	0,064

\*1: kg/km<sup>2</sup>/dia

A carga de DBO por superfície é em média de 2,83kg/km<sup>2</sup>/dia, e a carga de DQO é em média de 15,8kg/km<sup>2</sup>/dia. Igualmente, T-N é de 0,87kg/km<sup>2</sup>/dia e T-P, 0,064kg/km<sup>2</sup>/dia. Essa carga por superfície, comparada, por exemplo, com os valores da carga por superfície das matas do Japão, é bem baixa.

Uma das razões para isso deve ser o volume de água bem pequeno devido ao fato de os dados serem do período de seca e só haver rios de pequena extensão. E também em termos de tipo do solo, é possível pensar no contexto de terreno devastado como o latosol, cujos nutrientes foram arrastados pela chuva.

De qualquer forma, verificou-se que a carga natural propriamente dita se encontra num nível baixo. Pensa-se que na análise da poluição, é necessário fazer o estudo usando juntamente com esses valores os números utilizados para análise por outros relatórios e pela CETESB.

## 6.9 Efluentes Pluviais

(1) A análise de dados sobre a precipitação pluviométrica

Os efluentes pluviais são da responsabilidade de cada prefeitura, mas como não foi possível obter normas claras para projeto, que constituem a base para a construção de instalações, decidiu-se fazer estimativas a partir de frequência, intensidade e volume de chuva.

Como fonte em que estão registradas essas informações, foram obtidos dados do Observatório Meteorológico da Universidade de São Paulo, correspondentes ao período de 10 anos entre 1995-2004. Com base neles, foram feitas análises sobre volume e frequência de chuvas, e foram obtidos os resultados abaixo.

Comparado ao Japão, é maior a frequência e o volume de chuva e pensa-se que há muitas precipitações com tempo curto de precipitação contínua. Em termos de período, como foi mencionado no Capítulo 1, há maior frequência de precipitação na estação de chuvas.

**Tabela 6.9.1 Frequência e Volume de Chuvas em São Paulo (1995-2004)**

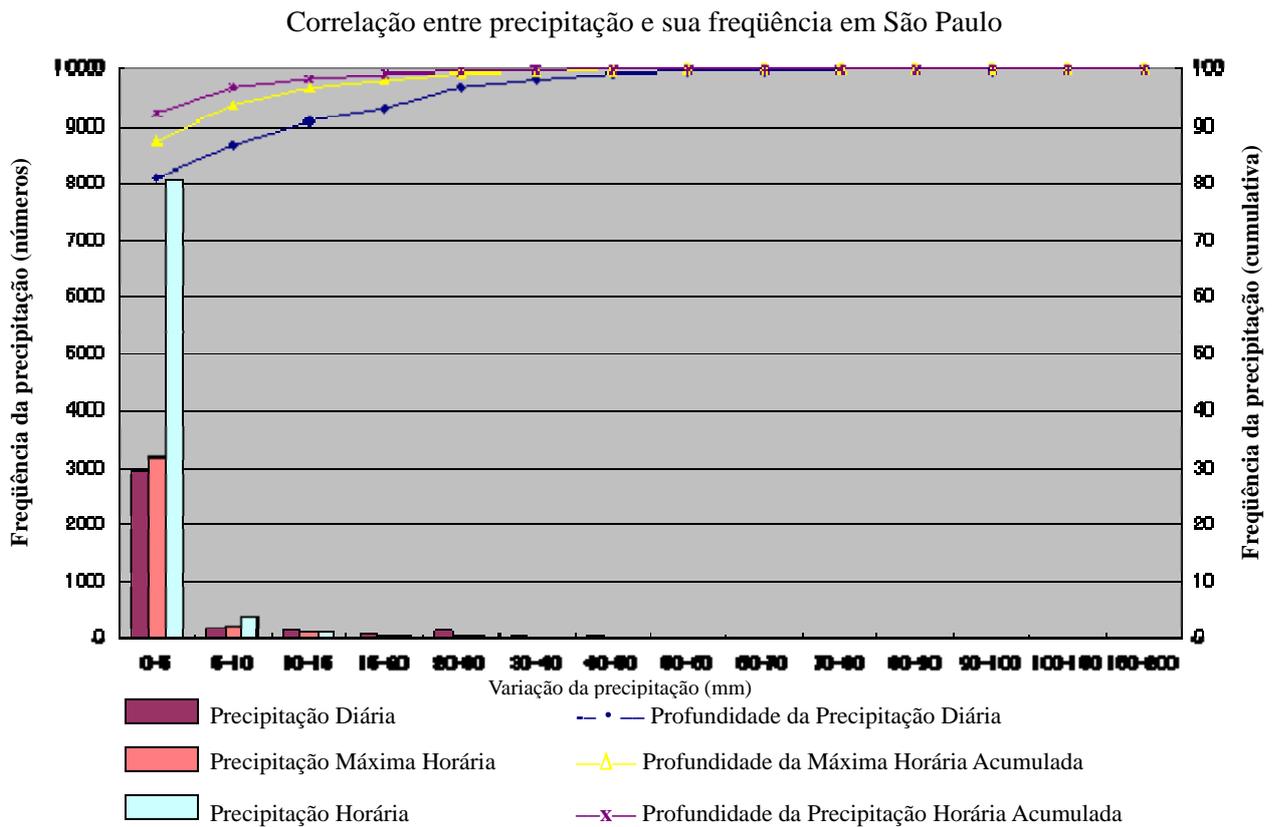
Item	Volume e Frequência de Chuva	Observações
Dias de chuva por ano	177,1 dias	
Volume de chuva por ano	1.493,8mm	
Tempo de chuva por ano	589 horas	

< Distribuição do número de precipitações >

Quando se analisa a distribuição do número de precipitações da mesma base de dados, obtêm-se o seguinte:

**Tabela 6.9.2 Análise da Distribuição de Precipitações – USP – São Paulo – 1995-2004**

Faixas de Precipitação	Classificação por Precipitação Diária			Classificação por Precipitação Máxima Horária			Classificação por Precipitação Horária		
	Precipitação Diária	Precipitação Diária	Acumulado	Máxima Horária	Máxima Horária	Acumulado	Precipitação Horária	Precipitação Horária	Acumulado
	(números)	(%)		(números)	(%)		(números)	(%)	
0-5	2965	81,19	81,19	3198	87,57	87,57	8094	92,30	92,30
5-10	205	5,61	86,80	228	6,24	93,81	407	4,64	96,94
10-15	151	4,13	90,93	111	3,04	96,85	137	1,56	98,50
15-20	82	2,25	93,18	49	1,34	98,19	61	0,70	99,20
20-30	139	3,81	96,99	42	1,15	99,34	46	0,52	99,72
30-40	49	1,34	98,33	13	0,36	99,70	13	0,15	99,87
40-50	36	0,99	99,32	8	0,22	99,92	8	0,09	99,96
50-60	14	0,38	99,70	2	0,05	99,97	2	0,02	99,98
60-70	4	0,11	99,81	0	0	99,97	0	0	99,98
70-80	3	0,08	99,89	1	0,03	100,00	1	0,01	99,99
80-90	0	0	99,89	0	0	100,00	0	0	99,99
90-100	0	0	99,89	0	0	100,00	0	0	99,99
100-150	4	0,11	100,00	0	0	100,00	0	0	99,99
150-200	0	0	100,00	0	0	100,00	0	0	99,99
	3652	100		3652	100		8769	100	



**Figura 6.9.1 Distribuição de Precipitações no Observatório Meteorológico da  
 Universidade de São Paulo**

- As precipitações cujo volume corresponde a menos de 5mm por dia representam cerca de 81% do total. E a frequência normal de precipitações de mais de 30mm é de aproximadamente 3%, representando cerca de 10 casos por ano.
- A frequência normal de chuvas cujo volume é superior a 50mm por dia é de 0,3%, e elas ocorrem 2 a 3 vezes por ano. Em 10 anos ocorreram 4 vezes chuvas acima de 100mm.
- As precipitações cujo volume corresponde a menos de 5mm por hora representam cerca de 92%. E a frequência normal de precipitações de mais de 30mm por hora é de cerca de 0,13%, representando 2 a 3 casos por ano.
- As precipitações cuja intensidade é inferior a 5mm/h representam 88%. A frequência normal de chuva forte com intensidade superior a 30mm/h é 0,3%. Elas ocorrem 2 a 3 vezes por ano. Pensa-se que precipitações de intensidade superior a 50mm/h só ocorrem 1 vez em quase 5 anos.

<Fórmula da intensidade da precipitação pluviométrica>

No planejamento das instalações para efluentes pluviais, é necessária uma fórmula para cálculo da intensidade da chuva. Com base nos dados acima, foi presumida a seguinte fórmula da intensidade da precipitação pluviométrica. Como modelo de fórmula, foi utilizada a equação de Talbot.

No presente cálculo, foi computado o provável volume de chuvas utilizando o Método Iwai, baseado na aplicação da distribuição log-normal, considerando-o um modelo representativo de método exato dentro do cálculo de probabilidade.

E utilizando-se o valor obtido, foi feita a dedução da fórmula da intensidade da precipitação pluviométrica.

O Método Iwai é representado pela seguinte fórmula:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\xi} e^{-\xi^2} d\xi$$

$$\xi = a \log \frac{x + b}{x_0 + b}, (-b < x < \infty)$$

$$\log(x + b) = \log(x_0 + b) + \frac{1}{a} \xi$$

sendo a, b, x<sub>0</sub> : constantes

$$x_g : \log x_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log x_i$$

$$bs = \frac{x_1 x_s - x_g^2}{2 x_g - (x_1 + x_s)}, (l = N - S + 1)$$

$$b = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m bs, (m = \frac{N}{10})$$

$$\log(x_0 + b) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log(x_i + b)$$

$$\frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2}{N-1} \sum_{i=1}^N (\log \frac{x_i + b}{x_0 + b})^2} = \sqrt{\frac{2N}{N-1}} S_x$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{\log(x_i + b)\}^2 - \{\log(x_0 + b)\}^2}$$

$$= \sqrt{\bar{Y}^2 - \bar{Y}^2}$$

**Tabela 6.9.3 Resultado do Cálculo pela Fórmula da Intensidade da Precipitação**

	Fórmula da Intensidade da Precipitação	Período de Precipitação (minutos)					
		10	20	30	60	90	120
Observatório de São Paulo	I3 = 9.840 ÷ (t+152)	60,7	46,9	39,2	30,6	76,9	82,0
	I5 = 13.649 ÷ (t+190)	68,2	65,0	62,0	54,6	48,7	44,0
	I7 = 16.817 ÷ (t+221)	72,8	69,8	67,0	59,8	54,1	49,3
	I10 = 21.068 ÷ (t+262)	77,5	74,7	72,2	65,4	59,9	55,2

(2) Mudanças na forma de uso do solo

Como foi dito na estimativa da população no **Capítulo 8**, pensa-se que no futuro haverá um aumento muito rápido do número de habitantes. Imagina-se que paralelamente a isso, a forma de uso do solo também sofrerá grande mudança. Pensa-se que o aumento populacional será absorvido por: a) aumento da densidade demográfica das áreas urbanas já existentes; b) urbanização das chácaras (34,54km<sup>2</sup>) nos arredores das áreas urbanas já existentes (juntando as mudanças dos itens a) e b), a densidade média aumentaria de 70 pessoas/ha para cerca de 100 pessoas/ha); c) urbanização de áreas como capoeira (65,73km<sup>2</sup>), ao redor das chácaras (cerca de 60 pessoas/ha). A distribuição superficial da zona a ser urbanizada, do item c), é como foi indicado na **Figura 8.2.3**.

Devido a essa ampliação da área urbana, a área impermeável sofrerá grande aumento. Na **Tabela 6.9.4** se mostra o resultado dessa estimativa. A área de estradas foi estimada com base no fato de que, pela análise das áreas urbanas já existentes, o índice de estradas corresponde a 32% da área urbana e a largura média das estradas é w=12,54m. Atualmente, a área permeável tem cerca de 39.000ha (cerca de 82% da bacia), mas pensa-se que no futuro será reduzida a cerca de 30.000ha (cerca de 63% da bacia). Receia-se, por conseguinte, que isso resulte num aumento considerável de descarga em dias de chuva (descarga de material poluente por causa do fluxo de água e ocorrência de danos por enchentes). Também há preocupação com a redução do volume de água infiltrada no subsolo. Por isso, pensa-se na necessidade de pavimentação permeável e blocos de infiltração de águas pluviais.

**Tabela 6.9.4 Aumento da Área Impermeável pela Ampliação da Área Urbana**

	2000			2025		
	Área Urbanizada	Área das Ruas	Comprimento	Área Urbanizada	Área das Ruas	Comprimento
	(ha)	(ha)	(m)	(ha)	(ha)	(m)
Área Urbana Existente	8.463	2.708	2.159.729	8.463	2.708	2.159.617
Chacara/Capoeira				3.454	1.105	881.404
Chacara/Capoeira				5.630	1.802	1.436.683
	8.463	2.708	2.159.729	17.547	5.615	4.477.704
Área Total de Terreno	47.463			47.463		
Área permeável	39.000			29.916		

(3) Situação de Efluentes Pluviais

Pode-se dizer que a Bacia da Represa Billings de um modo geral tem vegetação suficiente. Como foi indicado na divisão anterior, considera-se baixo o nível de geração de carga poluente natural e, nesse sentido, são poucos os problemas de descarga de águas pluviais. A carga proveniente da fuga de húmus da Cratera da Colônia é o que se pode considerar a carga poluente natural provocada por águas pluviais. O húmus, porém, é DQO persistente e não resulta diretamente em poluição. Pelo contrário, exerce boa influência ao ecossistema da água.

Porém, em áreas com alta densidade demográfica e pouca vegetação como Cocaia e Alvarenga, terra e areia provenientes da desintegração da superfície da terra e poluentes acumulados durante o tempo bom são arrastados pelo fluxo da água e têm se tornado causa de poluição, e ao mesmo tempo vem ocorrendo enchentes com frequência. Essas áreas, tal como se demonstra no exemplo do bairro de Jardim Laura, quase não possuem vegetação e têm índice muito alto de superfície impermeável. Por essa razão, não é raro as casas próximas dos cursos de água serem inundadas por ocasião de enchentes, e há também problemas de segurança e saúde. Apresentam-se abaixo dados de análise relacionados à descarga de águas pluviais no centro do bairro Jardim Laura.

**Tabela 6.9.5 Dados Relacionados à Descarga de Águas Pluviais no bairro Jardim Laura**

Item	Unidade	Dados e Cálculos	Observações
Área	ha	7,9ha	
Área Residencial	ha	4,95ha	Coefficiente de descarga 0,9
Área de Estradas	ha	2,33ha	Coefficiente de descarga 0,9
Área livre	ha	0,62ha	Coefficiente de descarga 0,5
Coefficiente de descarga	—	0,87	Total
Capacidade dos regos laterais instalados	m <sup>3</sup> /s	0,15	U300, i = 10‰, Manning
Volume de Descarga de Águas Pluviais 1	m <sup>3</sup> /s	0,096	5mm/h, Fórmula Racional
Volume de Descarga de Águas Pluviais 2	m <sup>3</sup> /s	0,192	10mm/h, Fórmula Racional

De acordo com esses resultados, existe a possibilidade de os regos laterais ficarem cheios de água com uma chuva de 10mm/h. Como chuvas acima de 10mm/h ocorrem mais de 20 vezes por ano, presume-se que o transbordamento de regos laterais tem ocorrido com essa frequência. É necessário realizar melhorias adotando medidas tanto do lado da pista como do lado do telhado.

Como existem problemas de saúde ligados ao vazamento de carga poluente pelo fluxo de água e à inundação, é necessário nesses bairros densamente povoados buscar a recuperação da vegetação ao mesmo tempo em que se faz a instalação de pavimentação permeável e de blocos de infiltração de águas pluviais.

## 6.10 Reversão

(1) Informações gerais sobre equipamento para bombeamento da Barragem de Pedreira

A Barragem de Pedreira tem como elemento represador uma barragem de terra (earthfill dam), sua estrutura principal de concreto armado fica no ponto de junção com o Rio Pinheiros e no interior dessa construção está instalado o seu equipamento para bombeamento. Esse equipamento para bombeamento foi instalado inicialmente para a geração de eletricidade na Usina Henry Borden, mas atualmente tem como objetivo a regulagem das enchentes do Rio Tietê. Em 1939 iniciou o

bombeamento das águas do Rio Pinheiros e, até ser objeto de regulamentação em 1992, veio sendo operada com o objetivo principal de geração de energia elétrica. A geração de eletricidade se deu durante 35 anos entre 1957 e 1992. A partir de 1993, é operada visando à regulagem das enchentes.

Volume médio de bombeamento no período 1939-1997: 50,9m<sup>3</sup>/seg (Fonte: Termo de Referência para o Programa de Recuperação Ambiental da Bacia Billings, SMA, julho de 1997)

A diferença de nível de água entre a Represa Billings e o Rio Pinheiros é de cerca de 20m. Apresenta-se abaixo o resultado da entrevista sobre o equipamento para bombeamento da barragem:

- Tipo de bomba: Bomba reversível do tipo espiral Deriaz de eixo vertical  
(*Vertical shaft, spiral Deriaz type reversible pump*)
- Quantidade de bombas: 8
- Capacidade das bombas: 395m<sup>3</sup>/seg (com todas as unidades em operação)  
capacidade de bombeamento de cada bomba: cerca de 50m<sup>3</sup>/seg
- Altura de recalque da bomba: 25m

## (2) Volume bombeado

Através dos dados sobre o bombeamento das águas do Rio Pinheiros pela estação de bombeamento de Pedreira, fornecidos pela EMAE, tornaram-se claras as circunstâncias do bombeamento das águas para a Represa Billings no passado. Apresenta-se na **Figura 6.10.1** a variação no volume dessa água bombeada. Entre 1986-1992, era bombeada ao longo do ano uma média de 70m<sup>3</sup>/seg (2,2 bilhões m<sup>3</sup>/ano) de água. Tirando a média, isso corresponde a 1,5 bomba operando constantemente. Como a afluência média diária de água na Represa Billings ao longo do ano é de cerca de 15m<sup>3</sup>/dia, significa que um volume 5 vezes maior de água poluída do Rio Pinheiros estava sendo descarregada na represa. Uma vez que a capacidade da Represa Billings é de cerca de 1,15 bilhão m<sup>3</sup>, o tempo de retenção, incluindo as águas da chuva, chegava a cerca de 5 meses. Presume-se que nesse período, toda a água da represa estava se decompondo e se tornando anaeróbica. A partir de 1993, o volume bombeado foi reduzido drasticamente mediante regulamentação, chegando ao nível de 5m<sup>3</sup>/seg (cerca de 160 milhões m<sup>3</sup>/ano). Em 2005, que se considera a situação atual, foi operada uma vez em maio para prevenção de enchentes.

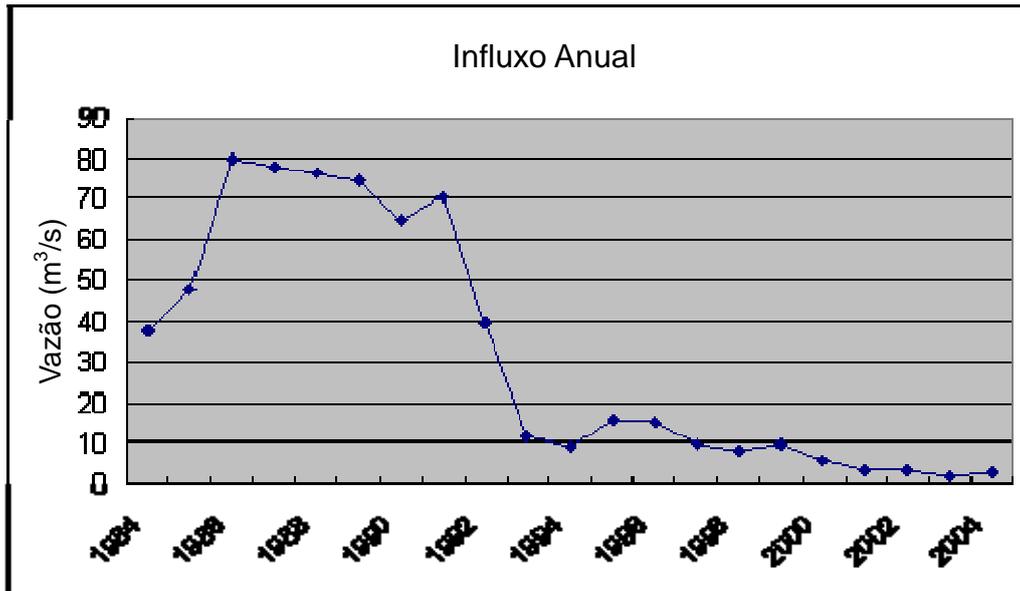


Figura 6.10.1 Situação do Volume de Água Bombeada para a Represa Billings

(3) A poluição da Represa Billings pela reversão do Rio Pinheiros

A qualidade da água do Rio Pinheiros no presente é extremamente má. A água do rio está sendo poluída pelo material orgânico que se torna anaeróbico e digerido, e há grande quantidade de suspensões boiando. Além disso, o odor do ácido hidrossulfúrico impregna o entorno. Isso se deve à poluição causada pelo esgoto sem tratamento da bacia do Rio Tietê e Rio Pinheiros. Diz-se que até por volta de 1960 era possível nadar no Rio Tietê, mas depois, por volta de 1970, não foi mais possível aproveitá-lo por causa da poluição. Atualmente, as águas do Rio Pinheiros em frente à Barragem de Pedreira estão paradas e se tornando anaeróbicas, mas pensa-se que na época, devido ao bombeamento, havia uma correnteza em direção à Barragem de Pedreira, e o esgoto bruto descia da direção do Rio Tietê.

Na **Tabela 6.10.1** se apresenta o volume de afluência da carga poluente na Represa Billings. Foi feito o cálculo tomando como base os dados atuais e considerando a concentração de DBO 60mg/L. Calcula-se que um máximo de 150.000 toneladas de DBO afluía anualmente (volume diário 415 ton/dia, 1986). Na mesma época, havia cerca de 500.000 habitantes na Bacia e, calculando a carga de DBO correspondente a essa população, chega-se a 25 ton/dia (50g/pessoa.dia x 500.000 pessoas), o que dá uma idéia do tamanho do impacto do bombeamento da Barragem de Pedreira.

**Tabela 6.10.1 Resultado do Estudo do Volume de Afluência da Carga de DBO na Represa Billings**

Ano	Média de volume bombeado ao longo do ano	Volume bombeado por ano	Volume de afluência da carga de DBO (definindo 60mg/L)	
	(m <sup>3</sup> /seg)		(1000m <sup>3</sup> /ano)	(ton/ano)
1984	37,5	1.184.561	71.074	195
1985	47,5	1.492.733	89.563	245
1986	80,0	2.521.394	151.284	415
1987	78,0	2.459.972	147.598	404
1988	76,5	2.407.191	144.431	396
1989	74,6	2.348.064	140.883	386
1990	64,8	2.046.254	122.775	336
1991	70,5	2.221.528	133.292	365
1992	39,3	1.235.847	74.150	203
1993	11,6	363.231	21.794	60
1994	9,4	292.343	17.541	48
1995	15,8	403.229	24.194	66
1996	14,9	390.387	23.423	64
1997	9,8	309.252	18.555	51
1998	8,4	261.403	15.684	43
1999	9,8	304.266	18.256	50
2000	5,6	174.161	10.450	29
2001	3,4	107.352	6.441	18
2002	3,3	103.956	6.237	17
2003	1,9	59.754	3.585	10
2004	3,1	97.174	5.830	16
Total		20.784.053,000m <sup>3</sup>	1.247.043 ton	

(4) Estimativa do lodo sedimentado na Represa Billings

Fazendo uma estimativa do lodo sedimentado no fundo da represa a partir do volume estimado da afluência de DBO de 1970 a 2004, obtém-se o resultado abaixo. Presume-se que a poluição começou em 1970. Pressupondo uma reação de digestão à baixa temperatura, foi definido o índice de redução de material orgânico de 50%. Pressupõe-se ainda que o lodo se espalha de modo uniforme em toda a extensão do fundo da represa.

**Tabela 6.10.2 Estimativa do lodo sedimentado na Represa Billings**

Item	Explicação	Observações
Volume de Afluência de SS 1970~2004	1970~1983 1.348.353ton	50.9m <sup>3</sup> /s x 60mg/L x 14anos x 365 x 86400
	1984~2004 1.247.043ton	segundo a <b>Tabela 10.9.1</b>
	Total 2.595.396ton	
Concentração de SS depositado	60mg/L	Média de qualidade da água em PINH04900 em 1994~2003 (CETESB)
Proporção de material orgânico	material orgânico : material inorgânico = 70 : 30	Definiu-se a mesma proporção do esgoto doméstico
Índice de redução de material orgânico	Foi pressuposto o valor de 50%	Pressupõe-se uma reação de digestão à baixa temperatura
Volume estimado de lodo sedimentado	843.503 ~ 1.180.905t	2.595.396 x 0,5~0,7 x (0,7 x 0,5 + 0,3) Pressupõe-se o índice de resíduo de lodo digerido de 0,5~0,7
Espessura estimada de sedimentação	0,8 ~ 1,1cm	Superfície da represa = 108km <sup>2</sup> , peso específico = 1,0 843~1181/108/1,000=0,008~0,011

Com base nesses dados sobre o volume de água bombeada da Barragem de Pedreira e nessas pressuposições, o volume de lodo sedimentado é de cerca de 1.000.000m<sup>3</sup>. Equivale a dizer que no fundo da Represa Billings há um acúmulo de lodo numa espessura aproximada de 1cm. Pensa-se que, na realidade, ele está localizado nas proximidades da Barragem de Pedreira.

De acordo com a CETESB, há um relatório segundo o qual no final de 1970 havia 50.000.000m<sup>3</sup> de lodo sedimentado (Convênio HIBRACE (1968)). Segundo esse dado, em toda a extensão do fundo da represa haveria lodo sedimentado na espessura de 50cm. Como o resultado difere muito do valor calculado no presente estudo, será feita uma averiguação através dos resultados da pesquisa.

#### (5) Poluição pelos efluentes da população da Bacia

Como foi dito em 8.2, a população da Bacia tem aumentado rapidamente e o impacto disso é enorme.

#### (6) A causa da poluição da Represa Billings

Juntando a carga devida ao bombeamento das águas do Rio Pinheiros com a carga proveniente da população residente na Bacia, tem-se a situação descrita na **Figura 6.10.2**. Atualmente, como se pode confirmar no próprio local, a poluição é provocada principalmente pelos efluentes domésticos. Percebe-se, porém, que a carga do bombeamento do Rio Pinheiros representa uma proporção esmagadoramente maior.

Pode-se presumir que o SS transportado do Rio Pinheiros passa por decantação dentro da Represa Billings, gerando volume considerável de lodo sedimentado.

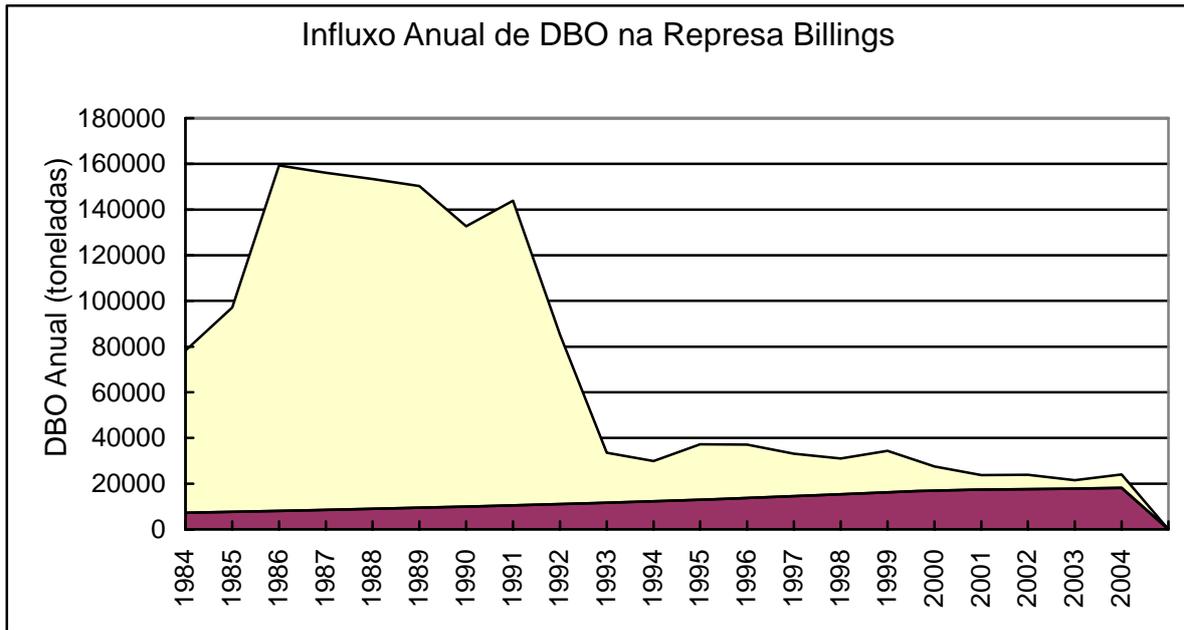


Tabela 6.10.3 Estimativa de Material Poluente Descarregado na Represa Billings

### 6.11 Fontes Especiais de Carga Poluente

Como fontes especiais de carga poluente foram detectadas a água que flui da Cratera da Colônia e a água que vaza do antigo lixão do Alvarenga. A sua localização é indicada na **Figura 6.11.1**.

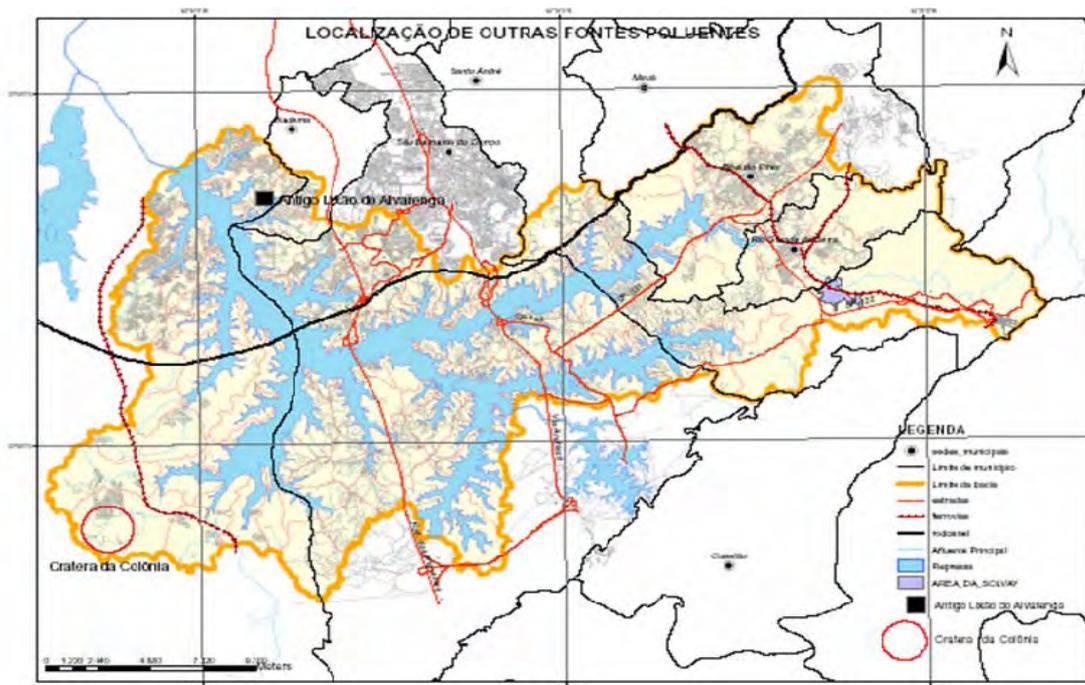


Figura 6.11.1 Localização das Fontes Especiais de Cargas Poluentes

## 7 ANÁLISE DA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS DOS RESERVATÓRIOS E RIOS

### 7.1 Análise das Cargas Poluentes

#### 7.1.1 Introdução

##### (1) Objetivo

Um dos principais objetivos da presente pesquisa é estabelecer um plano de preservação da qualidade da água das Represas Billings e do Braço do Rio Grande (doravante denominadas ambas as represas) e de suas bacias. O objetivo deste item é de descrever a situação da geração, descarga e vazão das cargas poluentes nas bacias de ambas as represas, a situação do lançamento das cargas poluentes em ambas as represas, a situação atual do controle das cargas poluentes nas bacias, necessários ao estabelecimento do plano. E serão as bases para o plano de redução das cargas poluentes nas bacias e será os dados de entrada dos modelos de simulação da qualidade da água de ambas as represas que serão descritos depois.

##### (2) Dados coletados

Para se atingir o objetivo do item anterior, foram coletados dados da CETESB que monitora a qualidade da água dos alagados, rios e fontes pontuais das bacias de ambas as represas e principalmente da água dos efluentes de empresas, da SABESP que monitora a qualidade da água de ambas as represas do ponto de vista da fiscalização das redes de água e esgoto, da SMA que realiza pesquisas e estudos das bacias de ambas as represas para planos de gestão ambiental, da EMAE que administra os dois reservatórios etc.

##### (3) Definição das cargas (Definition of Loads)

Como há casos em que os significados dos termos relacionados às cargas poluentes diferem conforme o uso, relacionam-se abaixo os termos relacionados às cargas poluentes utilizados no presente relatório e suas definições (vide **Figuras 7.1.1, 7.1.2**).

**Carga gerada (Generation Load):** carga gerada nas fontes pontuais e não pontuais e que ainda não passaram pela estação de tratamento.

**Carga efluente (Effluent Load):** carga descarregada após passar pela estação de tratamento.

**Carga de Vazão (Runoff Load):** carga efluente originária de uma fonte pontual e carga descarregada com as águas de chuvas originária de uma fonte não pontual que fluem até um

ponto de observação. Em outras palavras, é a carga de atenuação de um rio principal quando atinge o ponto de observação da qualidade da água a jusante.

**Carga de Atenuação (Attenuation Load):** carga poluente descarregada em canais e afluentes no momento em que atinge o rio principal.

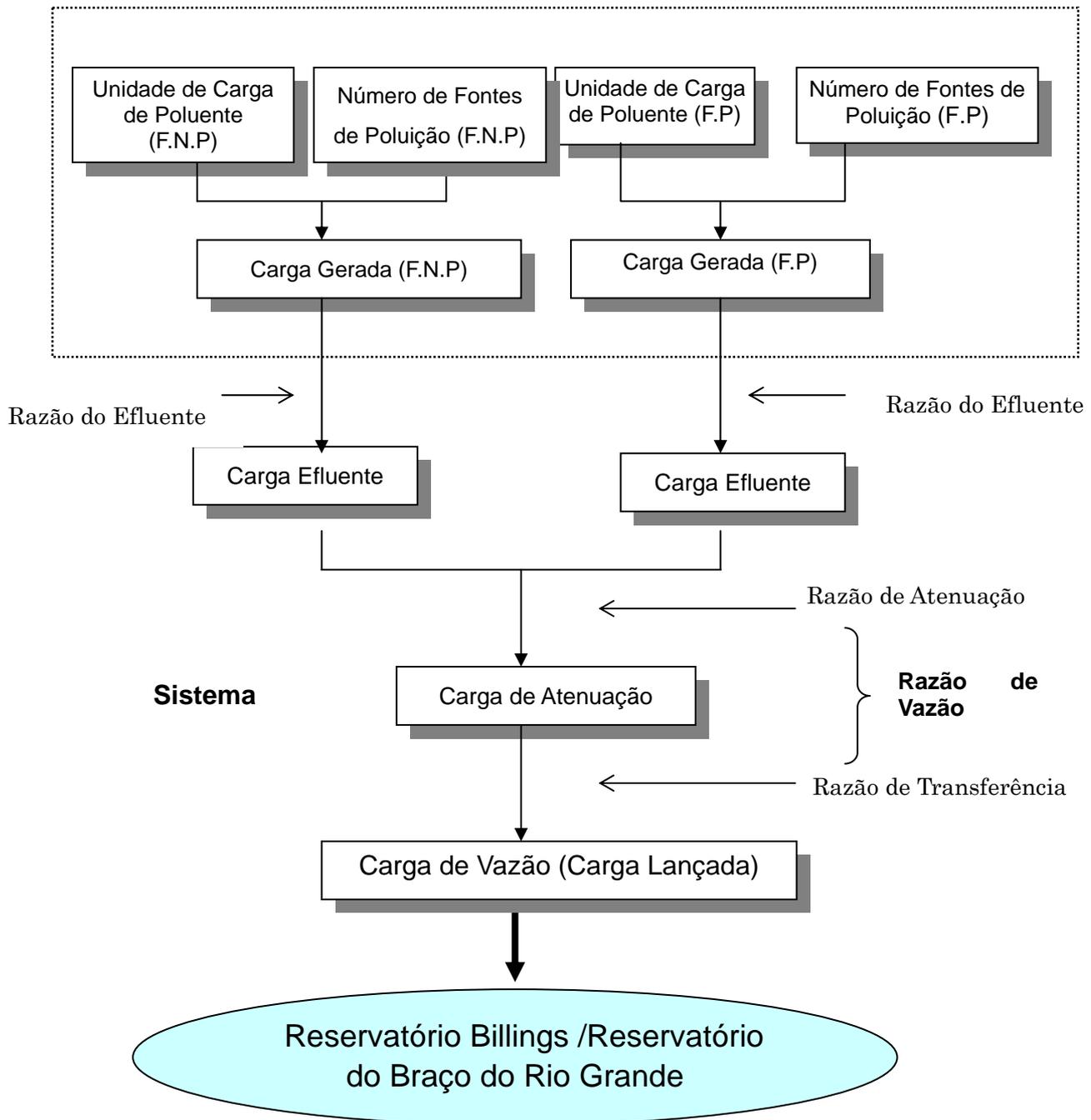
**Carga Lançada (Inflow Load):** carga lançada na represa.

**Razão do Efluente (Effluent Ratio):** proporção do volume de carga efluente com relação ao volume de carga gerada. Razão do efluente (1- Eficiência do tratamento)

**Razão de Atenuação (Attenuation Ratio):** proporção do volume de carga de atenuação com relação ao volume de carga efluente.

**Razão de Transferência (Transference Ratio):** proporção do volume de carga de vazão com relação ao volume de carga de atenuação.

**Razão de Vazão (Runoff Ratio):** proporção do volume de carga de vazão com relação ao volume de carga efluente. Razão de Vazão = Razão de Atenuação X Razão de Transferência.



- $Carga\ de\ Vazão = Carga\ Efluente \times Razão\ de\ Vazão$
- $Carga\ Efluente = Carga\ Gerada \times Razão\ do\ Efluente$
- $Razão\ de\ Vazão = Razão\ de\ Atenuação \times Razão\ de\ Transferência$

**Figura 7.1.1 Definição das Cargas que são Lançadas nas Represas Billings e do Braço do Rio Grande**

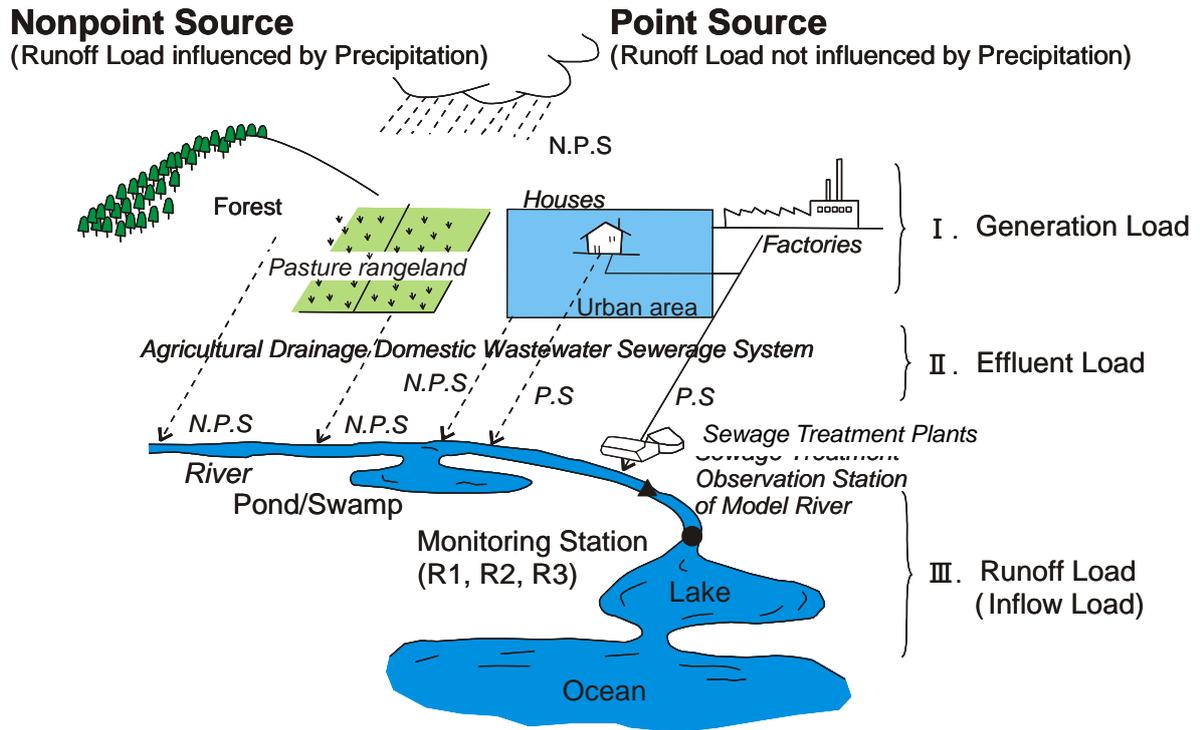


Figura 7.1.2 Definição das Cargas (Fontes Pontuais e Fontes Não pontuais)

### 7.1.2 Carga Gerada (Generation Load) e Eficiência do Tratamento

#### (1) Classificação das fontes de cargas poluentes (Classification of Pollution Sources)

As fontes de cargas poluentes podem ser separadas em fontes pontuais, onde se pode determinar o ponto de descarga do material poluente, e em fontes não pontuais, onde isto é difícil de ser determinado.

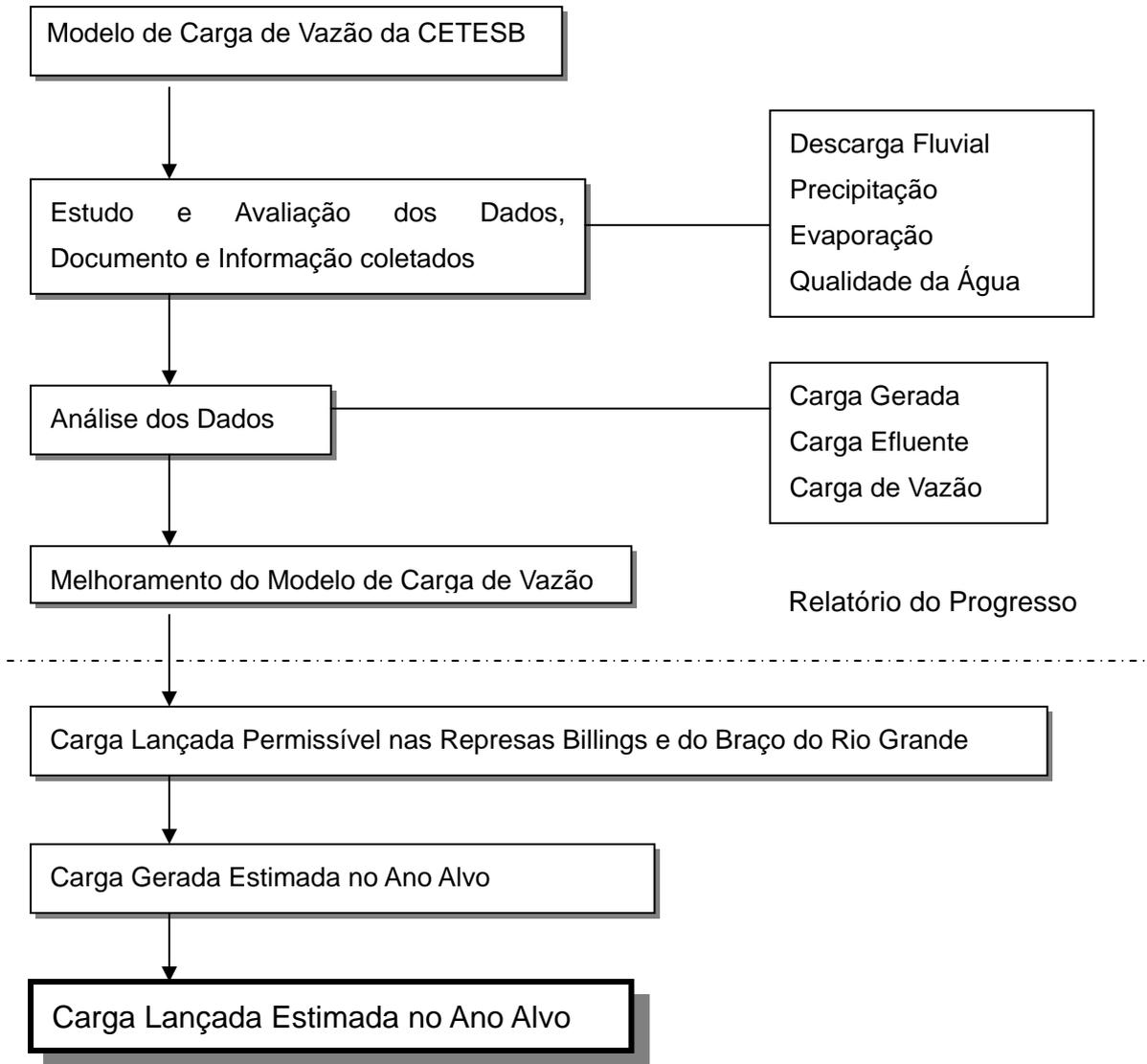
Na presente pesquisa, as fontes pontuais serão classificadas em residências, fábricas, estábulos e chiqueiros, estações de tratamento de esgoto etc e as não pontuais, em florestas e bosques, áreas agrícolas, pastagens e áreas rurais. Além disso, na região alvo desta pesquisa há a criação de bovinos e suínos. Contudo, uma vez que a maior parte é criada em pastagens, quase não havendo a criação em recintos fechados, esta região será tratada como área de pastagem que é uma fonte não pontual (são extremamente poucos os animais domésticos nas bacias da presente pesquisa). Também, as precipitações serão tratadas como fontes não pontuais (vide **Figura 7.1.2**).

#### (2) Carga unitária Gerada (Unit Load of Pollutant) e a Razão do Efluente (Effluent Ratio(1-Efficient Ratio))

O volume gerado e o modo de geração das cargas poluentes diferem conforme as fontes geradoras. Por exemplo, em uma residência ou em uma fábrica, o volume de poluentes gerado varia bastante com o tempo conforme o modo de vida ou o modo de produção. Em fontes não pontuais, varia bastante com a condição das chuvas. Assim, para se ter o volume de carga gerada com boa precisão, é necessária uma pesquisa continuada por um período longo de tempo sobre cada uma das fontes geradoras. Contudo, uma vez que na presente pesquisa há limitações de tempo de pesquisa e de verba, a pesquisa por medição real será realizada apenas em alguns pontos, sendo que para outros, os dados da literatura existente serão aproveitados (vide **Materia Anexo A7.1.1**). Como resultado, optou-se por utilizar as cargas unitárias adotadas pela CETESB.

## 7.2 Fluxograma das Operações

O fluxograma das operações é conforme a **Figura 7.2.1**.



**Figura 7.2.1 Fluxograma das Operações**

- 1) Avaliar o modelo de curto prazo para a qualidade da água da Represa Billings, criado pela CETESB.
- 2) Criar um modelo da descarga que escoar da bacia, com base em dados hidrológicos medidos nesta pesquisa, como dados sobre o volume de carga lançado (volume de fluxo e qualidade da água), volume de chuva, volume evaporado, etc.

- 3) Criar um modelo ELCOM (modelo de fluidez), com base nos dados sobre a velocidade da corrente e da nova capacidade de armazenamento, que foram medidos nesta pesquisa.
- 4) Criar um modelo CAEDYM (modelo da qualidade da água), com base nos dados sobre a qualidade da água (horizontal e perpendicular) e do fundo do lago.
- 5) Aprimorar o modelo de curto prazo da CETESB, com base nos itens (2), (3) e (4).
- 6) Criar um novo modelo de qualidade de água para o braço do Rio Grande.
- 7) Calcular a descarga que sai da bacia e o volume de poluentes dissolvidos do lodo do fundo do lago.
- 8) Aprimorar e avaliar os modelos de longo prazo da Represa Billings e do braço do Rio Grande.
- 9) Estimar a descarga que irá sair da bacia e o volume de poluentes que serão dissolvidos do lodo do fundo do lago no futuro.
- 10) Avaliar a qualidade da água de ambos os reservatórios, de acordo com o cenário e a contra-medida.

### **7.3 Modelo do Volume de Carga de Vazão**

#### **7.3.1 Linhas gerais do modelo do volume de carga de vazão**

(1) Linhas gerais do modelo

É um modelo que calcula o volume de carga de vazão proveniente da bacia, desenvolvido no projeto de confecção do modelo matemático de gestão da qualidade da água do rio Tietê, sendo um modelo de volume de carga de vazão desenvolvido em 1998 por Tajima. Desenvolveu-se o modelo de volume de carga de vazão com a possibilidade de se separar as cargas de fontes pontuais (as precipitações não influem) das de fontes não pontuais (as precipitações influem), e que automatizou a possibilidade da previsão do volume diário de carga de vazão e da qualidade diária da água.

A estrutura deste modelo de volume de carga de vazão é conforme o apresentado na **Figura 7.3.1**. O modelo de volume de carga de vazão (Runoff Load by River (Carga de Vazão por Rio) Ver.2.2) consegue prever o volume de carga de vazão, se os dados de volume de

precipitações, de volume de evaporação, de vazão e de qualidade da água forem fornecidos. Ainda, consegue esclarecer os detalhes do volume de carga, em especial a proporção entre os volumes de carga proveniente de fontes pontuais e aquela proveniente de fontes não pontuais, necessários para a proposta de um plano.

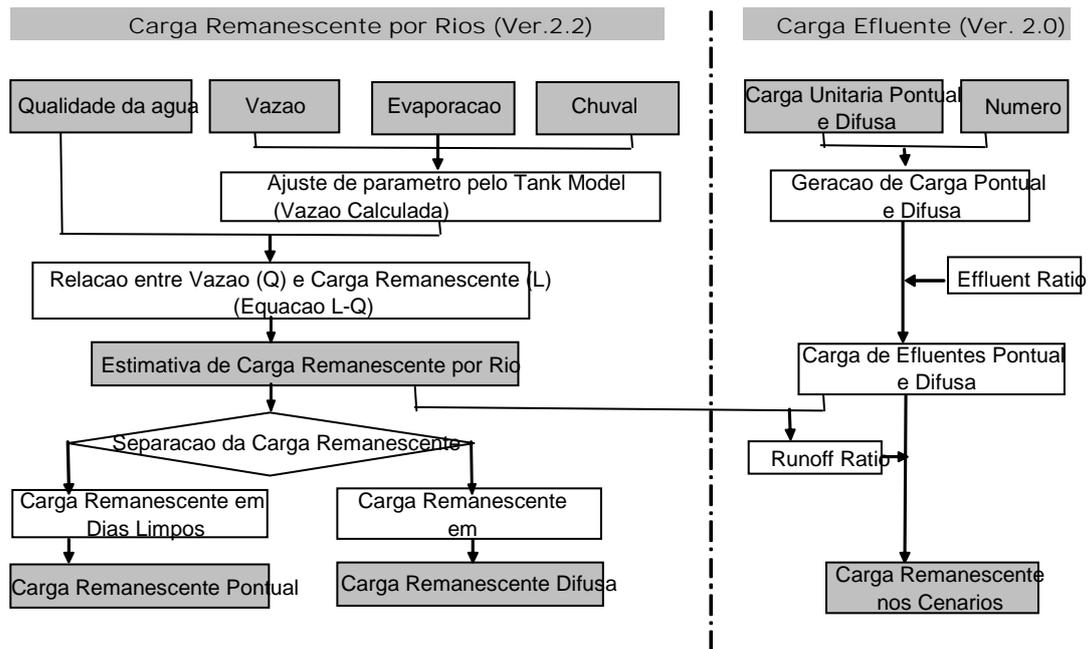
Em primeiro lugar, neste modelo se constrói o modelo do tanque para cada rio, com relação ao período de tempo para o qual se tem uma boa parte dos dados, do passado, de rede aquífera e da qualidade da água, calculando a vazão efluente diária com o fornecimento do volume de precipitações e do volume de evaporações do passado. Em seguida, com base nos dados existentes de vazão e de qualidade da água, produz-se a equação L-Q ( $L=aQb$ ) a partir da vazão (Q) e do volume de carga de vazão (L) para cada rio e para cada parâmetro de qualidade da água.

Calcula-se o volume de carga de vazão diário, introduzindo-se nesta equação L-Q, a vazão diária procurada anteriormente.

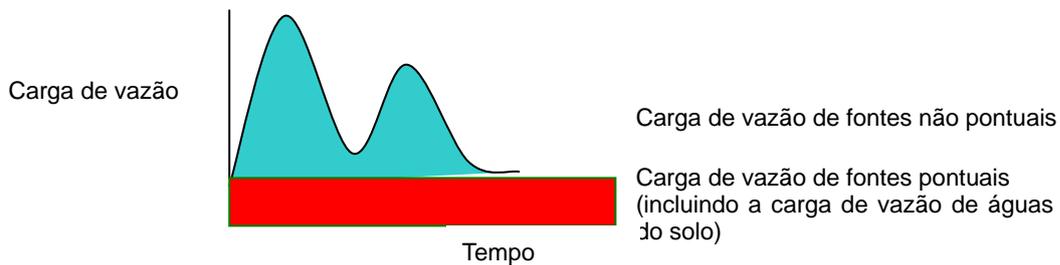
Depois, separa-se o volume de carga de vazão proveniente de fontes pontuais daquele proveniente de fontes não pontuais, assumindo-se o valor mínimo do volume de carga de vazão (média mensal), gerada na estação seca em que quase não chove, como sendo o volume de carga de vazão proveniente de fontes pontuais dessa bacia (vide **Figura 7.3.2**).

Como referência, a **Figura 7.3.3** mostra o “Modelo de Volume de Carga de Vazão”.

Consegue-se a razão efluente comparando-se os volumes calculados de carga de vazão atuais de cada rio e os volumes de carga efluente da bacia de cada rio, buscados com a introdução de unidades brutas existentes no outro fluxo da **Figura 7.3.1** (Effluent Load (Carga Efluente) Ver.2.0). Em seguida, prevêem-se os volumes de carga de vazão de cada rio a partir do volume de carga efluente e da razão de vazão futuros ou aqueles após a aplicação de um plano.



**Figura 7.3.1 Modelo do Volume de Carga de Vazão e o Modelo do Volume de Carga Efluente (Runoff Load Model and Effluent Load Model)**



**Figura 7.3.2 Método de Desmembramento dos Volumes de Carga de Vazão**

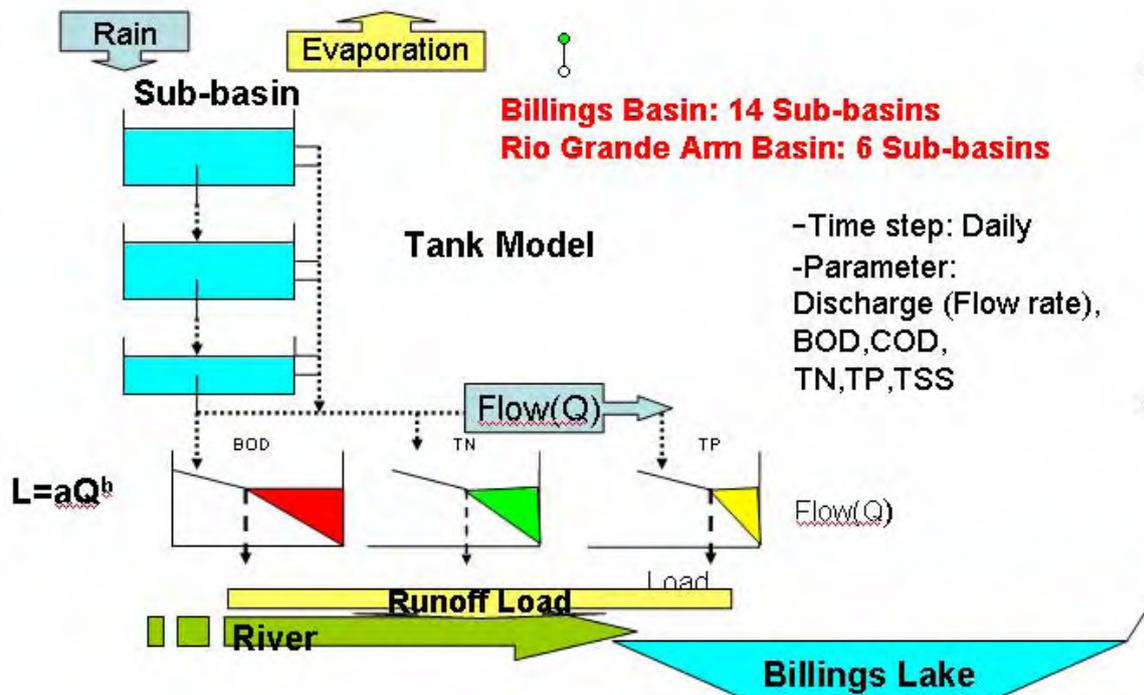


Figura 7.3.3 Princípio do “Modelo de Volume de Carga de Vazão”

### 7.3.2 Cálculo da carga escoada das bacias hidrográficas da represa Billings e do Braço do Rio Grande

O fluxograma de trabalho para o cálculo da quantidade de carga escoada das bacias hidrográficas da represa Billings e Braço do Rio Grande é conforme a **Figura 7.3.4**.

O fluxograma de trabalho é classificado em 2 casos.

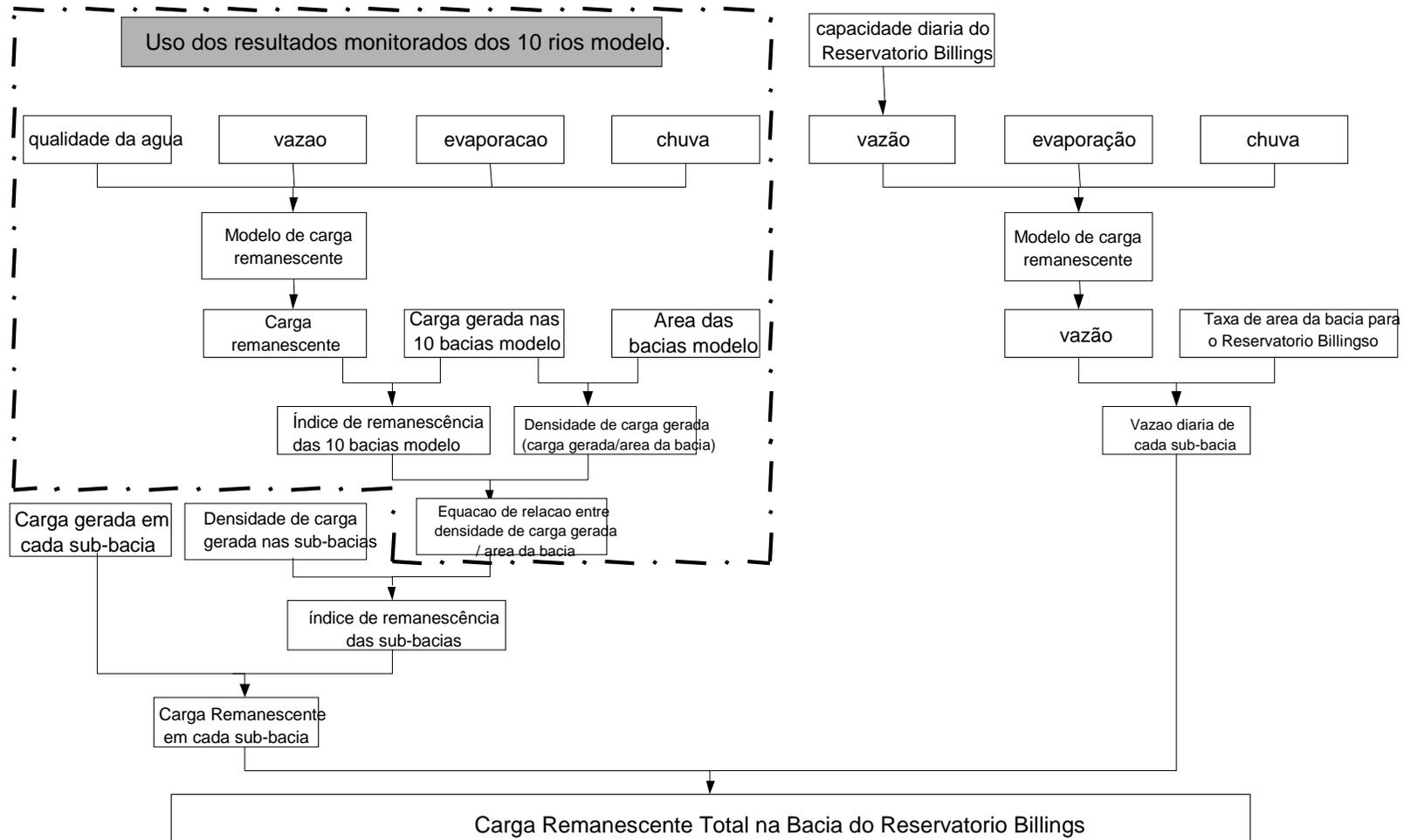
(1) Método de cálculo da carga escoada da micro-bacia modelo monitorada

Com relação à micro-bacia modelo monitorada, calcula-se sua carga escoada utilizando-se o modelo de carga escoada, com base nos dados coletados.

(2) Método de cálculo da carga escoada de micro-bacias exceto micro-bacia modelo

- 1) Calcula-se a carga escoada durante o ano, adaptando-se o modelo de carga escoada, a partir de dados de monitoramento para cada bacia modelo (qualidade da água e fluxo).
- 2) Calcula-se a carga efluente a partir da carga unitária de carga gerada e da taxa de efluente para cada bacia modelo.
- 3) Obter a taxa de escoamento através da relação entre carga escoada e carga efluente para cada bacia modelo. Obtém-se a taxa de escoamento para cada item de qualidade da água, sendo que taxa de escoamento = carga escoada / carga efluente.
- 4) Elaborar a fórmula de relação entre a densidade de carga efluente da micro-bacia modelo / 1/2 da área da bacia e a taxa de escoamento, e obter a taxa de escoamento para cada item de qualidade da água.
- 5) Calcular a carga escoada de cada micro-bacia a partir da carga efluente de cada micro-bacia, usando a fórmula da taxa de escoamento obtida anteriormente (ver **Figura 7.3.4**).

Figura 7.3.4 Fluxograma de Adaptação do Modelo de Volume de Carga de Vazão à Bacia da Represa Billings



### 7.3.3 Pontos para melhoria do modelo de carga escoada

As melhorias realizadas para elevar o nível de confiabilidade do modelo são as seguintes.

(1) Elaboração de  $L=aQ^b$  de correlação elevada

Na presente pesquisa, foram selecionadas 20 bacias fluviais principais de micro-bacia de usos diversos na bacia modelo, para constituir uma fórmula L-Q de alta confiabilidade, e foram realizadas medições de fluxo e qualidade da água em estação de chuva e de seca, no total de 4 vezes, necessárias para a elaboração de uma fórmula L-Q exata para cada bacia modelo. Além disso, para elevar ainda mais a confiabilidade do resultado das medições, selecionaram-se 10 rios como modelo e 2 estações de tratamento de esgoto com uso da área e densidade demográfica diversos, dentre os 20 rios, e realizaram-se 6 monitoramentos, sendo 3 na estação de seca, e 3 na de chuva.

(2) Cálculo de carga unitária gerada de alta precisão

Para se obter uma unidade mais exata de carga gerada (efluentes domésticos), realizou-se uma pesquisa de medição de carga unitária gerada na vida doméstica em uma área específica do Alvarenga e fez-se o diagnóstico.

(3) Para obter dados precisos (fluxo)

Para obter a correta carga escoada dos rios etc. (fluxo X qualidade da água), deve-se descobrir o fluxo correto. Para aumentar a exatidão da medição de fluxo em rios poluídos em especial, utilizou-se um medidor eletromagnético de velocidade da corrente de boa precisão, adaptável a rios poluídos.

### 7.3.4 Problemas do modelo de carga escoada

Os problemas da aplicação do modelo às duas bacias hidrográficas são os seguintes:

(1) Em relação ao cálculo da carga escoada atual

Na presente pesquisa, para colocar em funcionamento o Modelo de Carga de Escoamento por Rio Ver.2.2, desenvolvido pelo projeto BID, são necessários dados de qualidade da água e de fluxo, que acompanham a medição regular de fluxo e fluxo diário em observatórios de rios das

micro-bacias (o ponto mais inferior do rio é apropriado), conforme o fluxograma da **Figura 7.3.4**. Além disso, são necessários os dados de volume de precipitação diária e volume de evaporação diária da bacia (observatório próximo). Os dados necessários foram obtidos das instituições relacionadas na **Tabela 7.3.1**. O período de coleta de dados da presente pesquisa é de 2 anos, desde janeiro de 2004 até dezembro de 2006.

Neste modelo, há 2 pontos para se calcular a carga escoada com maior exatidão. O primeiro é obter a correta relação entre o volume de precipitação diária e o volume de evaporação e o fluxo diários, através do tanque modelo. O segundo é obter a relação entre a carga escoada e o fluxo  $Load=aQb$  com alto coeficiente de correlação, a partir da relação entre o fluxo e a qualidade da água.

Apresentamos exemplos do Modelo de Carga Escoada. A **Figura 7.3.5** mostra dados do Rio Grande, e a **Figura 7.3.6**, dados da Represa Billings e do Braço do Rio Grande.

**Tabela 7.3.1 Instituições fornecedoras dos dados hidrológicos**

Itens observados	Instituições	Número de locais
Volume diário de precipitação	EMAE	5 locais (Represa Billings)
	SABESP	1 local (ETA Rio Grande)
	Bombeiro	2 locais
Volume diário de dispersão da evaporação	IAG(USP)	1 local
Volume diário do reservatório e nível da água (Represa Billings)	EMAE	1 local
Volume diário do reservatório e nível diário da água (Represa Rio Grande)	SABESP	1 local

## 2) Carga unitária gerada necessária ao cálculo da carga efluente

O fluxograma direito da **Figura 7.3.4** (Estimativa da Carga de Efluente) apresenta uma estimativa de carga escoada de uma situação baseada em carga unitária ou carga efluente por fonte pontual e não pontual. Portanto, a exatidão da carga unitária gerada e da carga efluente afeta a confiabilidade do resultado do cálculo.

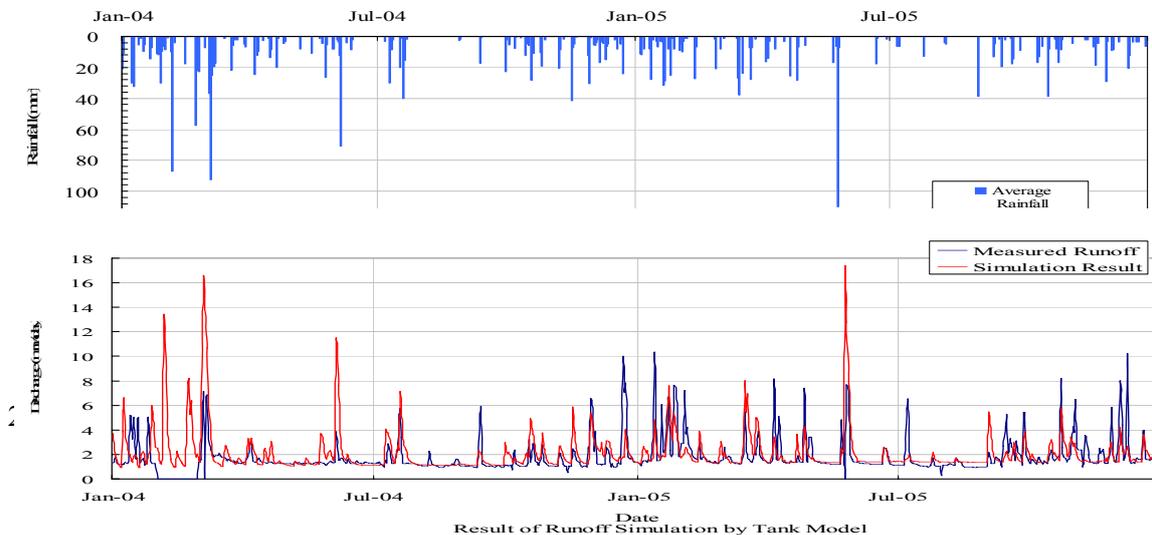
No entanto, no Brasil, não só em relação a fontes pontuais e não pontuais, são poucos os dados confiáveis de carga unitária gerada.

Assim, na presente pesquisa, foram adotados os dados da CETESB, após confirmar sua

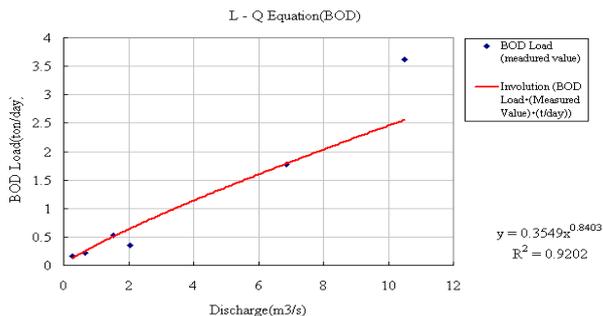
confiabilidade, através da medição em campo da carga unitária de efluente doméstico (carga por habitante) em uma área específica de ocupação ilegal.

No entanto, em relação a carga unitária gerada de fontes não pontuais, foram utilizados os valores obtidos no estudo da Represa de Guarapiranga da SMA em 1998 .

1) Relação entre Precipitação e Descarga



2) Relação entre água escoada e carga poluente escoada



3) Relação entre Precipitação e Carga Poluente Escoada

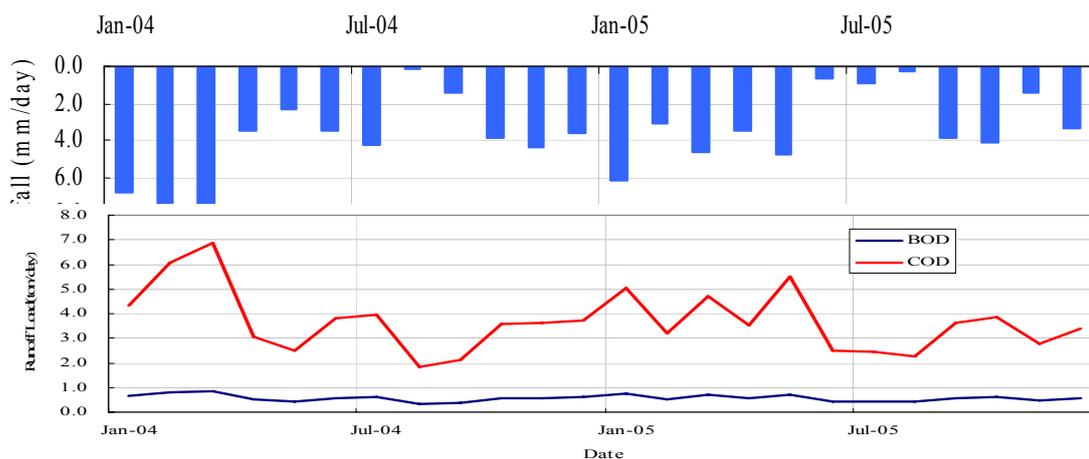
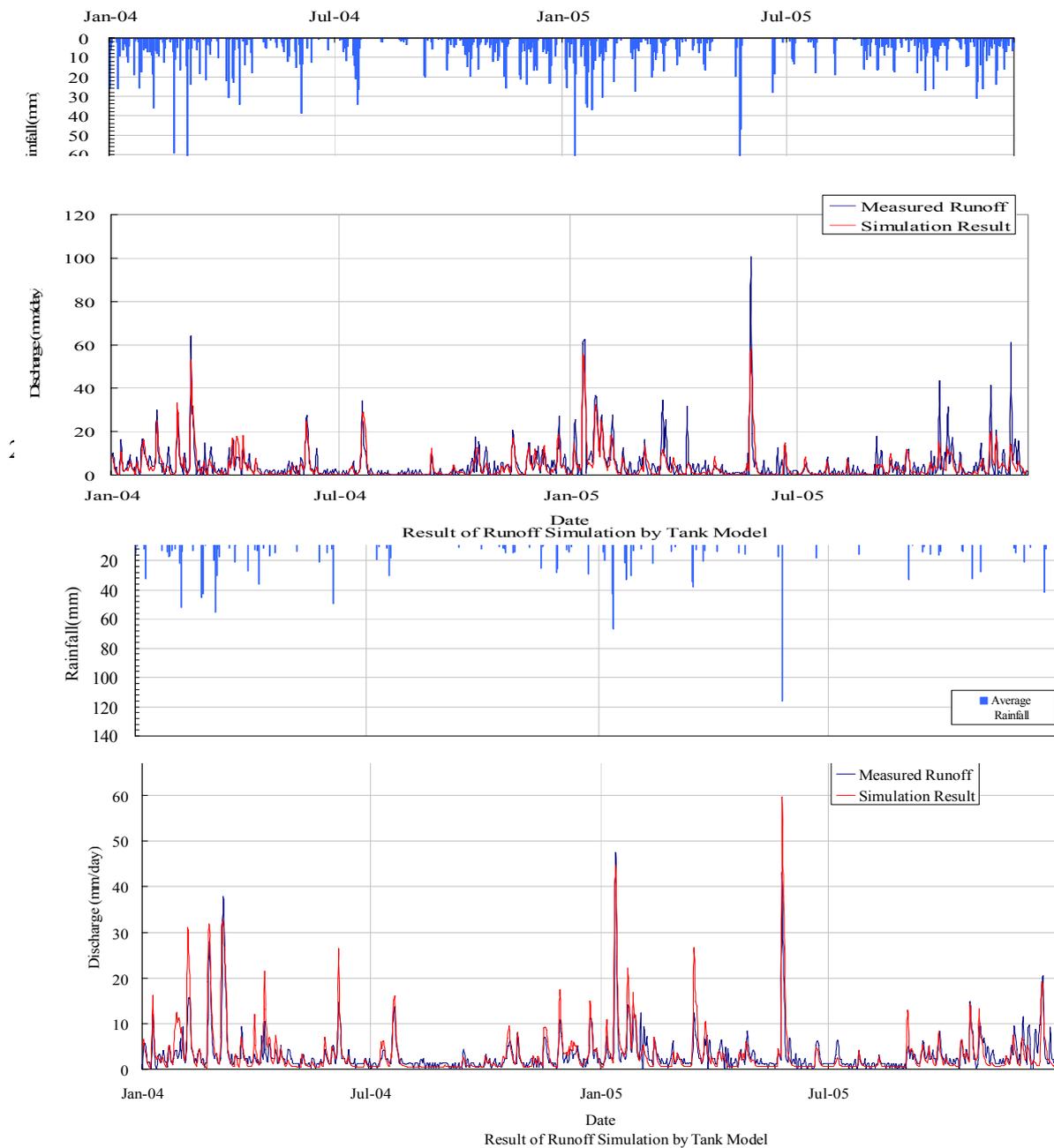


Figura 7.3.5 Exemplo de resultado de simulação em rios afluentes (Rio Grande)

1) Relação entre Precipitação na Billings e Volume de escoamento



**Figura 7.3.6** Resultado da simulação da relação entre Precipitação e Carga Escoda nos dois reservatórios

**Tabela 7.3.2 Carga unitária gerada utilizada pela CETESB**

Carga Unitária de Poluentes (Fonte Pontual)

Carga Doméstica Unitária	DBO	TN	TP	DQO	TSS
	(g/dia.hab)	(g/dia.hab)	(g/dia.hab)	(g/dia.hab)	(g/dia.hab)
	54	10	1,2	108	60
Fonte:	ABNT	Modelo SABESP	MQual2.0	DQO=2*DBO (Von Sperling)	ABNT

Carga Unitária de Poluentes (Fonte Não pontual)

	Itens de Fonte Não Pontual	DBO	TN	TP	DQO	TSS	Coli
		(kg/ha · ano)					
Carga Unitária de Fonte Não Pontual	Área Urbana – Alto Padrão	58,4	3,472	0,496	-	2	3,65E+4
	Área Urbana – Baixo Padrão	146	8,68	0,993	-	4	3,65E+2
	Uso Industrial e Comercial	116,8	6,076	0,695	-	2,8	3,65E+2
	Agricultura	17,946	0,828	0,242	-	38,2	3,65E+2
	Reflorestamento	4,277	0,219	0,007	-	9,1	3,65E+3
	Floresta	4,277	0,219	0,007	-	9,1	3,65E+2
	Campo	3,938	0,183	0,005	-	13,7	3,65E+3
	Cabanas	13,87	0,329	0,018	-	29,2	1,83E+3

(Fonte: SMA, Calibração de Sistema Relacional de Correlação do Manejo do Território e da Qualidade Ambiental para a Represa Billings: Prime Engenharia, Outubro/2004)

### 3) Método de cálculo da taxa de escoamento

A taxa de escoamento (Taxa de Escoamento) é uma tentativa de representar de modo macro a alteração desde a fonte poluidora (fonte pontual e não pontual) até a fase de vazão (é difícil obter a taxa de escoamento por fonte pontual ou não pontual). Além disso, a taxa de escoamento varia muito conforme topografia, formato e tipo de solo da bacia, extensão da área, tamanho da carga efluente, itens de qualidade da água, características hidrológicas etc. Por isso, em princípio, define-se a taxa de escoamento da bacia a partir de valores aferidos, mas em caso impossível, calcula-se com base em valores aferidos em outras bacias.

No caso da presente pesquisa, a taxa de escoamento da micro-bacia modelo, onde se realizou o monitoramento, foi obtida a partir da relação entre a carga efluente estimada, com base na

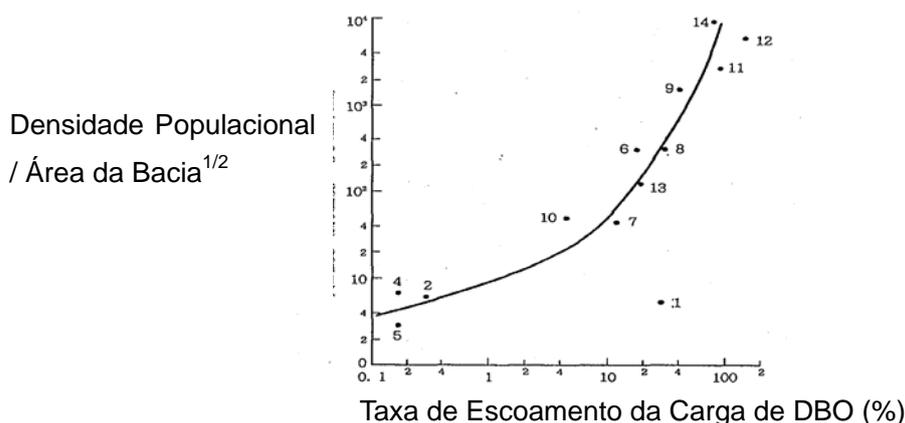
carga unitária gerada, e a carga escoada obtida pelo modelo de carga escoada (taxa de escoamento = carga escoada / carga efluente).

A taxa de escoamento de cada micro-bacia além da bacia modelo é obtida com base em dados do rio modelo, calculando-se Taxa de Escoamento de cada micro-bacia a partir da fórmula Taxa de Escoamento e Carga de Efluente/Área da bacia/Área da bacia<sup>1/2</sup>.

a) Resultado da pesquisa existente no Japão

Reverendo os resultados de pesquisas existentes no Japão, soube-se que há a seguinte relação entre a densidade demográfica/área da bacia<sup>1/2</sup> e Taxa de Escoamento da Carga de DBO.

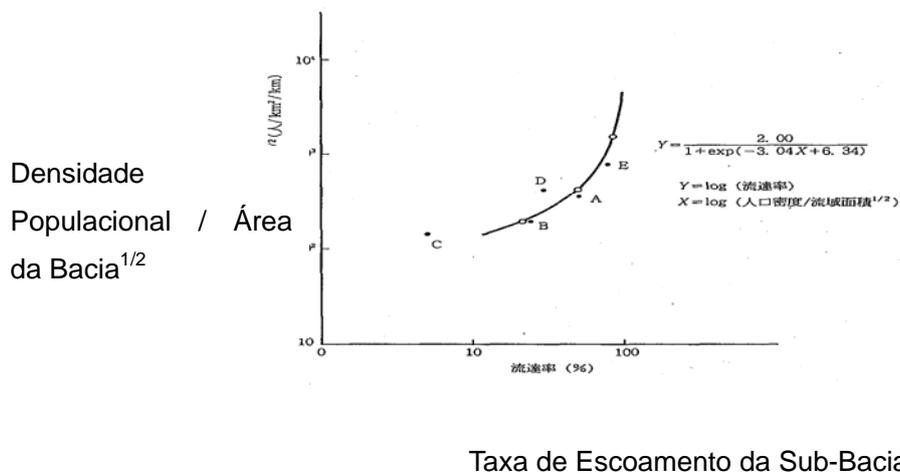
A **Figura 7.3.7** apresenta o resumo dos valores aferidos nos principais rios do Japão pelo Centro de Pesquisa de Engenharia Civil do Ministério da Construção.



**Figura 7.3.7** Relação entre a Taxa de Escoamento e Densidade Populacional/Área da Bacia<sup>1/2</sup>

Os dados obtidos pela Construtora Edogawa do Ministério da Construção, organizados de mesmo modo que os do Centro de Pesquisa de Engenharia Civil, são mostrados na **Figura 7.3.8**. Sabe-se que entre a densidade demográfica / área da bacia<sup>1/2</sup> (X) e Taxa de Escoamento (Y), há a relação  $Y=2.0/1 + \exp(-3.04X + 6.34)$ .

Segundo a “Pesquisa para o plano geral de sistema de esgoto por bacia hidrográfica: diretrizes e comentários” (1993), da Fundação do Sistema de Esgoto do Japão”, o valor padrão da taxa de escoamento é apresentado conforme abaixo.



**Figura 7.3.8** Relação entre a Taxa de Escoamento e Densidade Populacional/Área da Bacia<sup>1/2</sup>

**Tabela 7.3.3** Valor Padrão da Taxa de Escoamento

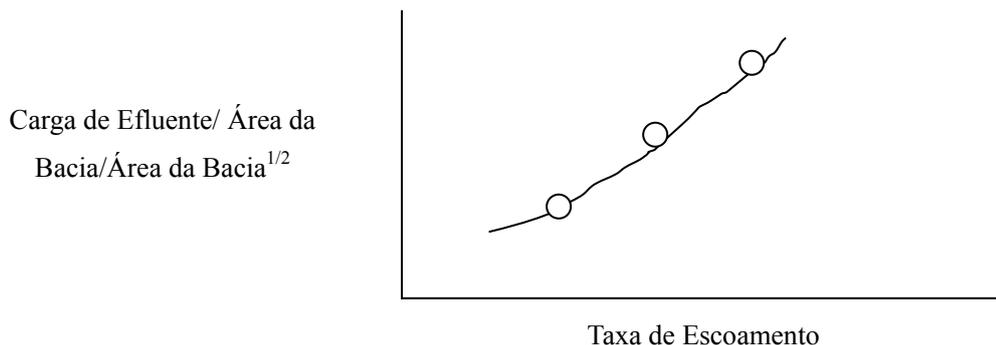
Classificação		Taxa de escoamento
Área rural		0.0~0.20
Área urbana	Áreas vizinhas	0.1~0.6
	Área central	0.6~1.0
Sistema de esgoto público		1.0

Nota: Acredita-se que a taxa de escoamento é determinada principalmente pela situação das sarjetas e do sistema de drenagem.

b) Metodologia de estimativa da taxa de escoamento de micro-bacias da represa Billings e do Braço do Rio Grande

Segundo pesquisas do Japão, sabe-se que há uma relação entre a densidade demográfica / (área da bacia)<sup>1/2</sup> e a taxa de escoamento. Então, substituindo-se a densidade demográfica por carga gerada / área da bacia, pode-se supor que seja mais racional a densidade da carga efluente não só de fonte pontual, mas também de fonte não pontual.

Portanto, na presente pesquisa, para a taxa de escoamento de micro-bacias onde não pode ser aplicado o Modelo de Carga de Escoamento, obtém-se e a fórmula da relação entre a densidade de carga efluente e a taxa de escoamento e estima-se a taxa de escoamento de cada micro-bacia em que não se aplica o modelo (ver **Figura 7.3.9**). Daí obtém-se a carga escoada (Carga de Escoamento) de cada bacia por Carga de Escoamento = Carga de Efluente × Taxa de Escoamento (valor estimado).

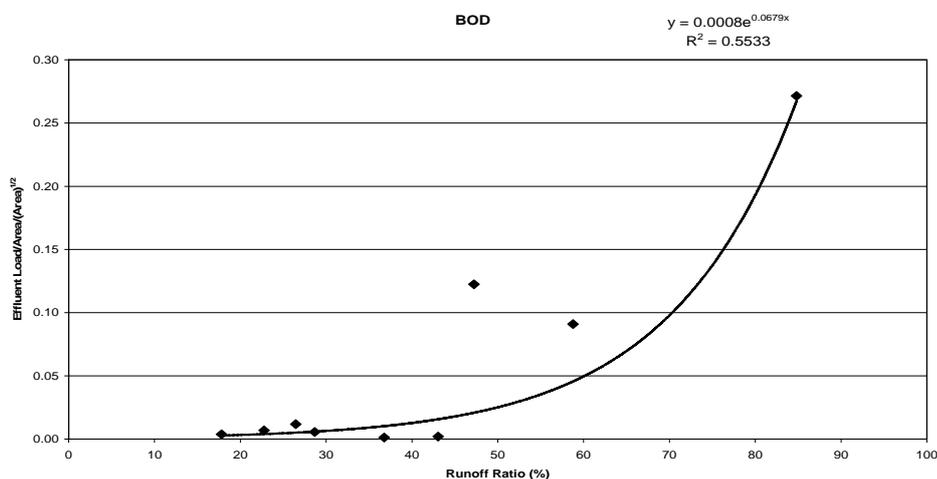


**Figura 7.3.9** Relação entre Carga de Efluente/Área da Bacia/Área da Bacia<sup>1/2</sup> e Taxa de Escoamento

2) Cálculo da taxa de escoamento

Calculou-se a taxa de escoamento (DBO, TN, TP) pela metodologia já mencionada, com base nos dados de fluxo e qualidade da água de 10 rios modelos, onde se realizaram 6 sessões de monitoramento. O resultado é apresentado na **Figura 7.3.10**.

Porém, a taxa de correlação da taxa de escoamento TN é pequena, cujo motivo pode ser a reduzida carga unitária de carga gerada TN. Quanto ao DQO, foi excluído do cálculo devido à inexistência de valor DQO na unidade primária de carga gerada de fonte não pontual.



**Figura 7.3.10 (1)** Relação entre carga gerada (DBO) nos rios-modelo e carga escoada

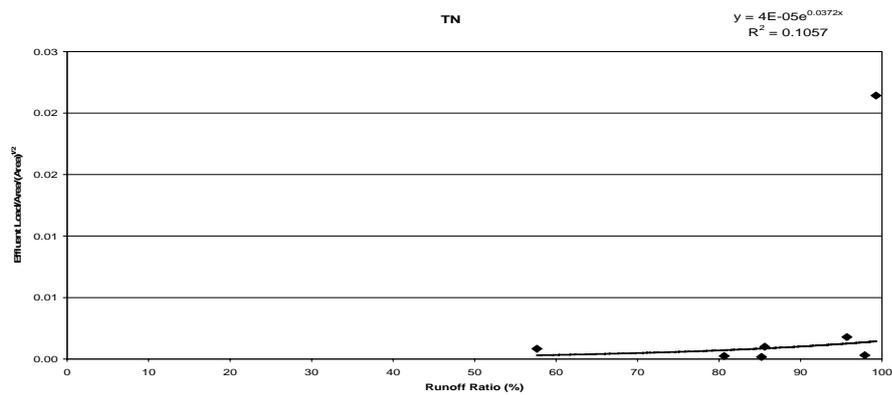


Figura 7.3.10 (2) Relação entre carga gerada (TN) nos rios-modelo e carga escoada

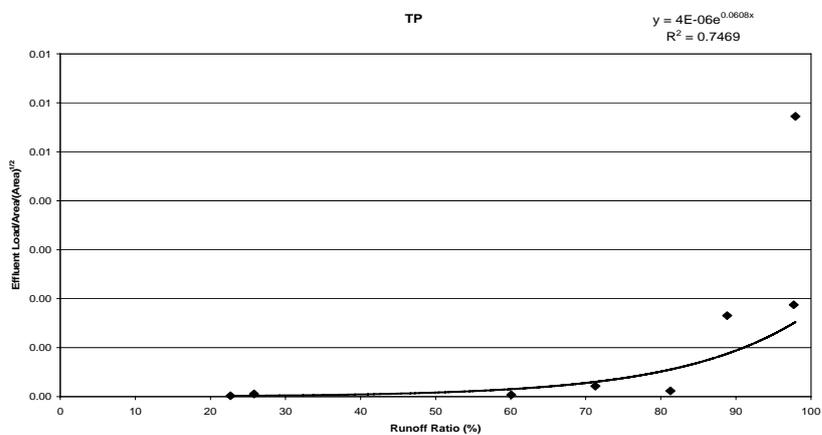


Figura 7.3.10 (3) Relação entre carga gerada (TP) nos rios-modelo e carga escoada



### 7.3.5 Análise do volume de precipitação de 2005

Ao executar a simulação de médio prazo, é preciso analisar as características hidrológicas do ano-base, que também é o ano de estudo. Ou seja, dependendo se o ano teve muita ou pouca chuva, a descarga que sai do lago varia muito, mudando muito a qualidade da água, que é influenciada por esse fator.

O volume anual de precipitação do ano de 2005, com a realização desta pesquisa, foi de 1461,1 mm/ano no ponto E-035 do IAG-USP, praticamente o mesmo do volume de precipitação médio de 1466 mm/ano dos 22 anos entre 1984 a 2005 (vide **Tabela 7.3.4** e **Figura 7.3.12**). O motivo do ponto E3-035 do IAG-USP ter sido escolhido para esta análise, dentre os inúmeros pontos de amostragem de precipitação, foi devido à possibilidade de se obter dados confiáveis de longo prazo.

Ainda, segundo a análise da probabilidade de excesso do volume de precipitação em 2005, foi verificado pelo Método Iwai que este é um volume médio obtido uma vez a cada 2,1 anos, 2,2 se adotarmos o Método Gumbel. Ou seja, um volume médio obtido cerca de uma vez a cada dois anos.

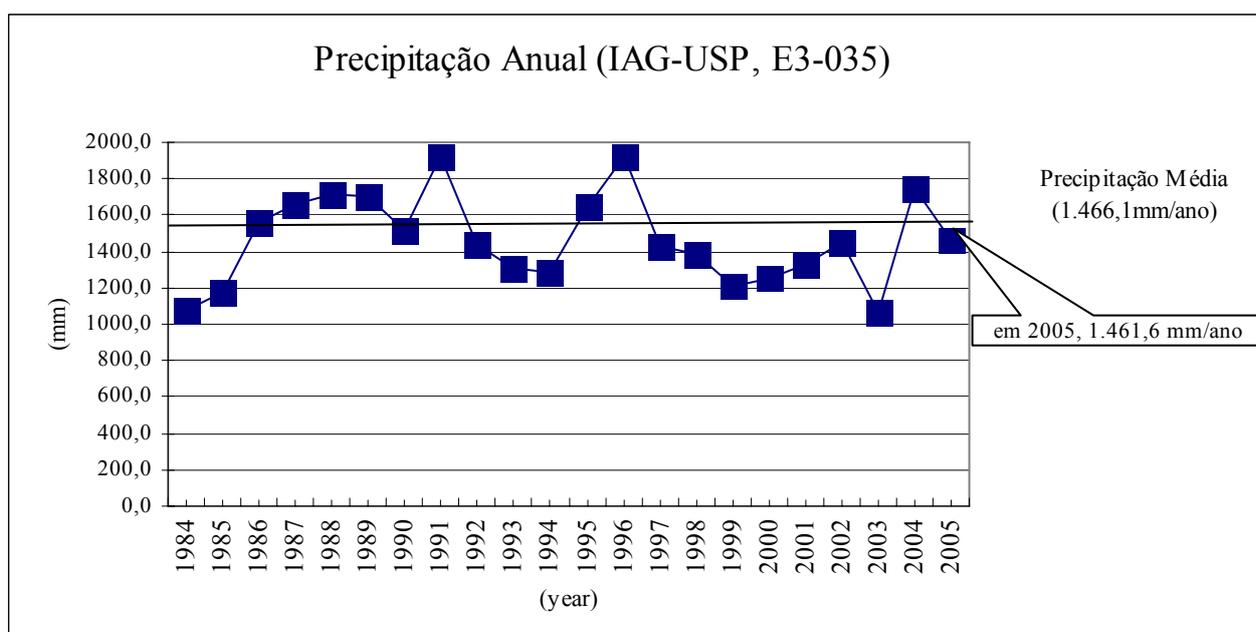
Assim, mesmo por coincidência, o ano-base simulado e o ano de 2005 são anos médios em termos de volume de precipitação e, portanto, foi julgado ser apropriado adotar o ano de 2005 como ano-base para a simulação de longo prazo.

**Tabela 7.3.4 Análise da precipitação anual (1984 a 2005, IAG-USP, E3-035)**

Ano	Precipitação (mm/ano)
1984	1075,7
1985	1175,8
1986	1558,3
1987	1655,6
1988	1714,0
1989	1705,9
1990	1515,3
1991	1923,5
1992	1442,7
1993	1304,5
1994	1285,8
1995	1650,7
1996	1924,1
1997	1428,1
1998	1386,9
1999	1207,7
2000	1252,4
2001	1324,3
2002	1453,1
2003	1063,2
2004	1745,7
2005	1461,6
Média	1466,1

Precipitação (2005)	1461,6 mm
Probabilidade de excesso	
Método Iwai	2,1 ano
Método Thomas	2,1 ano
Método Hazen	2,1 ano
Método Ishihara & Takase	2,0 ano
Método Gumbel	2,2 ano



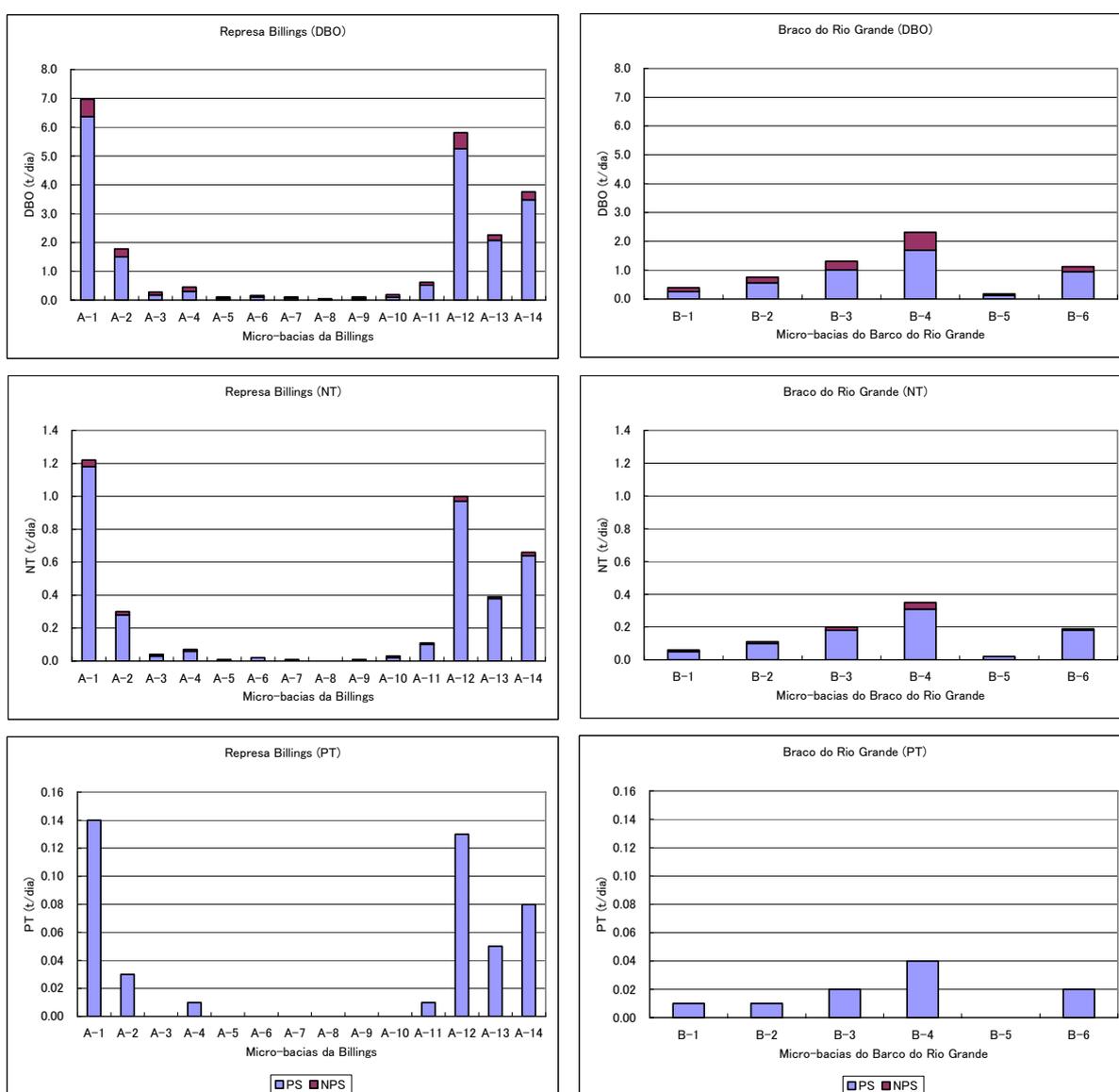
**Figura 7.3.12 Variação anual no volume de precipitação (1984 a 2005, Fonte: IAG-USP, E3-035)**

### 7.3.6 Cargas efluentes de micro-bacias

A carga efluente por micro-bacia foi calculada com base na carga unitária de carga gerada, acima mencionada. A carga efluente é conforme a **Tabela 7.3.5** e a **Figura 7.3.13**.

A carga efluente da Represa Billings foi de 22,7 ton/dia de carga DBO, 3,86 ton/dia de carga TN e 0,48 ton/dia de carga TP.

Na bacia do Braço do Rio Grande foi 6,07 ton/dia de carga DBO, 0,93 ton/dia de carga TN e 0,11 ton/dia de carga TP.



**Figura 7.3.13 Cargas efluentes de micro-bacias**

**Tabela 7.3.5 Cargas efluentes de micro-bacias (2005)**

Bacia	Área da Bacia (km <sup>2</sup> )	DBO (t/dia)				TN (t/dia)				TP (t/dia)				Vazão (m <sup>3</sup> /s)			
		PS	NPS	Total	%	PS	NPS	Total	%	PS	NPS	Total	%	PS	NPS	Total	%
A-1	20.98	6.37	0.60	6.97	30.79	1.18	0.04	1.22	31.45	0.14	0.00	0.15	30.63	0.1639	0.9524	1.1163	7.94
A-2	37.86	1.50	0.28	1.78	7.85	0.28	0.02	0.29	7.59	0.03	0.00	0.04	7.37	0.0386	1.7190	1.7576	12.50
A-3	20.52	0.18	0.10	0.28	1.21	0.03	0.01	0.04	0.99	0.00	0.00	0.00	0.95	0.0046	0.9316	0.9362	6.66
A-4	31.32	0.31	0.14	0.45	1.97	0.06	0.01	0.06	1.66	0.01	0.00	0.01	1.61	0.0079	1.4218	1.4297	10.17
A-5	29.48	0.06	0.05	0.10	0.45	0.01	0.00	0.01	0.32	0.00	0.00	0.00	0.29	0.0014	1.3382	1.3397	9.53
A-6	20.50	0.11	0.05	0.16	0.71	0.02	0.00	0.02	0.60	0.00	0.00	0.00	0.57	0.0029	0.9308	0.9337	6.64
A-7	9.49	0.07	0.04	0.11	0.49	0.01	0.00	0.02	0.39	0.00	0.00	0.00	0.37	0.0018	0.4308	0.4326	3.08
A-8	20.16	0.02	0.03	0.04	0.18	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.09	0.0004	0.9155	0.9159	6.52
A-9	38.76	0.05	0.06	0.11	0.49	0.01	0.00	0.01	0.33	0.00	0.00	0.00	0.28	0.0014	1.7599	1.7613	12.53
A-10	7.81	0.10	0.09	0.20	0.87	0.02	0.01	0.02	0.64	0.00	0.00	0.00	0.61	0.0132	0.3547	0.3679	2.62
A-11	12.74	0.52	0.10	0.62	2.73	0.10	0.01	0.10	2.64	0.01	0.00	0.01	2.55	0.0134	0.5782	0.5916	4.21
A-12	24.60	5.25	0.56	5.81	25.66	0.97	0.03	1.00	25.98	0.13	0.00	0.13	28.11	0.1396	1.1166	1.2562	8.94
A-13	13.30	2.07	0.19	2.26	9.98	0.38	0.01	0.39	10.21	0.05	0.00	0.05	9.93	0.0533	0.6040	0.6573	4.68
A-14	10.38	3.48	0.28	3.76	16.60	0.64	0.02	0.66	17.09	0.08	0.00	0.08	16.65	0.0895	0.4714	0.5609	3.99
<b>Sub total</b>	<b>297.90</b>	<b>20.09</b>	<b>2.56</b>	<b>22.65</b>	<b>100.00</b>	<b>3.72</b>	<b>0.15</b>	<b>3.86</b>	<b>100.00</b>	<b>0.46</b>	<b>0.02</b>	<b>0.48</b>	<b>100.00</b>	<b>0.5319</b>	<b>13.5249</b>	<b>14.0567</b>	<b>100.00</b>
B-1	15.84	0.25	0.14	0.39	6.40	0.05	0.01	0.05	5.83	0.01	0.00	0.01	5.80	0.0064	0.5782	0.5846	8.79
B-2	21.14	0.56	0.20	0.76	12.56	0.10	0.01	0.12	12.41	0.01	0.00	0.01	12.40	0.0145	0.7715	0.7860	11.81
B-3	74.86	1.01	0.30	1.31	21.58	0.18	0.02	0.20	21.34	0.02	0.00	0.02	21.18	0.0716	2.7326	2.8041	42.15
B-4	33.65	1.69	0.62	2.31	38.03	0.31	0.04	0.35	37.60	0.04	0.00	0.04	37.73	0.0821	1.2283	1.3104	19.70
B-5	10.81	0.12	0.06	0.18	2.98	0.02	0.00	0.03	2.82	0.00	0.00	0.00	2.80	0.0032	0.3944	0.3976	5.98
B-6	20.43	0.95	0.17	1.12	18.44	0.18	0.01	0.19	20.00	0.02	0.00	0.02	20.09	0.0244	0.7455	0.7700	11.57
<b>Sub total</b>	<b>176.73</b>	<b>4.58</b>	<b>1.49</b>	<b>6.07</b>	<b>100.00</b>	<b>0.84</b>	<b>0.09</b>	<b>0.93</b>	<b>100.00</b>	<b>0.10</b>	<b>0.01</b>	<b>0.11</b>	<b>100.00</b>	<b>0.2021</b>	<b>6.4506</b>	<b>6.6527</b>	<b>100.00</b>
<b>Total</b>	<b>474.6</b>	<b>24.7</b>	<b>4.05</b>	<b>28.7</b>		<b>4.56</b>	<b>0.23</b>	<b>4.79</b>		<b>0.56</b>	<b>0.02</b>	<b>0.59</b>		<b>0.73</b>	<b>19.98</b>	<b>20.71</b>	

## (2) Especificações da carga estimada

A descarga estimada está de acordo com a **Tabela 7.3.5**, mas, para determinar a fonte de efluentes da bacia de ambos os reservatórios, será analisada a carga da fonte pontual e superficial por tipo de especificação. As especificações da descarga estimada (DBO, NT, PT) são apresentadas na **Tabela 7.3.6**.

Ainda, as fontes pontuais foram classificadas em efluente doméstico e industrial, enquanto que as fontes superficiais foram classificadas em zona agrícola, zona de reflorestamento, florestas, campos, casas de veraneio, zona residencial de luxo, zona residencial de baixa renda, zona industrial e comercial.

### (1) Especificações da carga de DBO (vide **Figura 7.3.14**)

**Bacia da Represa Billings:** a porcentagem das cargas pontuais e difusas dentro de todo o volume de carga é de 11% de cargas difusas em relação a 89% de cargas pontuais. A porcentagem referente ao esgoto doméstico é de 89% do volume total da carga. Por outro lado, o esgoto industrial representa menos de 1% (0,04%). O que representa uma porcentagem considerável dentro das cargas difusas ou não pontuais é a carga oriunda da área residenciais de baixo padrão, correspondendo a 9% do total. Por esta razão, quando nos referimos à redução de carga da Represa Billings, as medidas relacionadas ao volume de esgotos domésticos se tornam um ponto chave.

**Bacia do Braço do Rio Grande:** a porcentagem das cargas pontuais e difusas dentro de todo o volume de carga é de 25% de cargas difusas em relação a 75% de cargas pontuais. A porcentagem referente ao esgoto doméstico é de 75% do volume total da carga. Por outro lado, o esgoto industrial representa menos de 1% (0,5%). O que representa uma porcentagem considerável dentro das cargas difusas ou não pontuais é a carga oriunda da área residenciais de baixo padrão, correspondendo a 20,5% do total. Por esta razão, quando nos referimos à redução de carga do Braço do Rio Grande, as medidas relacionadas ao volume de esgotos domésticos se tornam um ponto chave.

### (2) Discriminação do volume de carga de TN

**Bacia da Represa Billings:** a porcentagem das cargas pontuais e difusas dentro de todo o volume de carga é de 4% de cargas difusas em relação a 96% de cargas pontuais. A porcentagem referente ao esgoto doméstico é de 96% do volume total da carga. Por outro lado, o esgoto industrial representa menos de 1% (0,0%). O que representa uma porcentagem considerável dentro das cargas difusas ou não pontuais é a carga oriunda das áreas residenciais

de baixo padrão, correspondendo a 3% do total. Por esta razão, quando nos referimos à redução de carga de TN, aqui também as medidas relacionadas ao volume de esgotos domésticos se tornam um ponto chave.

**Bacia do Braço do Rio Grande:** a porcentagem das cargas pontuais e difusas dentro de todo o volume de carga é de 10% de cargas difusas em relação a 90% de cargas pontuais. A porcentagem referente ao esgoto doméstico é de 90% do volume total da carga. Por outro lado, o esgoto industrial representa menos de 1% (0,0%). O que representa uma porcentagem considerável dentro das cargas difusas ou não pontuais é a carga oriunda das áreas residenciais de baixo padrão, correspondendo a 8% do total. Por esta razão, quando nos referimos à redução de carga de TN também as medidas relacionadas ao volume de esgotos domésticos se tornam um ponto chave.

### (3) Discriminação do volume de carga de TP

**Bacia da Represa Billings:** a porcentagem das cargas pontuais e difusas dentro de todo o volume de carga é de 4% de cargas difusas em relação a 96% de cargas pontuais, sendo a mesma porcentagem de TN. A porcentagem referente ao esgoto doméstico é de 94% do volume total da carga. Por outro lado, o esgoto industrial representa 2%. O que representa uma porcentagem considerável dentro de cargas difusas ou não pontuais é a carga oriunda das áreas residenciais de baixo padrão, correspondendo a 2% do total. Por esta razão, quando nos referimos à redução de carga de TP, aqui também as medidas relacionadas ao volume de esgotos domésticos se tornam um ponto chave.

**Bacia do Braço do Rio Grande:** a porcentagem das cargas pontuais e difusas dentro de todo o volume de carga é de 9% de cargas difusas em relação a 91% de cargas pontuais. A porcentagem referente ao esgoto doméstico é de 91% do volume total da carga. Por outro lado, o esgoto industrial representa menos de 1%. O que representa uma porcentagem considerável dentro das cargas difusas ou não pontuais é a carga oriunda das áreas residenciais de baixo padrão, correspondendo a 9% do total. Por esta razão, quando nos referimos à redução de carga de TP também as medidas relacionadas ao volume de esgotos domésticos se tornam um ponto chave.

Conforme explanamos acima, ficou esclarecido que, com relação ao indicador de matéria orgânica DBO e aos indicadores de nutrientes TN e TP, a maior parte (aproximadamente 90%) da carga lançada nas áreas da bacia da Represa Billings e do braço do Rio Grande são efluentes de origem doméstica. Por esta razão, no planejamento de conservação da qualidade da água de ambos os reservatórios, as medidas relacionadas aos efluentes domésticos se

tornam de máxima importância.

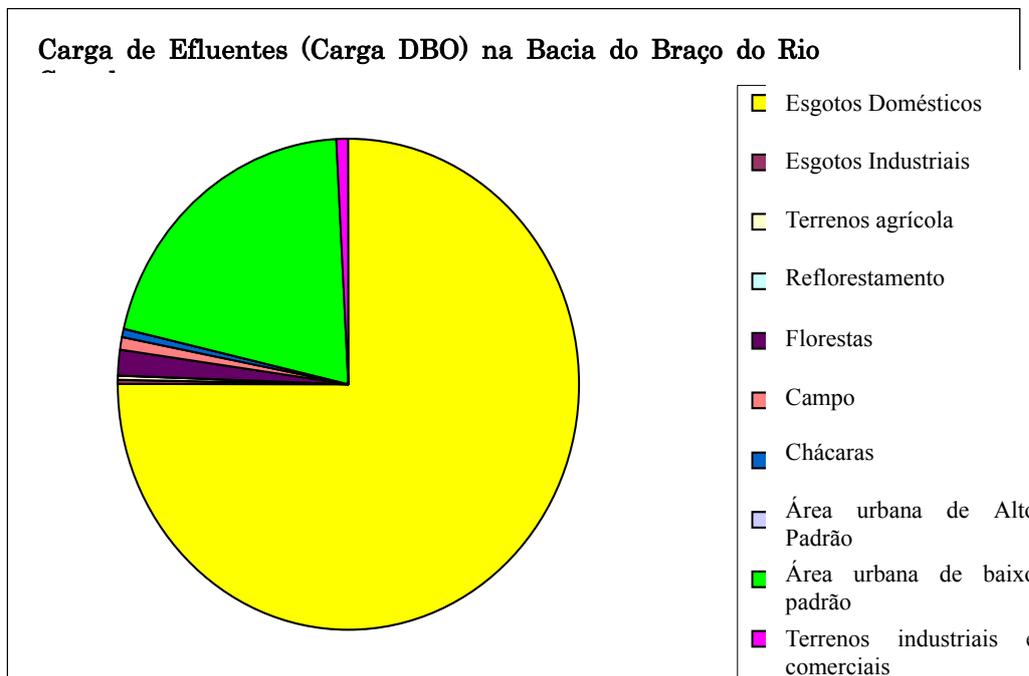
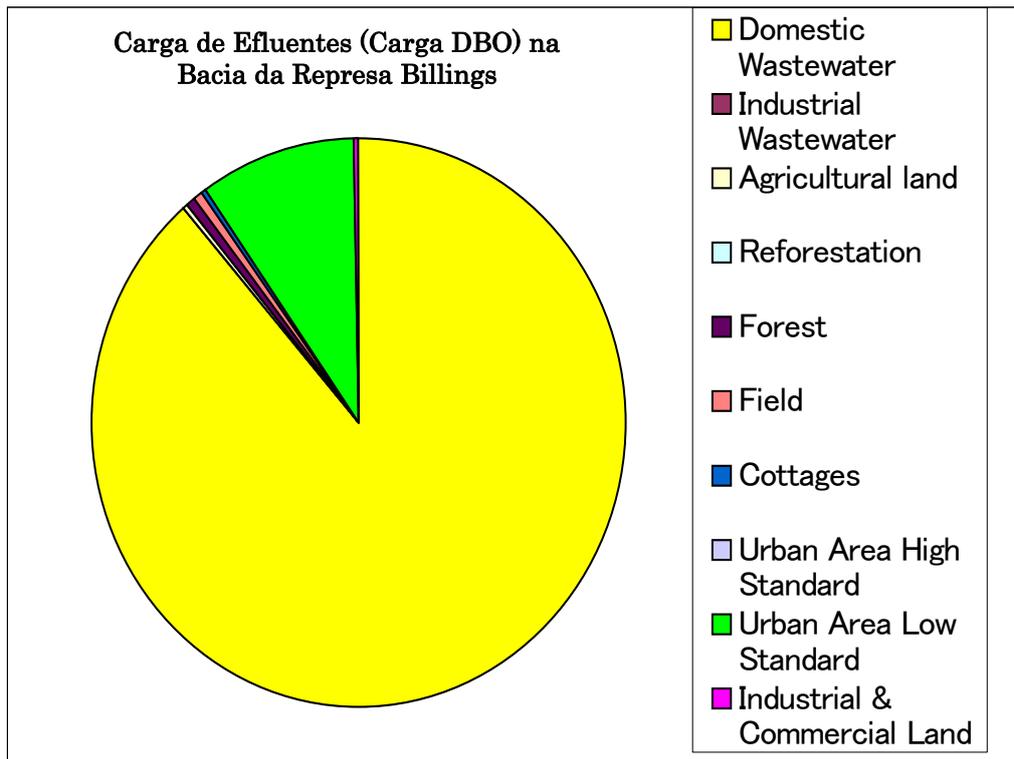


Figura 7.3.14 Discriminação do volume estimado de carga de efluentes de ambas as bacias

Tabela 7.3.6 (1) Discriminação do volume de carga estimada de DBO<sub>5</sub> das sub-bacias (2005)

Bacia	Area Bacia (km <sup>2</sup> )	DBO (t/dia)												Total	%
		PS			NPS										
		Subtotal	Esgotos Domésticos	Esgotos Industriais	Sub-total	Terrenos Agrícolas	Refforest.	Florestas	Campos	Chácaras	Área Urbana Alto Padrão	Área Urbana Baixo Padrão	Terrenos Indust. e Comerciais		
A-1	20.98	6.37	6.37	0.00	0.60	0.000	0.000	0.001	0.005	0.002	0.000	0.588	0.005	6.97	30.79
A-2	37.86	1.50	1.50	0.00	0.28	0.009	0.000	0.016	0.010	0.027	0.000	0.213	0.000	1.78	7.85
A-3	20.52	0.18	0.18	0.00	0.10	0.005	0.001	0.012	0.005	0.006	0.000	0.067	0.000	0.28	1.21
A-4	31.32	0.31	0.31	0.00	0.14	0.012	0.000	0.015	0.010	0.015	0.000	0.088	0.000	0.45	1.97
A-5	29.48	0.06	0.06	0.00	0.05	0.005	0.004	0.018	0.007	0.013	0.000	0.000	0.000	0.10	0.45
A-6	20.50	0.11	0.11	0.00	0.05	0.003	0.001	0.013	0.006	0.008	0.000	0.017	0.000	0.16	0.71
A-7	9.49	0.07	0.07	0.00	0.04	0.000	0.000	0.006	0.003	0.003	0.000	0.030	0.000	0.11	0.49
A-8	20.16	0.02	0.02	0.00	0.03	0.000	0.000	0.019	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000	0.04	0.18
A-9	38.76	0.05	0.05	0.00	0.06	0.000	0.000	0.028	0.013	0.008	0.000	0.008	0.000	0.11	0.49
A-10	7.81	0.10	0.10	0.00	0.09	0.000	0.000	0.003	0.002	0.002	0.000	0.086	0.000	0.20	0.87
A-11	12.74	0.52	0.52	0.00	0.10	0.000	0.002	0.005	0.003	0.007	0.000	0.074	0.007	0.62	2.73
A-12	24.60	5.25	5.24	0.009	0.56	0.007	0.002	0.003	0.005	0.001	0.000	0.525	0.018	5.81	25.66
A-13	13.30	2.07	2.07	0.000	0.19	0.000	0.001	0.004	0.003	0.008	0.000	0.171	0.004	2.26	9.98
A-14	10.38	3.48	3.48	0.001	0.28	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000	0.271	0.006	3.76	16.60
<b>Sub total</b>	<b>297.90</b>	<b>20.09</b>	<b>20.08</b>	<b>0.01</b>	<b>2.56</b>	<b>0.042</b>	<b>0.012</b>	<b>0.144</b>	<b>0.080</b>	<b>0.102</b>	<b>0.000</b>	<b>2.139</b>	<b>0.040</b>	<b>22.65</b>	<b>100.00</b>
B-1	15.84	0.25	0.25	0.00	0.14	0.001	0.000	0.011	0.003	0.002	0.000	0.123	0.000	0.39	6.40
B-2	21.14	0.56	0.56	0.0002	0.20	0.000	0.000	0.010	0.006	0.006	0.000	0.181	0.000	0.76	12.56
B-3	74.86	1.01	0.98	0.0285	0.30	0.000	0.002	0.054	0.020	0.012	0.000	0.166	0.047	1.31	21.58
B-4	33.65	1.69	1.69	0.0000	0.62	0.000	0.001	0.010	0.009	0.006	0.000	0.583	0.012	2.31	38.03
B-5	10.81	0.12	0.12	0.00	0.06	0.001	0.001	0.008	0.002	0.002	0.000	0.044	0.000	0.18	2.98
B-6	20.43	0.95	0.95	0.00	0.17	0.000	0.001	0.017	0.002	0.001	0.000	0.149	0.000	1.12	18.44
<b>Subtotal</b>	<b>176.73</b>	<b>4.58</b>	<b>4.55</b>	<b>0.03</b>	<b>1.49</b>	<b>0.002</b>	<b>0.004</b>	<b>0.110</b>	<b>0.041</b>	<b>0.029</b>	<b>0.000</b>	<b>1.247</b>	<b>0.059</b>	<b>6.07</b>	<b>100.00</b>

Tabela 7.3.6 (2) Discriminação do volume de carga estimada de TN das sub-bacias (2005)

Bacia	Area Bacia (km²)	TN (t/dia)													Total	%
		PS			NPS											
		Subtotal	Esgotos Domésticos	Esgotos Industriais	Subtotal	Terrenos Agrícolas	Reflorestam.	Florestas	Campos	Chácaras	Área Urbana Alto Padrão	Área Urbana Baixo Padrão	Terrenos Indust. e Comerciais			
A-1	20.98	1.18	1.18	0.00	0.04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000	1.22	31.45
A-2	37.86	0.28	0.28	0.00	0.02	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.013	0.000	0.29	7.59
A-3	20.52	0.03	0.03	0.00	0.01	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.04	0.99
A-4	31.32	0.06	0.06	0.00	0.01	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.06	1.66
A-5	29.48	0.01	0.01	0.00	0.00	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.32
A-6	20.50	0.02	0.02	0.00	0.00	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.02	0.60
A-7	9.49	0.01	0.01	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.02	0.39
A-8	20.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.11
A-9	38.76	0.01	0.01	0.00	0.00	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.01	0.33
A-10	7.81	0.02	0.02	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.02	0.64
A-11	12.74	0.10	0.10	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.10	2.64
A-12	24.60	0.97	0.97	0.00	0.03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.001	1.00	25.98
A-13	13.30	0.38	0.38	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.39	10.21
A-14	10.38	0.64	0.64	0.00	0.02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.66	17.09
<b>Sub total</b>	<b>297.90</b>	<b>3.72</b>	<b>3.72</b>	<b>0.00</b>	<b>0.145</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>	<b>0.007</b>	<b>0.004</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.127</b>	<b>0.002</b>	<b>0.002</b>	<b>3.86</b>	<b>100.00</b>
B-1	15.84	0.05	0.05	0.00	0.01	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.05	5.83
B-2	21.14	0.10	0.10	0.00	0.01	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.12	12.41
B-3	74.86	0.18	0.18	0.00	0.02	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.010	0.002	0.20	21.34
B-4	33.65	0.31	0.31	0.00	0.04	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.001	0.35	37.60
B-5	10.81	0.02	0.02	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.03	2.82
B-6	20.43	0.18	0.18	0.00	0.01	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.19	20.00
<b>Sub total</b>	<b>176.73</b>	<b>0.84</b>	<b>0.84</b>	<b>0.00</b>	<b>0.086</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.006</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.074</b>	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>	<b>0.93</b>	<b>100.00</b>

7-32

Tabela 7.3.6 (3) Discriminação do volume de carga estimada de TP das sub-bacias (2005)

Bacia	Área Bacia (km²)	TP (t/dia)														Total	%
		PS			NPS												
		Subtotal	Esgotos Domésticos	Esgotos Industriais	Subtotal	Terrenos Agrícolas	Reforestam.	Florestas	Campos	Chácaras	Área Urbana - Alto Padrão	Área Urbana - Baixo Padrão	Terrenos Industr. e Comerciais				
A-1	20.98	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	30.63
A-2	37.86	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	7.37
A-3	20.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95
A-4	31.32	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.61
A-5	29.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
A-6	20.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
A-7	9.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
A-8	20.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
A-9	38.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
A-10	7.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61
A-11	12.74	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	2.55
A-12	24.60	0.13	0.12	0.013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	28.11
A-13	13.30	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	9.93
A-14	10.38	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	16.65
<b>Subtotal</b>	<b>297.90</b>	<b>0.46</b>	<b>0.45</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.48</b>	<b>100.00</b>	
B-1	15.84	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	5.80
B-2	21.14	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	12.40
B-3	74.86	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	21.18
B-4	33.65	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	37.73
B-5	10.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80
B-6	20.43	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	20.09
<b>Subtotal</b>	<b>176.73</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.11</b>	<b>100.00</b>	

### 7.3.7 Estimativa da carga prevista que escoar de cada micro-bacia em médio prazo

#### (1) Situação atual (2005)

As descargas estimadas da Bacia da Represa Billings e do braço do Rio Grande (cada sub-bacia) estão apresentadas na **Tabela 7.3.7** e **Figura 7.3.15**. A descarga de cada sub-bacia foi obtida multiplicando-se a taxa de escoamento (valor estimado) pelo volume de efluentes da sub-bacia.

A carga que escoar da bacia da Represa Billings é composta por 14,6 t/dia de carga de DBO, 3,78 t/dia de carga de NT e 0,45 t/dia de carga de PT. Ainda, a descarga que escoar da bacia do braço do Rio Grande é composta por 2,0 t/dia de carga de DBO, 0,82 t/dia de carga de NT e 0,06 t/dia de carga de PT. Como também fica claro nas medições, as cargas lançadas nas bacias dos quatro rios da cidade compõem a maior parte da carga sobre a Represa Billings, com 90% da carga de DBO, 89% da carga de NT e 90% da carga de PT.

Ainda, a carga lançada na bacia de Ribeirão Pires compõe cerca da metade da carga sobre o braço do Rio Grande, com 47% da carga de DBO, 43% da carga de NT e 43% da carga de PT. Agora, a taxa de escoamento e volume de efluentes usados para estimar a carga escoada foram obtidos tal como descritos a seguir (este resultado foi obtido através de dados hidrológicos e da qualidade da água de 2005).

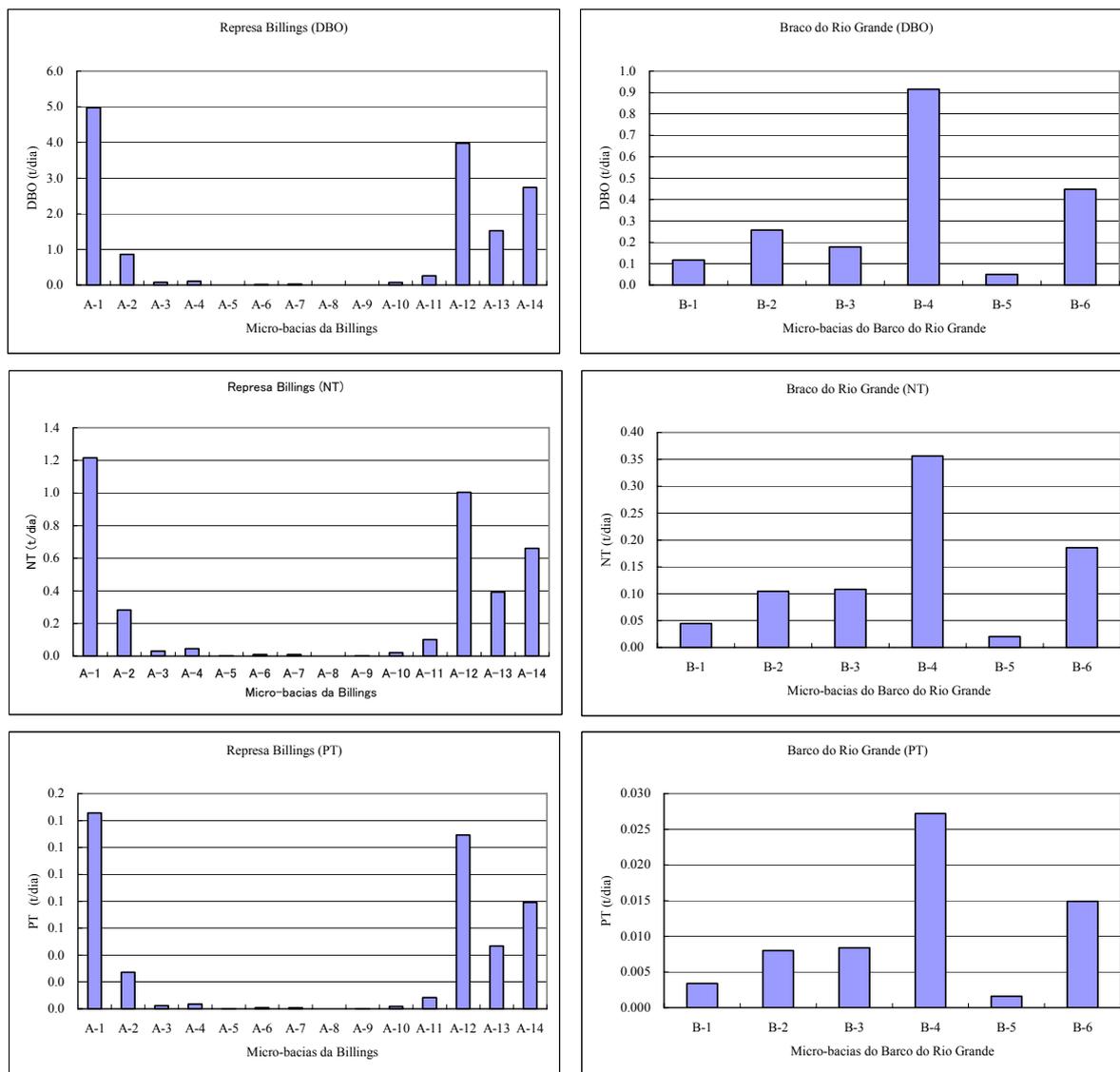
Foi feito um cálculo aproximado da carga escoada prevista (DBO, NT, PT) das micro-bacias, para a Represa Billings e o braço do Rio Grande, em um projeto de médio prazo. O resultado obtido é apresentado nas **Tabelas 10.2.9 e 10.2.10** e **Figura 10.2.15**. Ainda, se traçarmos em particular um gráfico com os dados da carga prevista por micro-bacia, obteremos a **Figura 10.2.16**.

Foi obtido, através de aproximações, que o volume de carga lançado em ambos os reservatórios, até 2010, aumenta com fatores como o crescimento da população. Mas, com a conclusão de um sistema de esgoto, o mesmo diminui de forma notável a partir do ano previsto para a conclusão do referido sistema.

Segundo estas aproximações, comparando 2005 (situação atual) com 2015 (médio prazo), temos: na bacia da Represa Billings a carga de DBO diminui em 68%, a carga de NT em 70% e a de PT em 70%, enquanto que no braço do Rio Grande a carga de DBO diminui em 33%, a carga de NT em 41% e a de PT em 32%.

**Tabela 7.3.7 Descarga estimada das sub-bacias (2005)**

Sub-bacia	Área (km <sup>2</sup> )	Carga de DBO		Carga de NT		Carga de PT		Descarga	
		(t/dia)	%	(t/dia)	%	(t/dia)	%	(m <sup>3</sup> /s)	%
A-1	21,0	4,9719	33,99	1,2156	32,12	0,1456	32,65	1,10	8,0
A-2	37,9	0,8591	5,87	0,2835	7,49	0,0273	6,12	1,73	12,5
A-3	20,5	0,0767	0,52	0,0308	0,81	0,0023	0,53	0,92	6,7
A-4	31,3	0,1024	0,70	0,0454	1,20	0,0035	0,79	1,41	10,2
A-5	29,5	0,0002	0,001	0,0022	0,06	0,0002	0,04	1,32	9,5
A-6	20,5	0,0180	0,12	0,0114	0,30	0,0009	0,20	0,92	6,6
A-7	9,5	0,0255	0,17	0,0104	0,28	0,0008	0,18	0,43	3,1
A-8	20,2	0,0001	0,00	0,0002	0,01	0,00001	0,002	0,90	6,5
A-9	38,8	0,0021	0,01	0,0029	0,08	0,0002	0,04	1,74	12,5
A-10	7,8	0,0705	0,48	0,0221	0,58	0,0017	0,37	0,36	2,6
A-11	12,7	0,2584	1,77	0,1018	2,69	0,0084	1,88	0,58	4,2
A-12	24,6	3,9811	27,22	1,0041	26,53	0,1293	28,98	1,24	8,9
A-13	13,3	1,5229	10,41	0,3935	10,40	0,0467	10,46	0,65	4,7
A-14	10,4	2,7393	18,73	0,6607	17,46	0,0792	17,75	0,55	4,0
<b>Sub-total</b>	<b>297,9</b>	<b>14,6</b>	<b>100,0</b>	<b>3,78</b>	<b>100,0</b>	<b>0,45</b>	<b>100,0</b>	<b>13,9</b>	<b>100,0</b>
B-1	15,8	0,1167	5,94	0,0446	5,44	0,0034	5,36	0,57	8,8
B-2	21,1	0,2563	13,05	0,1048	12,78	0,0080	12,61	0,76	11,8
B-3	74,9	0,1788	9,10	0,1082	13,20	0,0084	13,29	2,72	42,1
B-4	33,7	0,9152	46,60	0,3562	43,45	0,0272	42,81	1,27	19,7
B-5	10,8	0,0494	2,51	0,0205	2,50	0,0016	2,46	0,39	6,0
B-6	20,4	0,4477	22,79	0,1856	22,63	0,0149	23,48	0,75	11,6
<b>Sub-total</b>	<b>176,7</b>	<b>2,0</b>	<b>100,0</b>	<b>0,82</b>	<b>100,0</b>	<b>0,06</b>	<b>100,0</b>	<b>6,5</b>	<b>100,0</b>
<b>Total</b>	<b>474,6</b>	<b>16,6</b>		<b>4,60</b>		<b>0,51</b>		<b>20,3</b>	



**Figura 7.3.15 Carga escoada das micro-bacias**

(2) Estimativa da carga prevista que escoada de cada sub-bacia em médio prazo

A carga escoada prevista (DBO, NT, PT), lançada pelas sub-bacias na Represa Billings e no braço do Rio Grande em um projeto de médio prazo, foi estimada para o caso em que o sistema de esgoto não está implantado (Sem ETE) e para o caso em que o sistema de esgoto está implantado (Com ETE). O resultado é apresentado na **Tabela 7.3.8** e **Figura 7.3.16**. Ainda, se traçarmos em particular um gráfico com os dados da carga prevista por sub-bacia, obteremos a **Figura 7.3.17**.

Foi obtido, através de aproximações, que o volume de carga que deságua em ambos os reservatórios, até 2015 aumenta com fatores como o crescimento da população. Mas, com a conclusão de um sistema de esgoto, o mesmo diminui de forma notável a partir do ano

previsto para a conclusão do referido sistema.

Segundo estas aproximações, comparando 2005 (situação atual) com 2015 (médio prazo), temos: na bacia da Represa Billings, a carga de DBO diminui em 67%, a carga de NT em 69% e a de PT em 71%, enquanto que no braço do Rio Grande a carga de DBO diminui em 36%, a carga de NT em 45% e a de PT em 44%.

**Tabela 7.3.8(1) Descarga que escoa de cada micro bacia em médio prazo (DBO)**

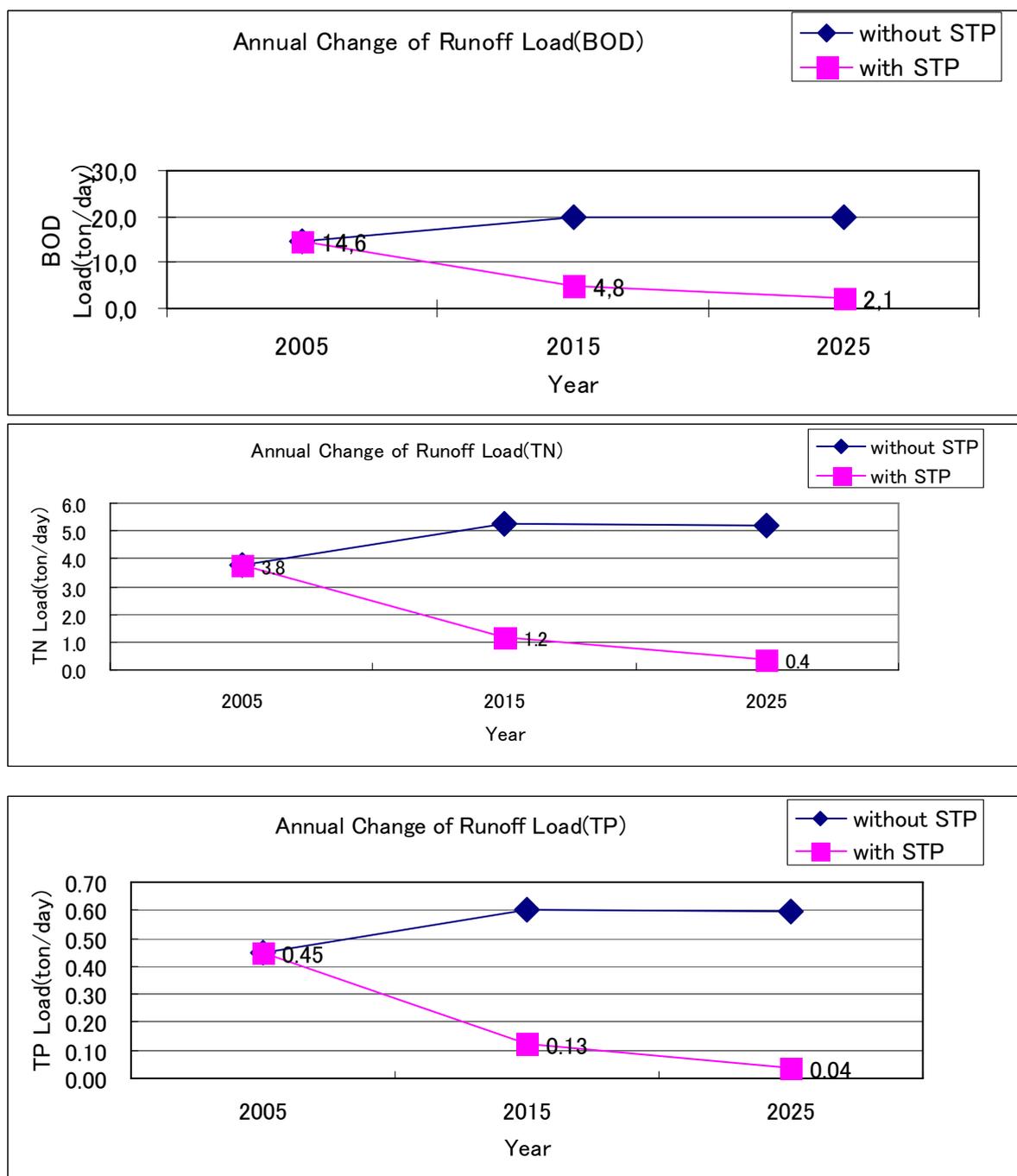
Bacia	Área da Bacia	Sem ETE			Com ETE	
		2005 (t/d)	2015 (t/d)	2025 (t/d)	2015 (t/d)	2025 (t/d)
A-1	20,98	4,97	6,76	6,52	1,69	0,58
A-2	37,86	0,86	1,22	1,18	0,35	0,14
A-3	20,52	0,08	0,11	0,03	0,11	0,03
A-4	31,32	0,10	0,14	0,04	0,14	0,04
A-5	29,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A-6	20,50	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
A-7	9,49	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
A-8	20,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A-9	38,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A-10	7,81	0,07	0,11	0,10	0,08	0,06
A-11	12,74	0,26	0,35	0,37	0,27	0,29
A-12	24,60	3,98	5,42	5,79	0,77	0,46
A-13	13,30	1,52	2,15	2,24	0,45	0,17
A-14	10,38	2,74	3,52	3,45	0,87	0,29
<b>Sub-total</b>	<b>297,90</b>	<b>14,63</b>	<b>19,83</b>	<b>19,77</b>	<b>4,78</b>	<b>2,09</b>
B-1	15,84	0,12	0,12	0,12	0,06	0,04
B-2	21,14	0,26	0,29	0,32	0,08	0,07
B-3	74,86	0,18	0,20	0,23	0,06	0,05
B-4	33,65	0,92	0,34	0,88	0,34	0,27
B-5	10,81	0,05	0,07	0,04	0,05	0,02
B-6	20,43	0,45	0,78	0,23	0,66	0,08
<b>Sub-total</b>	<b>176,73</b>	<b>1,96</b>	<b>1,81</b>	<b>1,82</b>	<b>1,26</b>	<b>0,53</b>

**Tabela 7.3.8(2) Descarga que escoo de cada sub-bacia em médio prazo (NT)**

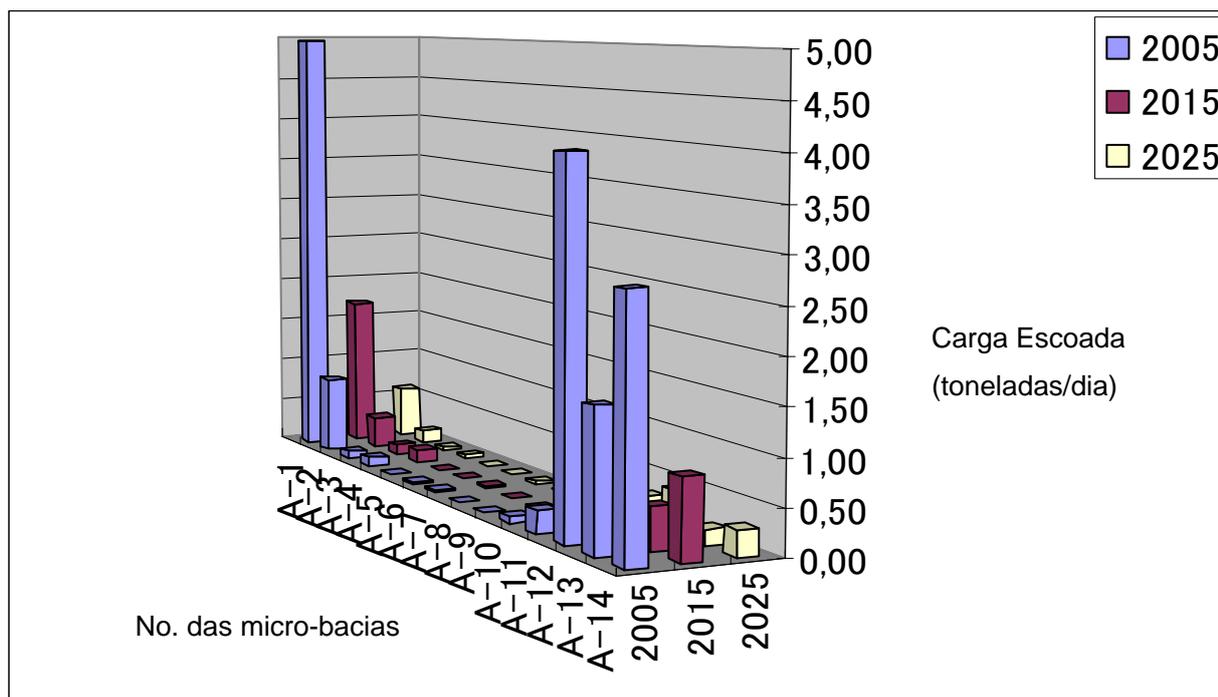
Bacia	Área da Bacia	Sem SPT			Com SPT	
		2005 (t/d)	2015 (t/d)	2025 (t/d)	2015 (t/d)	2025 (t/d)
A-1	20,98	1,22	1,68	1,62	0,36	0,07
A-2	37,86	0,28	0,41	0,40	0,10	0,02
A-3	20,52	0,03	0,05	0,01	0,05	0,01
A-4	31,32	0,05	0,07	0,01	0,07	0,01
A-5	29,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A-6	20,50	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
A-7	9,49	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
A-8	20,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A-9	38,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A-10	7,81	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02
A-11	12,74	0,10	0,14	0,15	0,11	0,11
A-12	24,60	1,00	1,39	1,50	0,14	0,06
A-13	13,30	0,39	0,57	0,59	0,10	0,02
A-14	10,38	0,66	0,86	0,84	0,19	0,04
<b>Sub-total</b>	<b>297,90</b>	<b>3,78</b>	<b>5,24</b>	<b>5,17</b>	<b>1,17</b>	<b>0,38</b>
B-1	15,84	0,04	0,04	0,05	0,02	0,01
B-2	21,14	0,10	0,12	0,14	0,02	0,01
B-3	74,86	0,11	0,13	0,15	0,02	0,01
B-4	33,65	0,36	0,08	0,33	0,08	0,05
B-5	10,81	0,02	0,03	0,02	0,02	0,00
B-6	20,43	0,19	0,34	0,08	0,28	0,02
<b>Sub-total</b>	<b>176,73</b>	<b>0,82</b>	<b>0,75</b>	<b>0,76</b>	<b>0,45</b>	<b>0,10</b>

**Tabela 7.3.8(3) Descarga que escoo de cada sub-bacia em médio prazo (PT)**

Bacia	Área da Bacia	Sem SPT			Com SPT	
		2005 (t/d)	2015 (t/d)	2025 (t/d)	2015 (t/d)	2025 (t/d)
A-1	20,98	0,146	0,201	0,194	0,044	0,009
A-2	37,86	0,027	0,040	0,038	0,010	0,002
A-3	20,52	0,002	0,004	0,000	0,004	0,000
A-4	31,32	0,004	0,005	0,001	0,005	0,001
A-5	29,48	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A-6	20,50	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
A-7	9,49	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
A-8	20,16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A-9	38,76	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A-10	7,81	0,002	0,003	0,003	0,002	0,001
A-11	12,74	0,008	0,012	0,012	0,009	0,009
A-12	24,60	0,129	0,162	0,174	0,016	0,006
A-13	13,30	0,047	0,067	0,070	0,012	0,003
A-14	10,38	0,079	0,104	0,102	0,023	0,005
<b>Sub-total</b>	<b>297,90</b>	<b>0,446</b>	<b>0,600</b>	<b>0,596</b>	<b>0,126</b>	<b>0,038</b>
B-1	15,84	0,003	0,003	0,004	0,001	0,001
B-2	21,14	0,008	0,009	0,011	0,001	0,001
B-3	74,86	0,008	0,010	0,012	0,002	0,001
B-4	33,65	0,027	0,006	0,026	0,006	0,003
B-5	10,81	0,002	0,002	0,001	0,002	0,000
B-6	20,43	0,015	0,027	0,007	0,023	0,001
<b>Sub-total</b>	<b>176,73</b>	<b>0,063</b>	<b>0,059</b>	<b>0,059</b>	<b>0,035</b>	<b>0,007</b>



**Figura 7.3.16 Estimativa da carga prevista que escoar de cada sub-bacia em médio prazo (DBO, NT e PT)**



**Figura 7.3.17 – Previsão de alteração anual da carga escoada (DBO) em cada micro-bacia com a execução das obras de implantação do sistema de esgotos**

## 7.4 Modelo de análise de poluentes na qualidade de água da Represa Billings

### 7.4.1 Resumo do modelo de análise de poluentes na qualidade de água da CETESB (ELCOM-CAEDYM)

#### 1) Introdução

O componente de modelagem matemática no projeto “Plano de Melhoramento Ambiental da Bacia da Represa Billings” tem por objetivo subsidiar a elaboração de um plano de recuperação dos reservatórios Billings e Rio Grande. Especificamente, a modelagem deverá produzir prognósticos de alterações da qualidade das águas em resposta a ações de saneamento promovidas na área de influência do Município de São Bernardo.

De modo a atender tal escopo adotou-se o modelo hidrodinâmico 3D ELCOM (CWR, 2004) e o modelo ecológico CAEDYM (CWR, 2004a) previamente selecionados no projeto “Modelo Matemático para as Bacias do Alto e Médio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo, Brasil” financiado pelo BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento.

Tal combinação de modelos é capaz de considerar as heterogeneidades horizontais e verticais dos sistemas em estudo e, particularmente para esta aplicação no projeto São Bernardo, propõe-se uma nova configuração dos modelos com a adoção de uma malha computacional larga possibilitando então a representação de tendências de longo prazo – condição necessária para as simulações previstas.

A continuidade dos trabalhos de modelagem com o ELCOM/CAEDYM e a realização de estudos complementares como vêm sendo conduzidos neste projeto também está de acordo com os objetivos propostos pelo BID de adoção e aprimoramento do estado-da-arte da tecnologia de modelagem numérica.

#### 2) Os Modelos Hidrodinâmico e Ecológico

O ELCOM-CAEDYM da CETESB é um modelo tridimensional de descarga e qualidade de água desenvolvido através de projeto do BID. O ELCOM-CAEDYM é um modelo tridimensional de dinâmica de fluídos e de qualidade de água que consiste na combinação de um modelo ELCOM (Modelo de Estuário, Lago e Costa Oceânica) e o modelo de qualidade de água CAEDYM (Modelo de Dinâmica Ecológica Computacional Aquática). (cf. **Figura 7.4.1**).

O modelo CAEDYM registra continuamente a densidade de variáveis de estado apropriadas

na coluna de água e precipitações, executando teste experimental relacionado a muitos sistemas ecológicos regulados pelo usuário. Esses sistemas ecológicos possuem as seguintes variáveis de estado: metais (ferro, manganês, alumínio), nutrientes (carbono, nitrogênio, fósforo, silício), qualidade de água (cor, opacidade, bactérias, oxigênio dissolvido, pH, material patogênico), hidrobiologia (plâncton vegetal, plâncton animal, peixes) e organismos bênticos (plantas aquáticas de grande porte, algas gigantes, animais invertebrados). É um modelo tridimensional de reservatórios de água, em formato combinado de dinâmica de fluídos, qualidade de água e eutrofização. O modelo ELCOM-CAEDYM, assim como o MIKE3, considera simultaneamente às variáveis de estado a influência da vazão na superfície e a temperatura da água, funcionando nos sistemas operacionais PC, LINUX, UNIX e APPLE.

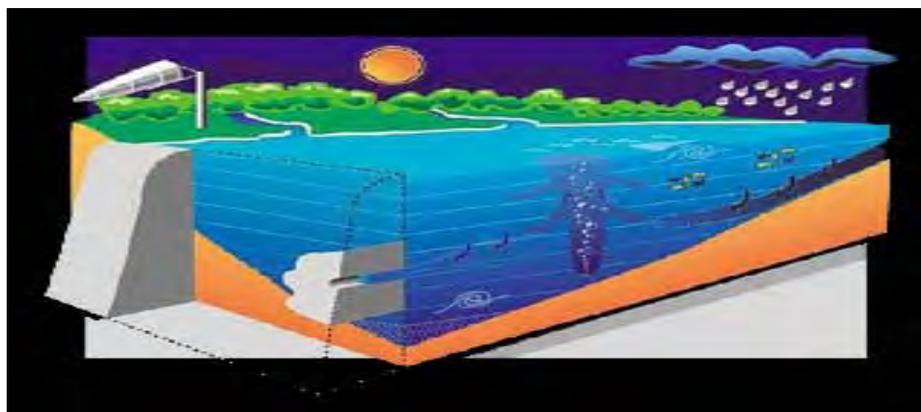
O ELCOM-CAEDYM foi desenvolvido na década de 1990 pelo Dr. Jorg Imberger do Centro de Pesquisas Oceânicas da Universidade Western Australia, um dos três maiores centros de pesquisas oceânicas do mundo, contando atualmente com 700 usuários em 50 países. Embora o ELCOM-CAEDYM possua as mesmas funções que o MIKE3 do DHI e DELFT3D do Delft, o Centro de Pesquisas Oceânicas da Universidade Western Australia o fornece gratuitamente.

Ao contrário dos modelos MIKE3 e DELFT3D que implicam custos de Organizações e Métodos altíssimos, o ELCOM-CAEDYM tem como vantagem os custos baixíssimos de manutenção e controle.

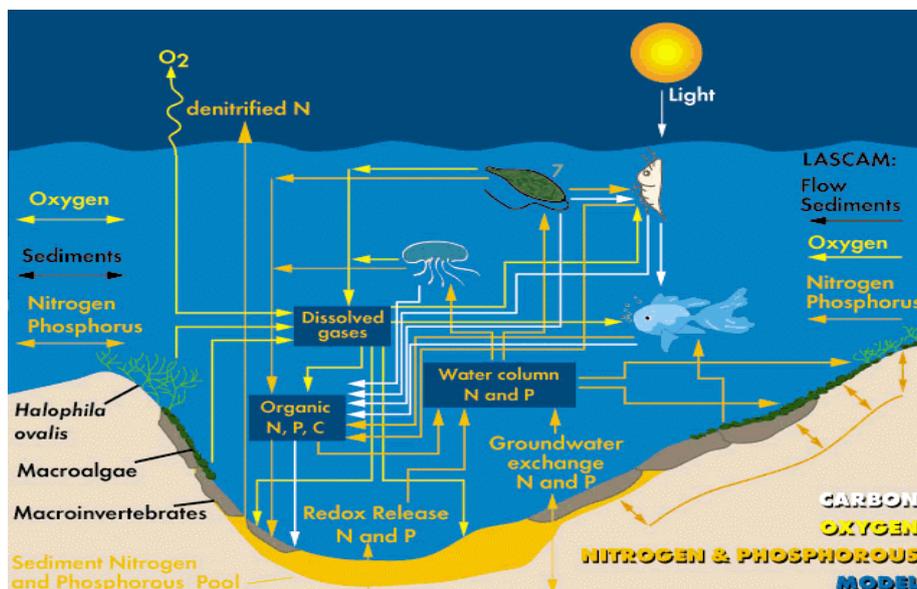
Ordenamos abaixo as características do modelo:

- a) **Tridimensionalidade: Modelo capaz de apreender as grandes variações da** qualidade da água da Represa Billings vertical e horizontalmente e as variações tridimensionais na dinâmica de fluídos.
- b) **Dinâmica :** O modelo é capaz de expressar influências de circunstâncias transitórias como o bombeamento de água do rio Pinheiros para a Represa Billings.
- c) **Formato de Processo :** O estabelecimento de variáveis relacionadas à qualidade da água e hidrosfera ecológica no modelo não é, por várias razões, baseado na experiência, mas toma o formato de processo. Isso se deve ao seguinte: Não há registros suficientes de valores de medição para corrigir o modelo experimental. O modelo é utilizado para prever a melhor estratégia de controle fora do âmbito de correção da base de dados existente.
- d) **Software gratuito :** Aliado ao fato de o modelo poder ser obtido como *software* gratuito, comparado a seus principais competidores (MIKE3, DELFT3D, SMS) o

ELCOM-CAEDYM possui o recorde mundial nos últimos cinco anos de publicações de artigos em revistas de forte influência em hidráulica e qualidade de água.



ELCOM (Modelo de hidrodinâmica em 3D)



CAEDYM (Modelo de Qualidade de Água)

**Figura 7.4.1 Modelo ELCOM-CAEDYM**

### 3) Explicação detalhada do ELCOM e do CAEDYM

#### a) ELCOM – Estuary, Lake and Coastal Ocean Model

O ELCOM é um modelo hidrodinâmico tridimensional usado na previsão da distribuição de velocidades, temperaturas e densidade em lagos e reservatórios estratificados sujeitos a fatores ambientais externos, tais como cisalhamento dos ventos, aquecimento e resfriamento da superfície.

Este modelo tem como finalidade viabilizar os estudos de modelagem de sistemas aquáticos em escalas temporais que compreendem desde horas até meses, embora o limite de aplicabilidade dependa do tamanho da malha e dos recursos computacionais disponíveis. Ele é adequado para estudos comparativos de padrões de circulação de verão e de inverno, de eventos de cheia e seca, ou dispersão de poluentes sob diversos regimes de fluxos, por exemplo. O modelo pode ser executado separadamente em estudos hidrodinâmicos ou pode ser conjugado com outros modelos de qualidade de água nas simulações de processos biológicos e químicos.

O ELCOM foi desenvolvido dando grande ênfase à simulação de lagos e reservatórios e, por esta razão, inclui diversas técnicas que geralmente não são encontradas em modelos tridimensionais desenvolvidos para aplicação em estuários e costas marinhas.

As simulações de lagos estratificados são particularmente desafiadoras devido à presença de estratificações de densidade bem menores que em águas costeiras e à necessidade de resolução de processos em escalas espaciais e temporais muito pequenas, requerendo assim extrema capacidade de resolução e acuracidade do modelo hidrodinâmico. No caso do modelo hidrodinâmico servir de base para simulações de qualidade de água, ainda é necessária uma cuidadosa representação da camada superficial de mistura uma vez que a espessura desta em ambientes de água doce é da mesma ordem que a espessura da zona eufótica, onde ocorre o crescimento das algas.

O ELCOM foi desenvolvido para atender a essas necessidades e testado para reproduzi-las juntamente com outros processos sutis incluindo uma detalhada termodinâmica de superfície, a evolução de intrusões formadas pelas vazões afluentes, ondas e fluxos verticais internos, os quais são pobremente modelados ou mesmo suprimidos em vários modelos originalmente desenvolvidos para estuários e águas costeiras. Além disso, a difusão numérica em alguns outros modelos pode significativamente exceder a representação destes processos físicos com conseqüentes erros na simulação dos fluxos verticais da estratificação da densidade em ambientes lacustres.

Para garantir a precisão da simulação da hidrodinâmica de lagos e reservatórios, o modelo ELCOM inclui as seguintes características: esquema numérico conservativo para o transporte escalar, sofisticada camada de mistura pelo vento, condições de contorno contínuas, inserção de afluentes e representação da cunha formada pelas vazões afluentes, além de sofisticada termodinâmica de superfície (incluindo estabilidade atmosférica). Para a aplicação em reservatórios longos, estreitos e com curvatura larga, foi desenvolvido um novo sistema de coordenadas curvilíneas com a solução baseada em uma perturbação radial da equação de

Navier-Stokes. Este é um esquema mais simples e mais eficiente do que outros esquemas curvilíneos convencionais e supera os problemas causados pela relação comprimento/largura elevada que geralmente caracterizam estes sistemas. O modelo inclui também um método para reduzir os efeitos adversos da difusão numérica, permitindo tanto a simulação de eventos de curta duração como simulações estendidas aos períodos sazonais.

O ELCOM foi desenvolvido pelo Centre for Water Research, University of Western Australia, reconhecido mundialmente como um dos líderes nas áreas de mecânica de fluidos aplicada à solução de problemas ambientais. Em constante evolução à medida que resultados das mais recentes pesquisas científicas são incorporadas ao código.

#### 4) Calibragem Modelo de Qualidade da Água da Represa Billings da CETESB

Utiliza-se o modelo de descargas tridimensionais (ELCOM), projetado para ter as seguintes funções operacionais:

- a) Reversão para a Represa Billings da água do rio Pinheiros, através de bombeamento
- b) Transferência para o reservatório de água de Guarapiranga das águas da Represa Billings em Taquacetuba.
- c) Transferência de água da Represa Billings para o reservatório de água de Rio das Pedras.
- d) Estabelece-se dentro do modelo como fonte de água o ponto mostrado por valor numérico da região da sub-bacia

O modelo utiliza conjuntamente o CAEDYM, que serve para executar testes experimentais relacionados às características bioquímicas dos reservatórios de água. O ponto importante no processo de validação foi colocado na transferência da qualidade da água para o ponto de coleta Taquacetuba, onde a qualidade da água é deteriorada próximo à represa Pedreiras (a causa é o bombeamento de água do rio Pinheiros). O modelo tem tempo de ciclo de 360 segundos (6 minutos), índice de tempo real/funcionamento de 120 (Intel P4 3GHz) necessitam-se 24 horas (1.0 dia) como tempo de simulação em 120 dias (4 meses).

#### 5) Resultado da Verificação

Os **Figuras 7.4.2 e 7.4.3** são exemplos de tela de monitor que se utilizou do modelo ELCOM-CAEDYM para a Represa Billings (de 01/11/2002 a 28/02/2003).

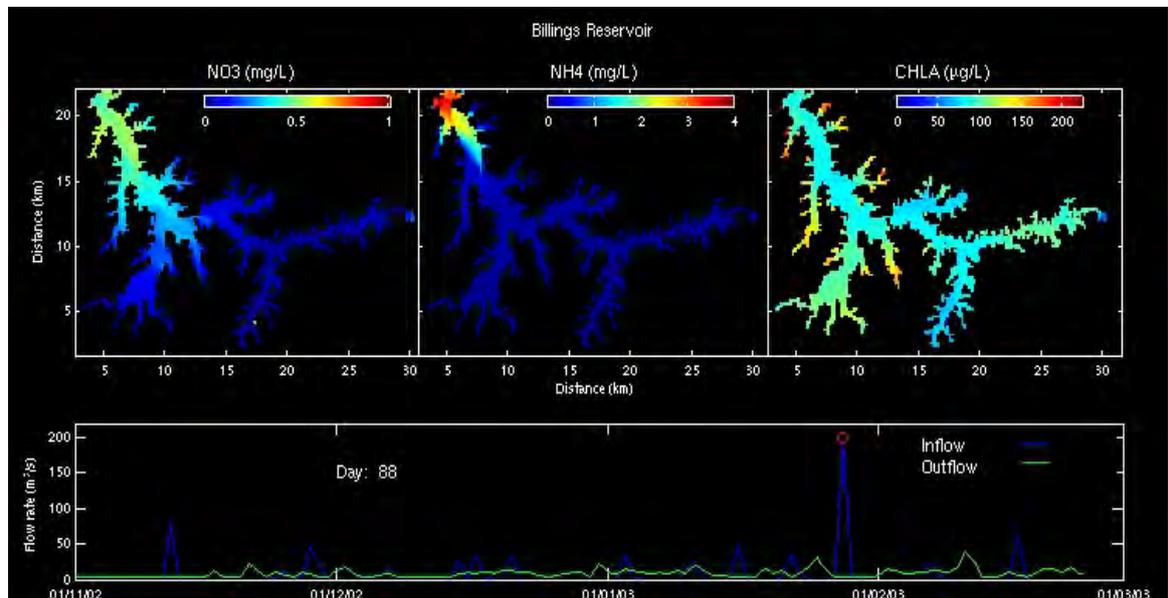
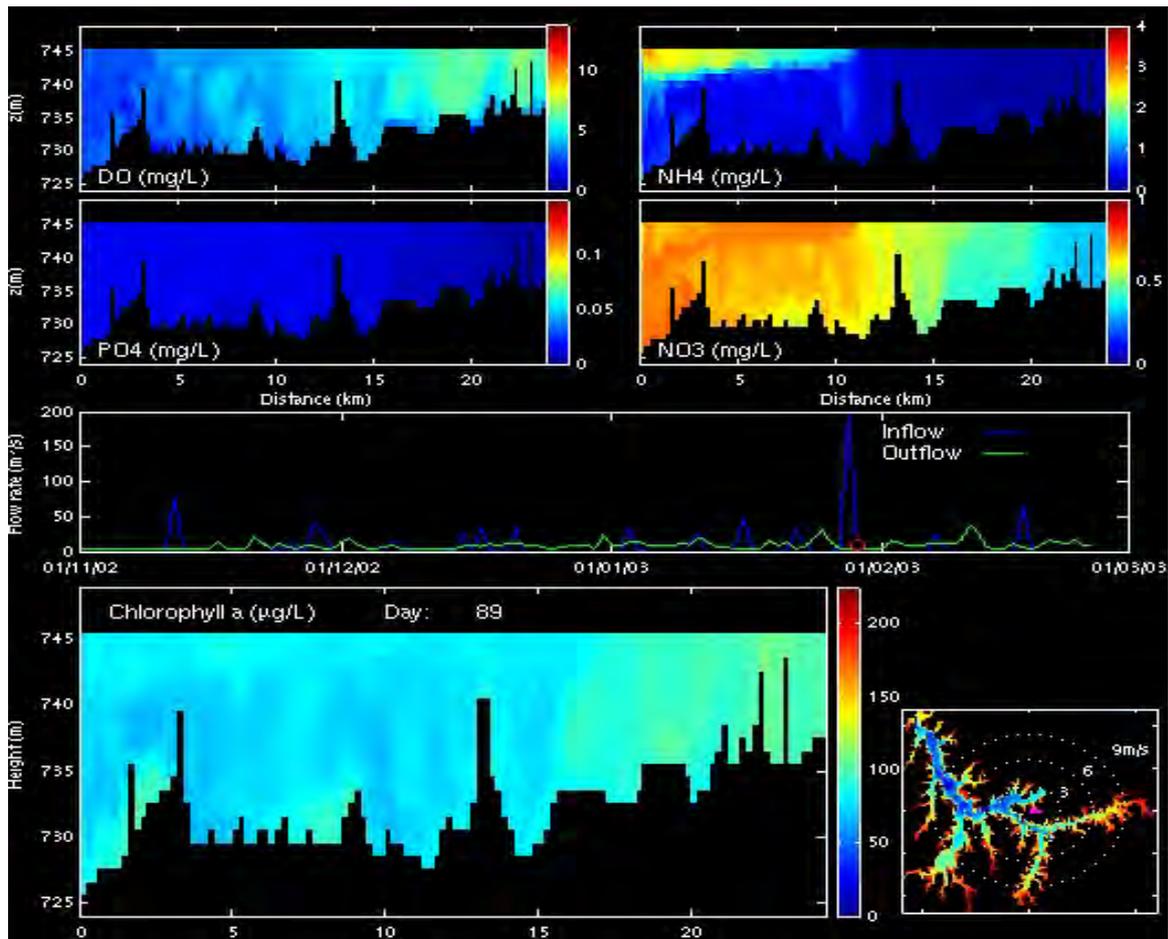
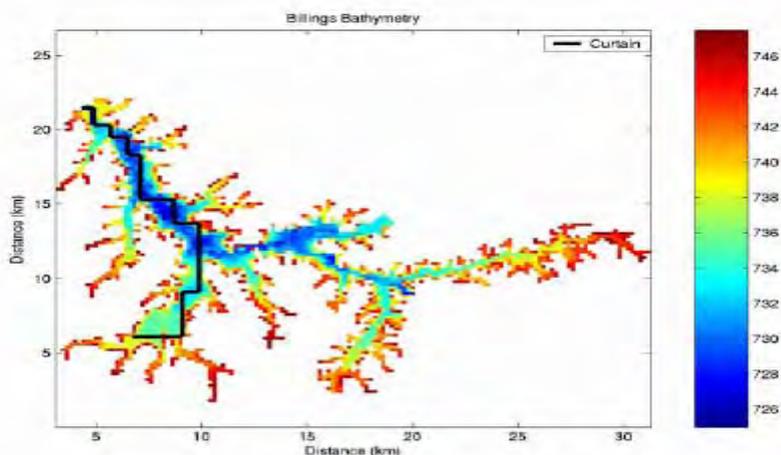


Figura 7.4.2 Monitor de adequação do ELCOM-CAEDYM à Represa Billings



**Figura 7.4.3 Resultado de Simulação através do modelo ELCOM-CAEDYM para a Represa Billings**

(A parte seccionada compreende desde a represa Pedreira até o ponto de coleta de Taquacetuba)

#### 7.4.2 Limites do Modelo da Represa Billings de propriedade da CETESB

Conforme mencionado acima, o estabelecimento de variáveis relacionadas à qualidade de água e hidrosfera ecológica dentro do modelo de propriedade da CETESB, pelas várias razões abaixo, não se baseia em experiência, mas, ao contrário, no tipo de processo. Além disso, não se trata de previsões de fenômenos de qualidade de água de longo prazo para reconstituir fenômenos de curto prazo. Também com a finalidade de estabelecer modelos definitivos de fenômenos de curto prazo, é necessário reunir e verificar os seguintes dados:

- a) As pesquisas realizadas até o momento na Represa Billings pela CETESB e SABESP foram pesquisas de alterações de qualidade de água horizontalmente, sendo o modelo elaborado com base nesses dados. Portanto, as mudanças de dinâmica de fluídos tridimensionais e as alterações da qualidade da água verticalmente foram expressas com base em hipóteses.
- b) No que se refere à análise de poluentes da qualidade da água da Represa Billings, considera-se fator relevante a carga de poluentes que afluem ao lago e a descarga de sedimentos acumulados no fundo do lago. Esses dois valores entram como valores estimados, havendo na realidade necessidade de verificação sobre a fonte de dados próximos.
- c) Este é um modelo de curto prazo, sendo difícil prever a qualidade da água no longo prazo. Portanto, é difícil avaliar os efeitos de melhoria da qualidade da água através

de políticas. Além disso, é difícil analisar cenários prováveis.

Por ocasião da apresentação do relatório final do BID denominado Estudo sobre Modelo Matemático para as Bacias do Alto e Médio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo, Brasil, (R-6), foi apontado o seguinte com relação ao modelo matemático da Represa Billings, de acordo com o Relatório Técnico de Avaliação ATN/JC-7607-BR Contrato No. 4103/0, Análise dos Relatórios R3, R4 e R5 do Projeto BID/CETESB de Modelo para as Bacias do Alto e Médio Tietê, elaborado e apresentado em 26.08.2005 aos custodiantes pela CETESB.

- d) As densidades de PT em regiões próximas à represa Pedreira da Represa Billings combinam. A análise do Modelo de Carga mostrou que a contribuição de PT nesta região é elevada. A contribuição de substâncias sedimentárias é generalizada nessa área e os sedimentos não são considerados.
- e) Para determinar a correlação entre DBO e DQO, entre carbono solúvel e carbono insolúvel, é necessário reunir informações sobre bibliografia pertinente ao assunto.
- f) Com relação às condições limites, não é considerado o bombeamento (vazão) introduzido na Represa Billings a partir do braço do Rio Grande. Também não é considerada a água tratada das estações de tratamento do Riacho Grande e outras.
- g) A simulação da Represa Billings demonstrou influências de curto prazo entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003, não tendo sido efetuada simulação de mudanças sazonais. Além disso, há necessidade de se executar essa simulação para um período mais longo.
- h) Como indicador de alterações do modelo está sendo usada a Clorofila-a, mas nem a CETESB nem a SABESP fornecem dados. Portanto, há necessidade de englobar esses dados. No modelo estima-se que a Clorofila-a esteja excedendo tanto para PO4 quanto para PT no ponto BL106.
- i) É necessário analisar também de que forma o carbono se altera, no caso em que o bombeamento de água da represa Pedreira seja de 50m<sup>3</sup>/s.
- j) Deve-se realizar coleta de dados e pesquisa sobre a relação entre qualidade e carga da água do rio Pinheiros que entra na Represa Billings. Deve-se analisar o volume representativo de água bombeada e, como prazo, as estações seca e chuvosa.
- k) Para analisar os cenários, na elaboração do modelo de longo prazo da Represa Billings, os dados coletados pela CETESB entre outubro de 1992 e outubro de 1993 serviram para ser utilizados em condições limites.

- 1) É necessário aperfeiçoar o modelo de qualidade da água, em particular com a finalidade de poder verificar nitrogênio, fósforo, Clorofila-a e grupos de algas.

### 7.4.3 Os Reservatórios

A descrição dos reservatórios Billings e Rio Grande, assim como suas múltiplas finalidades e importância para a Região Metropolitana de São Paulo são apresentadas no Relatório Inicial deste projeto (Junho, 2005).

Do ponto de vista ecológico, os reservatórios Billings e Rio Grande apresentam um acentuado processo de eutrofização como resultado de grandes aportes de carga pela bacia hidrográfica e dos bombeamentos das águas do Rio Pinheiros – constante no passado e apenas esporádico nas últimas décadas (permitido somente quando do controle de cheias na cidade de São Paulo). Devido a tais cargas, hoje tanto a Represa Billings como o reservatório do Rio Grande apresentam sérios problemas de qualidade de água (i.e. florescimentos algais, anoxia, toxicidade) agravados por uma crescente ocupação da bacia hidrográfica e grande acúmulo de compostos nos sedimentos desses corpos de água.

O monitoramento de qualidade de água regularmente conduzido pela CETESB – agência ambiental do Estado de São Paulo, mostra essa tendência assim como evidencia a heterogeneidade horizontal devido à conformação dendrítica de ambos reservatórios (CETESB, 2005).

Recente experimento intensivo de limnologia conduzido pela Universidade Federal de São Carlos e a CETESB confirma a heterogeneidade horizontal na Represa Billings e demonstra a ocorrência de gradientes verticais igualmente importantes. Os detalhes estão no **Material Anexo A7.4.2.**

### 7.4.4 Melhoria do modelo de análise de poluentes da qualidade de água da represa Billings

#### (1) Política de ação

Na presente pesquisa, recomenda-se avançar nas tarefas seguintes para melhorar o modelo de análise de poluentes da qualidade da água da Represa Billings. Verificar-se-á o modelo através de análise comparativa dos dados de medição efetiva e dos valores calculados do modelo obtidos por esta pesquisa. Ademais, com relação ao equilíbrio de substâncias do lago, efetuar-se-á simulação do modelo, esclarecendo o mecanismo da poluição.

- 1) O modelo atual de fenômenos de curto prazo será aperfeiçoado para um modelo de longo prazo capaz de avaliar cenários e políticas futuras.
- 2) O modelo atual de fenômenos de curto prazo será aperfeiçoado para um modelo de fenômenos de precisão mais elevada. Para tanto, será realizada pesquisa sobre os itens abaixo:
  - a) Depreender a carga afluyente de água fluvial e água de tratamento de esgotos. Com relação à água fluvial e água de tratamento de esgotos que afluem para a Represa Billings, executa-se análise de qualidade da água e vazão nos 20 locais do rio que podem ser considerados como a principal fonte de carga e água de tratamento de esgoto, por 4 vezes, sendo 2 vezes na estação seca e 2 vezes na estação de chuvas (cerca de uma vez por mês no modelo do rio). Para aumentar a precisão do volume de carga de afluxo introduz-se um eletrocinetógrafo geo-magnético, procurando depreender a vazão correta.
  - b) Compreender a situação real de fluxo no lago. Em particular, o istmo sob a passagem da Imigrantes que supõe-se ter grande variação de corrente da Represa Billings. Pesquisa das alterações diárias e semanais na velocidade de fluxo será realizada através de Perfilador Doppler-Acústico de Corrente (“ADCP”).
  - c) A partir do sedimento no fundo do lago depreende-se e avalia-se a carga de eluição. Sabe-se que a carga de eluição dos sedimentos, como produção interna dos brejos, corresponde a um grande percentual da carga total do lago. Por isso, na Represa Billings, é importante depreendermos a carga de eluição a partir dos sedimentos do fundo da Represa Billings, com a finalidade de elucidar a estrutura dos poluentes. No caso do lago Kasumigaura, segundo maior do Japão, calcula-se que a carga de eluição de sedimentos do DQO seja equivalente a 56% da carga total do DQO. Por esse motivo, nesta pesquisa, executou-se o teste de carga de eluição e calculou-se a carga de eluição. Coletou-se material sedimentar em um total de 5 pontos, executando-se eluição em ambiente interno.
  - d) Além da horizontalidade das águas do lago, depreende-se a dispersão da qualidade da água na verticalidade. Com relação aos reservatórios Billings e Rio Grande, além da horizontalidade, efetuou-se análise de qualidade da água em um total de 9 locais de análise de qualidade da água, para depreender a dispersão da qualidade da água também em sua verticalidade.
  - e) Para identificar a matéria orgânica dissolvida (MOD), supostamente de dissolução

complexa, introduziu-se como índice de matéria orgânica o composto orgânico total (COT), que possui capacidade de aditividade. Há relatos que a MOD possui grande influência sobre a reprodução de plâncton vegetal e formação de sementes, havendo perigo que o aumento da densidade da MOD de dissolução complexa exerça influência sobre o sistema ecológico dos brejos da represa. Além disso, sabe-se que a MOD, ao se combinar com substâncias químicas nocivas, como metais pesados ou defensivos agrícolas, etc., provoca solubilidade, havendo perigo de um aumento na densidade da MOD provocar processo de fluidez das substâncias químicas nocivas na represa. A MOD é uma matéria gerada pela esterilização de trihalometano, de caráter cancerígeno, durante o processo de esterilização por cloro de tratamento de água solúvel, e seu aumento eleva os riscos à saúde. Por isso, para identificar a MOD de dissolução complexa, utiliza-se o novo indicador COT (carbono orgânico total), que é o indicador de carbono orgânico de equilíbrio de matérias, analisando toda a qualidade de água da represa e águas fluviais, assim como pesquisa de sedimentos do fundo da represa.

## **(2) Configuração dos Modelos**

De modo simplificado, a configuração dos modelos matemáticos consiste na discretização e calibração do sistema envolvendo, então, uma série grande de atividades como levantamentos batimétricos, experimentos de campo e obtenção de dados secundários (i.e. vazões, níveis de água, direção e velocidade do vento, temperatura e umidade do ar, radiação atmosférica, e diversas variáveis de qualidade de água e sedimentos).

Como exposto na introdução, será dada ênfase na modelagem à geração de prognósticos de longo período e, portanto, é dada atenção especial aos levantamentos do aporte de cargas da bacia hidrográfica, à determinação de carga interna de nutrientes no sistema e, finalmente, à compatibilização da resolução especial exigida para descrição dos processos ecológicos nos reservatórios com o esforço computacional.

Complementando o conjunto de informações regularmente obtidas pelo monitoramento de qualidade de água da CETESB, diversas campanhas de qualidade de água estão sendo realizadas tanto nos principais tributários como nos reservatórios de modo a permitir uma adequada calibração dos modelos de aporte de cargas e qualidade de água nos reservatórios.

Uma vez que o levantamento batimétrico da Represa Billings e a série de dados do experimento intensivo de hidrodinâmica (dados cedidos pelo Dr. Angelo Saggio, Universidade Federal de São Carlos) já estavam disponíveis procedeu-se com a

configuração dos modelos ELCOM e CAEDYM para a Represa Billings, descrita a seguir.

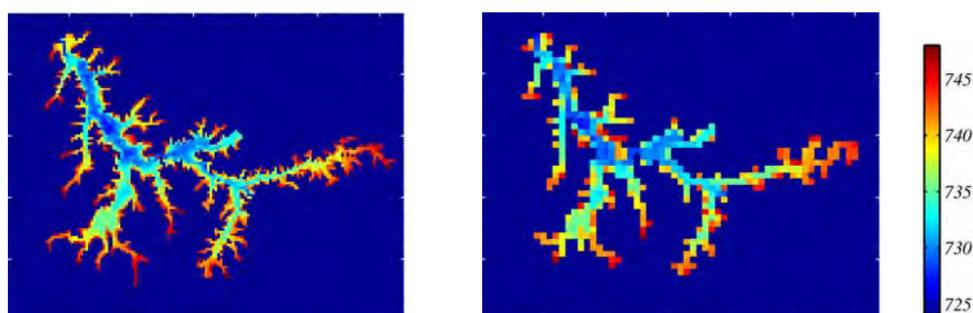
#### <Represa Billings>

Levantamentos batimétricos da EMAE (campanhas de 1985/1986), diversas imagens de satélite da década de 90, um recente levantamento na área de Pedreira (EMAE, campanhas 2003) constituem a base de informações para a discretização da Represa Billings. Os levantamentos da EMAE disponíveis em uma série de 26 mapas (escala 1:5000) foram então digitalizados desde a cota mínima até o *maximum maximorum* do reservatório, enquanto que entre as imagens de satélite disponíveis, 5 com melhor sinal foram selecionadas, segmentadas e classificadas para extração das linhas de contorno dos reservatório cobrindo elevações de 739.77 a 745.79 metros.

Todas as informações batimétricas obtidas foram compatibilizadas para a referência do IBGE e incorporadas no GIS GRASS. Diversas grades foram geradas e testadas utilizando-se a rotina *s.surf.tst* – interpolação e análise topográfica por meio de superfícies spline com tensão variável (Mitasova H. e Hofierka J., 1993).

As grades de melhor resolução horizontal mostraram-se inadequadas para a simulação de grandes períodos – por exemplo, simulações de 10 anos com a grade de 200×200 metros (adotada no projeto do BID) implicava em um tempo de processamento superior a 29 dias em um Intel Pentium 4 de 3GHz. As grades computacionais com células maiores, por sua vez, resultavam em perda acentuada de acuracidade para a representação do estreitamento do reservatório sob a ponte da rodovia dos Imigrantes – a boa representação dessa obstrução é bastante importante para a reprodução dos gradientes entre o corpo central e o compartimento da Billings a jusante da ponte (**Figura 7.4.4**).

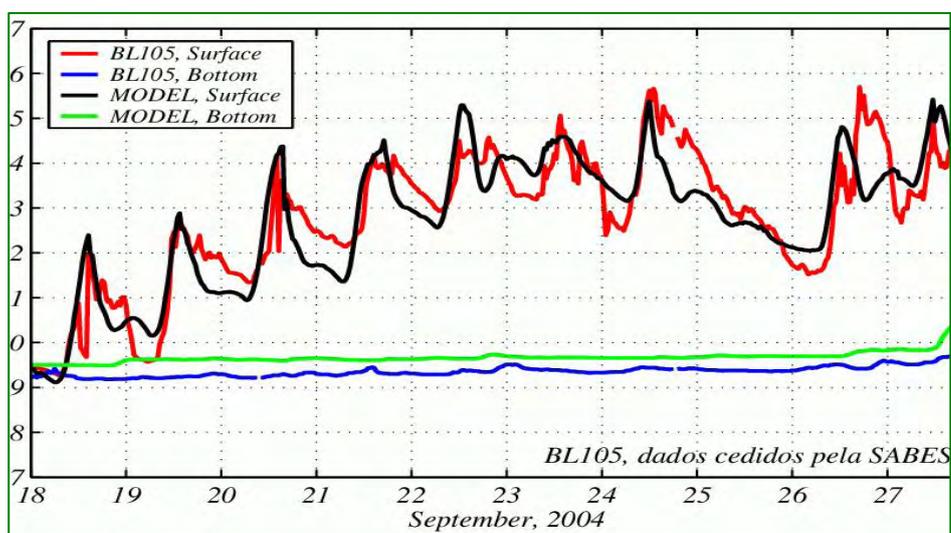
Utilizando-se a capacidade adicional dos modelos ELCOM/CAEDYM de operar com grade variável, chegou-se a uma configuração ótima pela adoção de uma grade com resolução vertical de 1 metro e horizontal de 500×500 metros, com uma sub-grade de 125 metros junto à região da ponte da rodovia dos Imigrantes (**Figura 7.4.4**). Esta configuração possibilita a simulação de cenários de 10 anos em tempo computacional inferior a 2 dias!

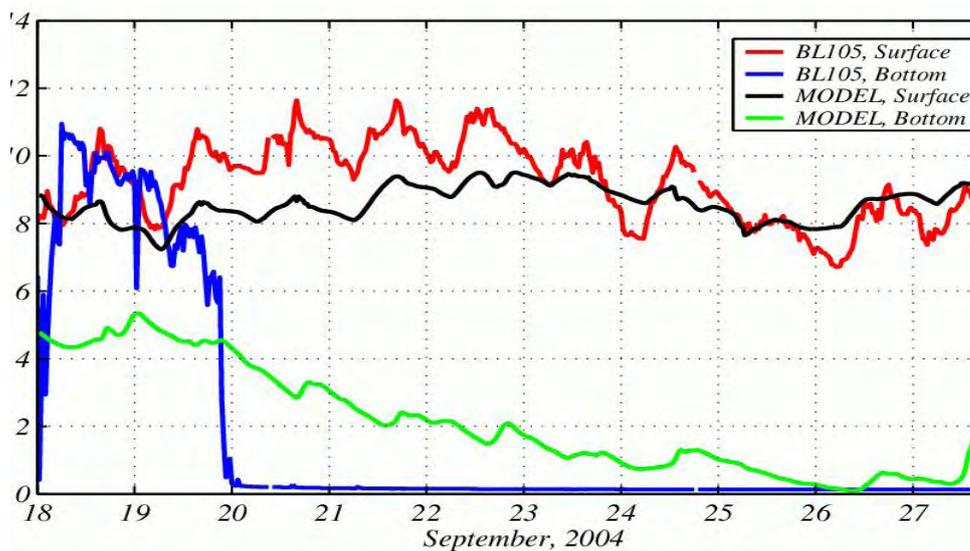


### Figura 7.4.4 Representação de malhas computacionais da Represa Billings

O painel da esquerda mostra a malha 200×200 metros adotada no projeto BID enquanto a malha adota no corrente projeto está no painel da direita – resolução de 500×500 metros com aumento de resolução para 125 metros junto à região da rodovia dos Imigrantes. As simulações com a malha 200×200 metros apresentam maior nível de detalhes e é mais adequada a representação de efeitos localizados. A malha 500×500 metros com sub-grade foi otimizada para a simulação de longos períodos, mas ainda reproduzindo os efeitos horizontal mais determinantes.

Visando verificar-se a capacidade do modelo configurado com a nova malha computacional na representação da dinâmica da Represa Billings, foram conduzidas simulações para o mês de Setembro de 2004. Durante este período a UFSCar manteve uma estação meteorológica completa junto ao reservatório, assim como procedeu com campanhas intensivas de registro da estrutura térmica enquanto a CETESB e SABESP realizavam medidas de qualidade de água. A **Figura 7.4.5** mostra os resultados das simulações com a nova malha computacional e os registros de uma bóia automática da SABESP instalada junto à tomada de água no braço do Taquacetuba. As simulações de temperatura da água mostram excelente concordância na representação das escalas diárias e horárias ao longo dos registros, destacando-se que no início das simulações o reservatório estava homogêneo e ao longo do período desenvolveu um estratificação no braço do Taquacetuba. As simulações de oxigênio dissolvido também representam a dinâmica local havendo ainda grande possibilidade de aprimoramento do modelo de qualidade de água assim que os novos dados para calibração ficarem disponíveis – especialmente os dados de sedimento que já mostraram-se limitantes quando das simulações no projeto do BID.





**Figura 7.4.5 Comparação dos resultados do modelo e a bóia automática da SABESP**

Comparação dos resultados do modelo e a bóia automática da SABESP instalada no braço do Taquacetuba, próxima à tomada de água para transferência para o reservatório do Guarapiranga. O painel superior mostra os resultados para temperatura da água e o painel inferior para oxigênio dissolvido. Foi utilizada a nova malha(500×500 metros com sub-grade) e os coeficientes de calibração obtidos durante o projeto BID.

Como mostrado acima, a discretização adotada é capaz de boa representação da compartimentalização e principais gradientes no reservatório, ao mesmo tempo que possibilita a simulação de cenários de longo prazo - como definido no escopo deste trabalho. Com os novos dados de qualidade de água, aprimorado modelo de aporte de carga, melhores coeficientes de demanda bentônica e liberação de nutrientes dos sedimentos espera-se alcançar resultados ainda melhores na calibração do modelo de qualidade de água e, conseqüentemente, a simulação de cenários mais realistas..

(Referências)

- CETESB, 2005. **Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – Série Relatórios, 2004**. Companhia de Saneamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente.
- CWR, 2004. **Estuary and Lake Computer Model, ELCOM – v2.1 User Manual**. Centre for Water Research, The University of Western Australia. 82p.
- CWR, 2004a. **Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Mode, CAEDYM – v2.1 User Manual**. Centre for Water Research, The University of Western Australia. 62p.
- Rio C. M., 2003. **Modelagem da Circulação de um Reservatório Tropical Polimítico**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil.

- Mitasova H. & Hofierka J., 1993. Interpolation by Regularized Spline with Tension: II. Application to Terrain Modeling and Surface Geometry Analysis. **Mathematical Geology** 25: 657-667

### **(3) Configuração dos modelos hidrodinâmico e de qualidade de água**

Desde Agosto 2005 até Janeiro de 2006 diversas campanhas de campo foram realizadas nos reservatórios Billings e Rio Grande, e o conjunto de dados de qualidade de água gerado constituiu a base para a atualização do modelo de aporte de matéria orgânica e nutrientes da Billings e configuração desse mesmo modelo para o reservatório do Rio Grande. Estas novas estimativas de carga, por sua vez, vêm permitindo o refinamento da calibração dos modelos de qualidade de água em ambos reservatórios.

Apesar da calibração ser uma atividade em andamento devido (i) ao fato das análises de campo terem sido concluídas somente em Fevereiro e (ii) o aprimoramento do modelo necessitar da discussão com especialistas de diversas áreas através de reuniões regulares promovidas pela CETESB, já é possível adiantar os progressos alcançados e algumas simulações preliminares de longo período.

#### **1) Reservatório Billings**

Como um novo levantamento batimétrico foi realizado pela EMAE em 2005, uma atualização da discretização do reservatório foi realizada. Esta atualização resultou em diferenças mínimas na grade computacional uma vez que este setup envolve células computacionais largas para permitir longos períodos de simulação. Visando trabalhar na atual configuração com os dados mais recentes, a grade computacional e as simulações foram atualizadas.

Significativos avanços na configuração do modelo de qualidade de água foram alcançados através da análise dos (i) fluxos entre as variáveis do modelo (e.g. nitrificação, excreção das algas, contribuição das várias espécies de carbono na consumo de oxigênio) e (ii) das variáveis de controle de processos (e.g. fator limitante ao crescimento de cada grupo de algas). A atualização dos coeficientes do modelo não produziram grandes mudanças nas simulações de curto período, porém foram essenciais nas simulações plurianuais quando o equilíbrio interno dos processos é determinante.

Quanto ao fitoplâncton, a configuração adotada no projeto CETESB/BID foi primariamente focada na concentração total de clorofila sendo então as variações de composição de comunidade pouco exploradas na época devido à escassez de dados. Na atual recalibração foi dada maior ênfase à representação das alterações sazonais da comunidade com o modelo

agora descrevendo as oscilações nas concentrações de cianobactérias, clorofíceas e diatomáceas. Estes avanços na representação da dinâmica do fitoplâncton foram considerados durante o último encontro realizado na CETESB (24 Fevereiro, 2006) bastante importantes para as simulações de longo prazo, sendo que um refinamento ainda é previsto através de discussões com especialistas da área.

Como discutido no último relatório, a nova configuração para a Billings é bastante eficiente computacionalmente e as primeiras simulações de longo período já foram realizadas. Como exemplo são apresentadas nas Material Anexo A7.4.3 séries temporais de perfis de diversas variáveis na posição BL101 – encontro do Taquacetuba com o corpo principal da Billings. Estes resultados ilustram os balanços mais equilibrados na série do carbono como também uma sazonalidade nas concentrações do fitoplâncton. As condições de contorno hidráulicas e meteorológicas nessa simulação têm como ano de referência 2002, então repetido gerando uma série sintética de 10 anos. A tendência geral de deterioração da qualidade de água neste exemplo é em parte devido ao fato de 2002 ter sido um ano seco. A futura geração de séries sintéticas para a simulação de cenários será feita através do modelo de cargas, com o qual não somente a probabilidade de um ano seco ou úmido poderá ser explorada como também estas condições estarão associadas a diferentes cenários de aporte de nutrientes e matéria orgânica (i.e. aumento da população, tratamento de efluentes).

Para a discussão dos cenários, saídas gráficas com séries temporais em locais específicos podem ser combinadas com retratos de camadas horizontais como mostrado na **Figura 7.4.6**, que exemplifica a evolução de um traçador numérico na Billings após alguns eventos de bombeamento das águas poluídas do rio Pinheiros para o reservatório.

Os coeficientes calibrados do modelo são apresentados na Material Anexo A7.4.4 e o significado de cada parâmetro pode ser encontrado no “CAEDYM Science Manual” e “CAEDYM User's Manual”, ambos incluídos em anexo.

## **2) Reservatório do Rio Grande**

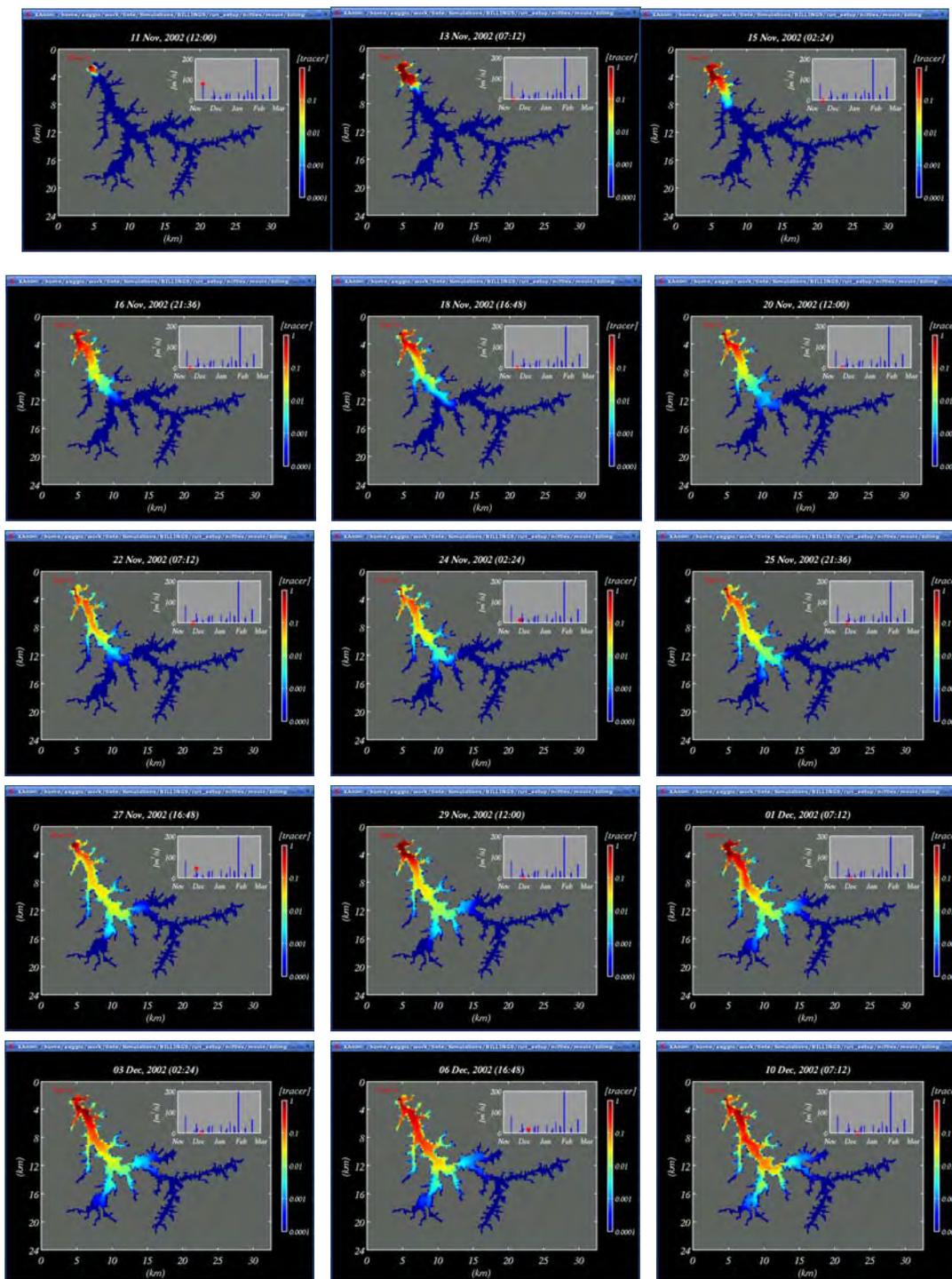
O reservatório do Rio Grande, braço isolado da Billings, sofre problemas similares de qualidade de água com os altos aportes pelos principais tributários e frequentes florescimentos de cianobactérias. Obviamente, devido à barragem que o isola do corpo da Billings, o reservatório do Rio Grande não fica exposto às contribuições do rio Pinheiros quando de intensos eventos de chuva na região de São Paulo.

O levantamento batimétrico realizado no último mês de Janeiro (descrito na seção #), complementado pelos dados da EMAE, constituiu a base para a geração da grade computacional adotada. Como uma extensão da Billings, o reservatório do Rio grande

apresenta similares características morfométricas – particularmente um corpo principal com fundo plano.

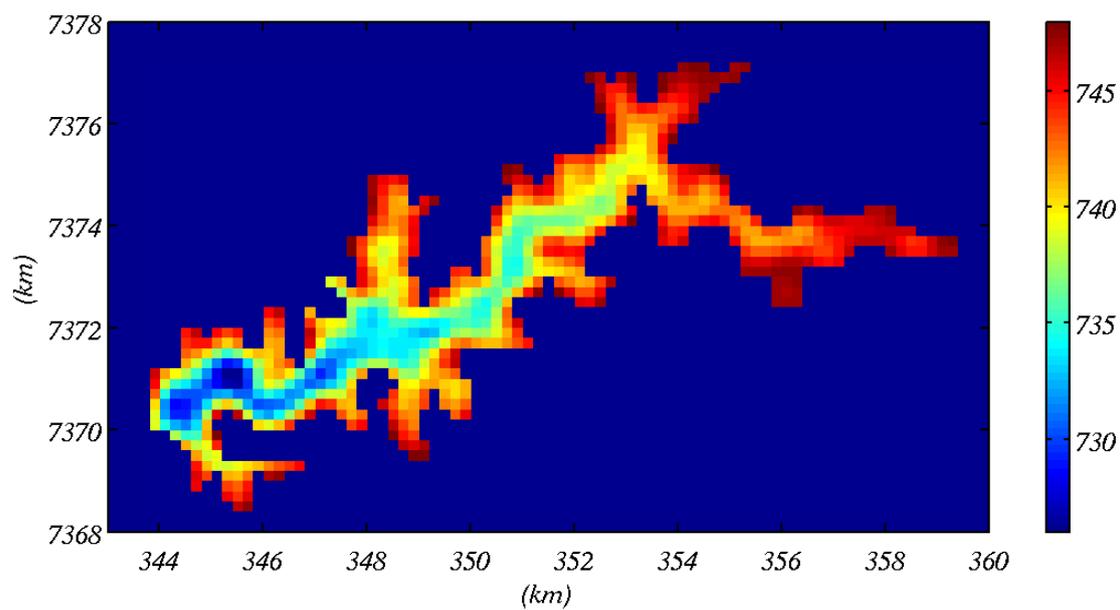
Utilizando as mesmas técnicas de interpolação adotadas na configuração da Billings, Rio Grande foi discretizado em uma malha de 200×200 metros na horizontal com camadas de 1 metro de altura. A grade computacional resultante (**Figura 7.4.7**) apresenta resolução de detalhes suficiente para a simulação de eventos curtos – como o setup original da Billings no projeto CETESB/BID, como também permite a simulação de longos períodos. O setup adotado para o Rio Grande permite a simulação de períodos de 10 anos em apenas 48 horas com passo de integração de 450 segundos em um Pentium 4HT 3GHz.

Como o Rio Grande pode ser considerado uma extensão da Billings, e está inserido em uma região com características semelhantes, foram adotados os mesmos coeficientes no modelo de qualidade de água. Entretanto, uma verificação apropriada do modelo ainda não foi possível uma vez que informações sobre quantidades, datas e locais de aplicação de agentes de controle de algas no reservatório ainda não puderam ser obtidas – atualmente a SABESP está sistematizando essas informações para a utilização na modelagem. Esta situação porém não constitui um problema sério para as previstas simulações de longos períodos uma vez que a aplicação de agentes de controle de algas não está entre as estratégias de longo prazo previstas para o reservatório do Rio Grande.



**Figura 7.4.6** Imagens de uma animação de computador ilustrando a evolução de um traçador ao longo da Represa Billings

Este tipo de saída gráfica pode ser gerada para qualquer variável do modelo e utilizada na avaliação de cenários no que se refere aos impactos locais de cada estratégia de manejo.



**Figura 7.4.7** Discretização do Braço do Rio Grande em células horizontais de 200x200 metros

## **8 PESQUISA DA SOCIEDADE E DE OPINIÃO DOS RESIDENTES DA BACIA**

### **8.1 Objetivo de Pesquisa**

Propõe-se a pesquisa de opinião pública com residentes locais, com relação ao serviço de água e esgoto prestado às residências e aos estabelecimentos locais variados (indústrias, comércio, agroindústria, etc.), bem como sobre as instalações sanitárias, nível de utilização, nível de consciência acerca do ambiente, de higiene e da preservação da qualidade da água da represa Billings. Essa pesquisa tem por objetivo tomar conhecimento dos seguintes pontos:

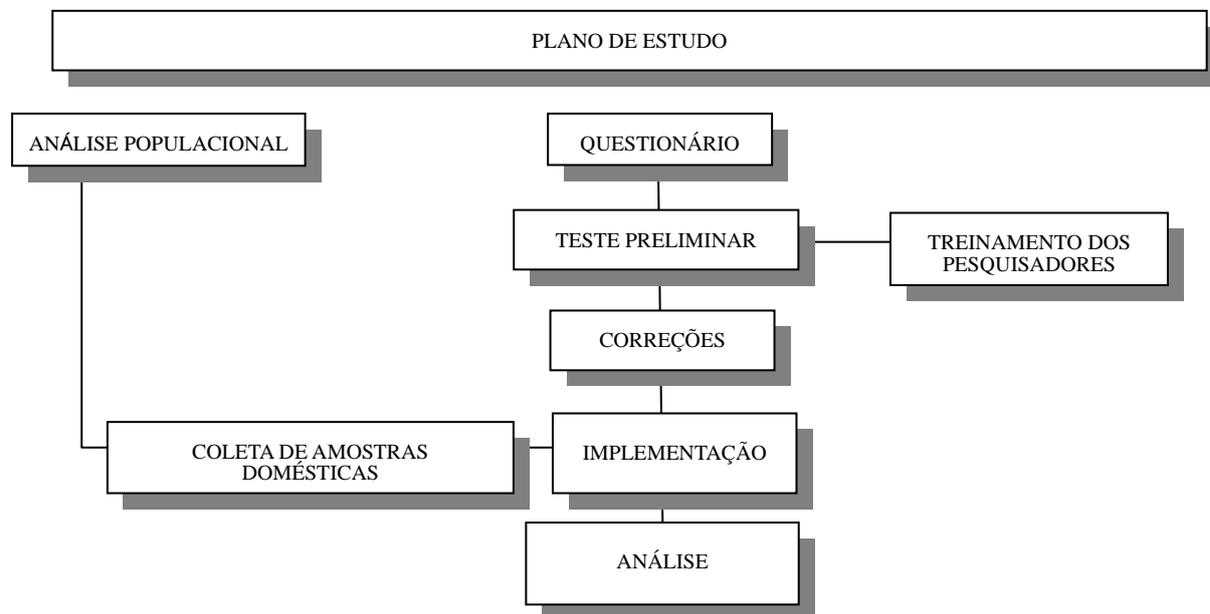
- Do ambiente de vida e situação sanitária dos residentes na localidade e dos estabelecimentos (comerciais, agrícolas, agroindustriais, etc.), através da situação de cobertura, uso e aproveitamento dos serviços de saneamento básico e de instalações sanitárias.
- Do nível de renda dos residentes e estabelecimentos locais, suas possibilidades de pagamentos das tarifas (pelos serviços prestados). Utilizar esses dados para a posterior definição das tarifas de água e esgoto.
- Das expectativas dos residentes e dos estabelecimentos locais, sobre as instalações do sistema de água e esgoto, estado de higiene, melhoria das instalações e etc.
- Do nível de consciência dos residentes e dos estabelecimentos locais, com relação à poluição da represa Billings e suas experiências de participação em alguma campanha de despoluição e avaliar o nível de consciência da população local acerca da intenção de participação e expectativa na melhoria da qualidade da água da represa Billings.
- Usar o conteúdo dessa pesquisa, como referência para realização das reuniões de "stakeholder" e formulação de materiais para educação ambiental.

### **8.2 Metodologia de Pesquisa**

Afim de se assegurar sobre a exatidão das respostas, e de se obter índices desejados de respostas, foi adotada a metodologia de entrevistas individuais, através de visitas domiciliares e a estabelecimentos, feitas por pesquisadores, para preencher questionários e ouvir depoimentos. Uma Consultoria local, CONCREMAT Engenharia e Tecnologia S.A., que tem experiência de pesquisa similar por entrevista, e conhecimento da situação social da bacia da represa Billings, foi contratada para realização da presente pesquisa.

### 8.2.1 Procedimento de Pesquisa

Esta pesquisa foi executada conforme o seguinte procedimento:



**Figura 8.2.1 Procedimento para Pesquisa de Sociedade e Opinião dos Residentes da Bacia**

### 8.2.2 Número de Amostras e Método de Distribuição

O Total do número de famílias e/ou estabelecimentos a serem ouvidos, através de questionário, foi decidido, pela Equipe de Estudo da JICA, de acordo com Termo de Referência da JICA, como sendo, 430 famílias e 120 estabelecimentos, totalizando 550 amostragem.

O método de distribuição desse número na Bacia Hidrográfica da Billings, abrangendo parcialmente 6 (seis) municípios, como São Bernardo do Campo, Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André e São Paulo (Capital do Estado São Paulo), foi estudado preliminarmente pela Equipe de Estudo da JICA, e apresentado à Contrapartida do Estudo, Prefeitura do Município de São Bernardo do Campo.

Após discussão, relacionada aos método de distribuição, considerações relativas aos aspectos específicos da população, inclusão de grupo de domicílio de ocupações irregulares e outros procedimentos detalhados, estes assuntos foram resolvidos e concluídos bilateralmente, junto com a entidade responsável, mencionada acima, o Coordenador do Contrapartida do Estudo da JICA e o Departamento de Informações Geopolíticas e Econômicas, da Secretaria de Planejamento e Tecnologia da Informação.

A distribuição do número da amostragem por município, dividido em domicílios e estabelecimentos, juntamente com número populacional estimado no ano 1996, são apresentados na **Tabela 8.2.2**.

**Tabela 8.2.2 Número de População (estimativa do ano de 1996) e da Amostragem das Famílias (Domicílio) e Estabelecimento Empresa), por Município, para Pesquisa.**

Nº	Nome de Município	População 1996 na Bacia	Número de Amostragem		Características da região da Bacia do Município
			Número de Domicílio	Número de Estabelecimento	
1	São Bernardo do Campo	188,181	200	50	Ele ocupa quase 22% de população da Bacia, e sua característica, na região norte da Represa, é de ambiente urbano, e na região sul da , é ambiente misto (urbano e rural).
2	São Paulo	468,041	130	30	Ele ocupa quase 54% de população da Bacia, e sua característica, na região norte, é de ambiente urbano, e na região sul da Represa, é de ambiente misto (urbano e rural).
3	Diadema	59,804	35	10	Ele ocupa quase 7% de população da Bacia, e sua Característica, na região, é de ambiente urbano.
4	Santo André	25,283	20	10	Ele ocupa quase 3% de população da Bacia, e sua característica na região, é quase ambiente rural.
5	Rio Grande da Serra	34,225	20	10	Ele ocupa quase 4% de população da Bacia, e sua característica na região é quase ambiente rural e uma parte muito pequena é de ambiente urbano.
6	Ribeirão Pires	86,470	25	10	Ele ocupa quase 10% de população da Bacia, e sua característica, na região, é quase ambiente rural e, na parte baixa da região, é de ambiente urbano.
	Total	863,004	430	120	

### 8.3 Execução da Pesquisa por Entrevista e Área de Abrangência

#### 8.3.1 Equipe da Pesquisa, Treinamento e Trabalho de Campo

A equipe desta Pesquisa Social foi composta por profissionais, na sua maioria, com longa experiência em pesquisas dessa natureza, com formação na área de ciências humanas -psicologia, sociologia e etc. tendo sido também incorporados dois universitários. A equipe era assim constituída: 1 (um) Coordenador, 1 (um) Supervisor de campo/escritório e 14 (catorze) turmas de entrevistadores, montadas pela CONCREMAT.

Equipe que passou por processo de treinamento, no qual se discutiu os objetivos da pesquisa

e se fez treinamento específico sobre os questionário a serem aplicados.

Os trabalhos de campo foram acompanhados “in loco”, durante todo o processo, pelo Supervisor de campo/escritório, como forma de apoio e aferição do trabalho, sanando eventuais dúvidas geradas pelas peculiaridades das áreas abrangidas.

### **8.3.2 Execução de Pesquisa por Entrevista**

Baseando-se no número de amostragem por Município (apresentado na **Tabela 8.3.1**), levantada a representatividade populacional de cada município na Bacia, o processo de amostragem se desenhou a partir de:

- Número de bairros dos Municípios componentes da Bacia
- Seleção dos bairros, com maior concentração populacional na Bacia, conforme taxa de urbanização do município segundo sua localização geográfica, nas margens do Reservatório Billings, garantindo-se a representatividade de cada margem habitada em termos geográficos.
- Seleção de, no mínimo, 50% dos bairros/vilas mais populosos, segundo localização geográfica, para composição da amostras.
- Identificação das áreas de concentração de população - ruas, e/ou aglomerados (loteamento irregulares e subnormais), grandes/médias empresas situadas nos bairros/vilas amostrados, e outras condições das representatividades.
- Sorteio, aleatório, das ruas e aglomerados de cada bairro, estabelecimento proporcional de cotas de unidades amostrais de residências e de empresas, para cada rua ou conglomerado;
- Formatação da amostra de empresas, constituída pelo sorteio aleatório de grandes empresas situadas no bairro/vila amostrado e pelas pequenas e médias situadas nas ruas e aglomerados populacionais, também sorteados.

**Tabela 8.3.1 Número de Amostragem por Município Bairros Vilas e Aglomerados**

Nome de Município	Divisão de Grupo	Nome dos Bairros Vilas e Aglomerados	Número de Amostragem	
			Residência	Empresa
<b>São Bernardo do Campo</b>	Grupo 1	Botujurú / Dos Casa / Batistini / Alvarenga	166	48
	Grupo 2	Riacho Grande / Dos Finco / Varginha	27	2
	Grupo 3	Tatetos	7	0
<b>Santo André</b>	Grupo 1	Jd. Riviera / Chác. Recreio da Borda do Campo	10	6
	Grupo 2	Pq. Represa Billings / Jd. Clube de Campo	10	4
<b>Diadema</b>	Grupo 1	Vila Helas / Jd. Elen	8	5
	Grupo 2	Eldorado / Sapopema / Eldorado	13	5
	Grupo 3	Praia Vermelha / Jd. Elite	8	0
<b>São Paulo / Cidade Dutra</b>	Grupo 1	Jd. Graúna / Jd. Maria Rita / Jd Orion / Jd Rio Bonito	25	9
<b>São Paulo / Grajaú</b>	Grupo 2			
	Sub grupo 2.1	Jd. Castro Alves / Pq. Grajaú /	24	1
	Sub grupo 2.2	Conj. Habit. Faria Lima / Jd. Xangri-lá / Pq. Resid. Cocaia / Jd. Mariza	39	4
<b>São Paulo / Pedreira</b>	Grupo 3			
	Sub grupo 3.1	Balneário São Francisco / Pq. Primavera	25	5
	Sub grupo 3.2	Chácara Sete Praias / Praia Leblon	17	2
<b>Ribeirão Pires</b>	Grupo 1	Balneário Palmira / Caçula	5	2
	Grupo 2	Pq. Do Governador	15	6
	Grupo 3	Sítio do Francês / V. Suíça	15	2
<b>Rio Grande da Sarra</b>	Grupo 1	Centro	17	9
	Grupo 2	Oásis Paulista	3	1
<b>Total</b>			430	120

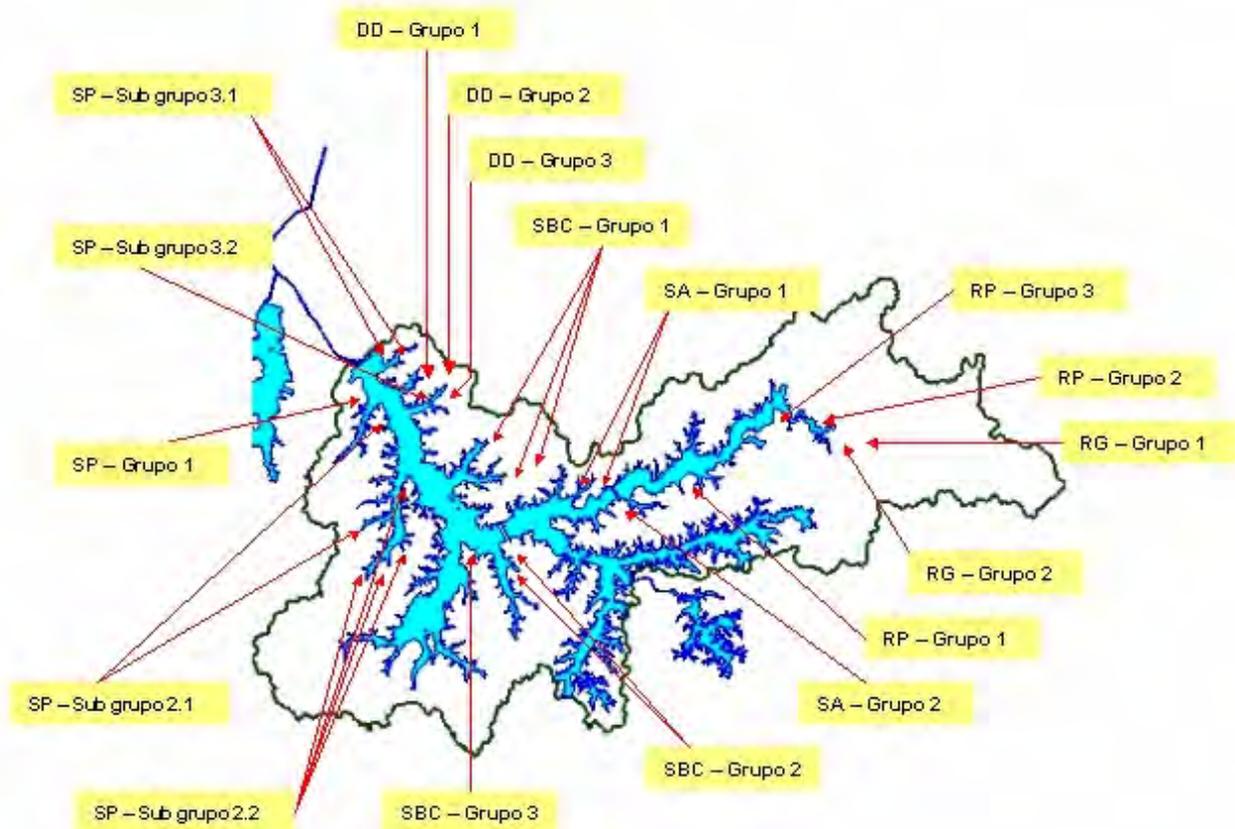


Figura 8.3.1 Represa Billings – Distribuição da Amostragem

### 8.3.3 Conteúdo da Pesquisa

#### (1) Gerais

##### Relação Morador e ou Empresa com a Represa Billings

- Valores sobre Meio Ambiente e Poluição
- Condições de Saneamento Básico na área, residência ou empresa: Água, Esgoto e Lixo incluindo políticas de Reciclagem de Lixo
- Níveis de Conhecimento sobre a Poluição da Represa Billings
- Identificação de Problemas e Necessidades decorrentes da Poluição da Represa Billings em: saúde pública, qualidade de vida dos moradores e funcionários; atividades das empresas.
- Expectativas, participação e engajamento num Programa de Despoluição da Represa Billings

#### (2) Específicas

##### (a) Moradores - Perfil Socioeconômico do Morador através de:

- Nível sócio-econômico
- Constituição familiar
- Condições de Moradia
- Identificação de Lideranças Locais
- Identificação de participação real ou potencial em ações comunitárias

##### (b) Empresas

- Classificação das empresas por ramo de atividade, porte, número de funcionários
- Identificação de tipos de resíduos líquidos e sólidos gerados e tipo de tratamento
- Relação da Empresa com a Comunidade: Atividades reais ou potenciais de responsabilidade social da empresa junto a comunidade.

### 8.3.4 Materiais de Pesquisa

Objetivando evitar alguns atritos com moradores e/ou empresários, e obter respostas sem confusões das pessoas entrevistadas, os seguintes instrumentos foram preparados e são apresentados no Material Anexo.

(1) Carta de apresentação de pesquisa, por entrevista, pela Equipe de Estudo da JICA

(2) Dois tipos de questionários

- RES: Questionário para moradores
- EMP: Questionário para empresas

## 8.4 Principais Resultados

### 8.4.1 Principais Resultados-Residentes da Bacia

(1) Perfil da População Residente na Bacia da Billings – Residentes Pesquisados

População residente na Bacia da Billings, compreendendo parte da área geográfica dos municípios de São Bernardo, Santo André, Diadema, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, que integram a chamada região do ABCD na Grande São Paulo e do município de São Paulo capital, nos sub-distritos de Pedreira, Cidade Dutra e Grajaú - zona sul do município.

Através dos entrevistados, foram classificados todos os moradores dos 430 domicílios amostrados, abrangendo 1.734 residentes, e perfil da população residente na Bacia são;

- População de Nível Sócio-Econômico Baixo
- Baixa escolaridade (não superior a 4 anos de estudos)
- Com ocupação manual especializada ou ocupações de rotina no comércio e serviços

1) Classificação socioeconômica das Famílias

Para a caracterização sócio-econômica, utilizou-se o Critério de Classificação Sócio-Econômica Brasil da ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa, que define a população em classes econômicas, aferindo seu poder de compra e sua escolaridade, a partir do responsável pela família (aquele que é definido como tal pelo entrevistado). O critério permite dividir uma população em 07 categorias, com certa aproximação com classes sociais.(o Critério de Classificação detalhado é apresentado no RELATÓRIO AUXILIAR)

Baseando-se no Critério de Classificação Sócio-Econômica Brasil da ABEP, o nível sócio-econômico da população da Bacia é bastante baixo:

- 71,2% pertencem à classe econômica C - D
- 46,7% - classe C
- 24,4% - classe D

24% das famílias pertencem a classe econômica B, com grande concentração no seu

segmento mais baixo (B2 ). 4,4% pertencem a classe econômica A, predominando o seu segmento mais baixo (A2).

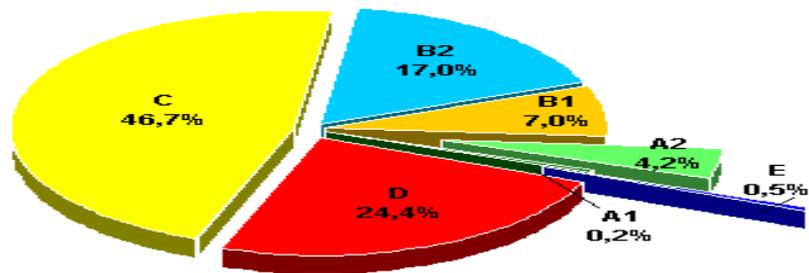
Há ainda 0,5% de classe econômica E, localizada em São Paulo.

A distribuição das classes econômicas encontradas está bastante próxima de indicadores existentes para a Grande São Paulo, apresentando entretanto diferencial na maior concentração da classe econômica C (71,1%)

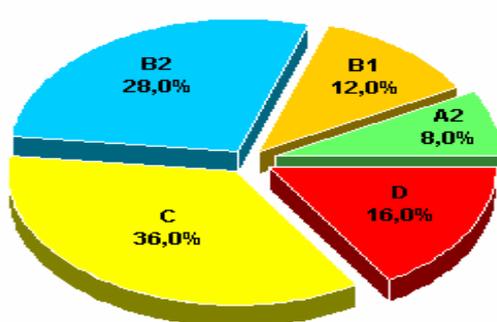
Dentre os 06 municípios abrangidos, usando-se o critério econômico como possível indicador de pauperização da população (classe C e D) da Bacia, temos a seguinte classificação, pela ordem, a partir do nível sócio-econômico mais baixo:

- 1º Rio Grande da Serra :90.0%
- 2º Santo André :85.0%
- 3º São Paulo :74.7%
- 4º São Bernardo :70.5%
- 5º Ribeirão Pires :57.1%
- 6º Diadema :52.0%

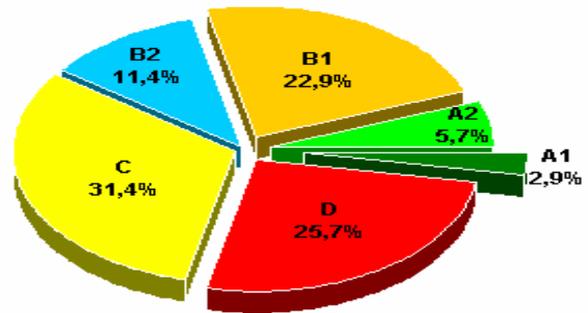
A classificação Sócio-Econômica detalhada da Bacia, por 06 municípios está apresentada no **Gráfico 8.4.1**.



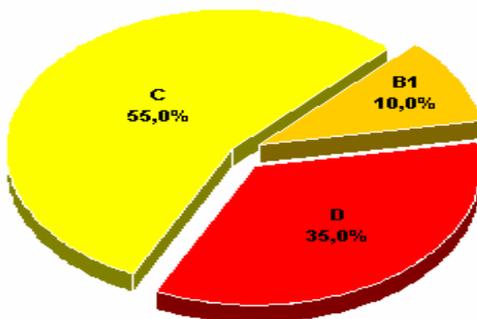
Classe Econômica das Famílias - Geral



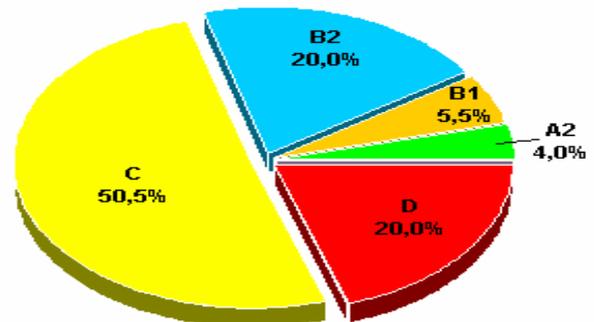
Diadema



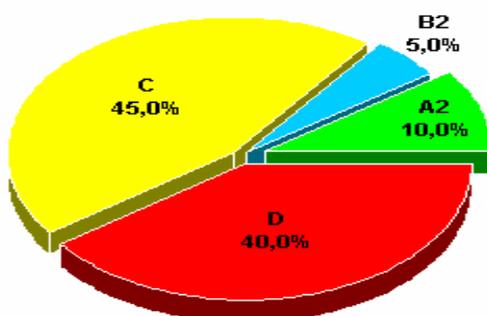
Ribeirão Pires



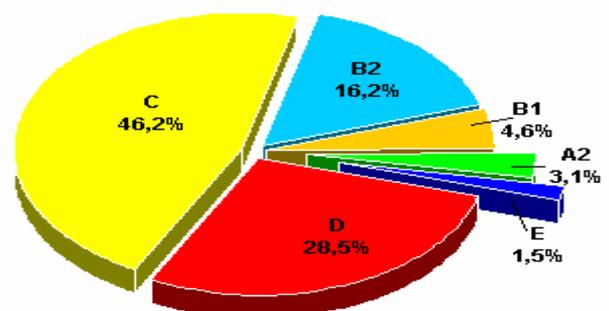
Santo André



São Bernardo do Campo



Rio Grande da Serra



São Paulo

Grafico 8.4.1 Classificação Sócio-econômica das Famílias, por Município e na Bacia

## 2) Domicílio

Nos Domicílios situados na Bacia, grande parte (73.5%) do Domicílio é tipo Moradia individual - Casa Própria, produto de autoconstrução, com sucessivas ampliações da moradia original, com 5 a 6 cômodos, com 2 ou 3 quartos e banheiro interno - que abriga em média 04 residentes. Entretanto, há 26,5% de habitações coletivas constituídas por duas e até seis edificações geminadas, num mesmo terreno e entrada e ou nos fundos de uma casa principal (casas num mesmo quintal) com infra-estrutura de serviços de luz, água e esgoto única, originando uma só conta de cada serviço, dividida entre as moradias. A habitação coletiva existe em proporção menor nos municípios de Santo André e Ribeirão Pires.

São, na sua maioria, casas próprias, construídas pelos próprios moradores, em pequenos terrenos, destas somente 2,0% são atualmente financiadas, sendo localizadas nos municípios de São Bernardo e São Paulo.

### a) Posse do Domicílio

Não se identificou as condições de posse do terreno / lote. Na Bacia da Billings, independentemente do município analisado, há predominância de loteamentos irregulares na sua origem e invasões consolidadas em favelas, parte delas posteriormente urbanizadas, mantendo a antiga estrutura física de distribuição e acesso, Considere-se que a legislação estadual a respeito de ocupação de áreas de mananciais data de 1976. E Posse do Domicílio, por município, e da Bacia está apresentado na **Tabela 8.4.1**.

**Tabela 8.4.1 Posse do Domicílio, por município e da Bacia em (%)**

Posse	Diadema	Ribeirão Pires	Rio Grande Da Serra	São Bernardo Do Campo	Santo André	São Paulo	Bacia (média)
Própria*	84.0	82.9	80.0	83.0	70.0	83.0	82.4
Alugada	8.0	5.7	10.0	13.5	10.0	9.2	10.9
Cedida	4.0	11.4	10.0	3.5	30.0	7.0	6.2
Outra**	4.0	-	-	-	-	0.8	0.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\* Inclui 2,0% de casa própria sendo financiada "pagando": 3% em São Bernardo e 1,5% em São Paulo.

\*\* Invasão citada.

### b) Distribuição Internas, Ocupação e Residentes por Domicílio

O padrão mínimo colocado pelo IDH-Índice de Desenvolvimento Humano é de 02 pessoas por quarto, assim 44% dos moradores encontram-se nesse padrão mínimo. Há 23% de moradores vivendo em domicílios com alta densidade, identificando a favelização e a moradia

precária. Enquadram-se nessa condição moradores de Rio Grande da Serra e São Paulo e Santo André. E o padrão médio para a Bacia é de dois quartos (2,21 quartos) para quatro pessoas (4,03 pessoas)

Predominância de banheiros internos com sanitários e chuveiro em 99% dos domicílios, com média de 1,52. Identificou-se uma situação de inexistência de banheiro em São Paulo, numa casa de cômodo único (usa-se o banheiro interno do vizinho ) e ainda 03 situações de banheiro coletivo externo servindo a 03 residências coletivas, 02 em São Paulo e 01 em Rio Grande da Serra.

Encontrou-se ainda no total dos municípios 5% de banheiros externos em domicílios individuais com banheiros internos, são mais representativos em São Paulo e Ribeirão Pires.

**Tabela 8.4.2 Distribuição Internas, Ocupação e Residentes por Domicílio, por município e da Bacia**

Número Média por Domicílio	Diadema	Ribeirão Pires	Rio Grande da Serra	São Bernardo do Campo	Santo André	São Paulo	Bacia (média)
Cômodo	6.32	6.54	5.60	5.66	5.20	5.60	5.73
Quarto	2.52	2.46	2.35	2.19	1.65	2.29	2.24
Banheiro	1.76	1.66	1.20	1.58	1.40	1.42	1.52
Residente	4.68	3.60	4.55	3.77	3.30	4.46	4.03

### (3) Serviços Públicos Principais

Na Bacia da Billings, a maioria dos domicílios é atendida por serviços públicos de água, energia elétrica e coleta de lixo, ainda que em algumas áreas de forma indireta, com o uso de ligações clandestinas de luz, por exemplo, ou desvio de água da rede, citados por alguns respondentes.

As poucas residências não atendidas por sistema público de água (6%) usam poços e nascentes localizados em geral no próprio terreno de moradia ou recebem água através de caminhões pipa das respectivas prefeituras.

Há, entretanto, em todos os municípios, sérias limitações no sistema de esgoto, existente em cerca de 65% dos domicílios, nos demais são usadas diferentes formas de escoamento, que acabam por se transformar em esgoto a céu aberto, da água servida da cozinha e tanque ou de toda a água da residência inclusive a dos sanitários e direcionadas para os córregos e riachos da região, atingindo direta ou indiretamente a Represa Billings..

As diferentes formas de escoamento do esgoto compreendem:

- Fossa séptica ou rudimentar combinada com um sistema de canalização interna da água servida da cozinha e tanque que vai diretamente para a rua 24,2%.
- Canalização direta para a rua de todo o esgoto 10,0%
- Há ainda 1% de entrevistados que moram em casas alugadas e desconhecem como é o sistema de esgoto do domicílio.

No caso da coleta de lixo não realizada porta a porta, a deposição se dá em caçambas públicas.

São Paulo apresenta inclusive uma situação peculiar, na região de Pedreira foi implantado, há algum tempo, o sistema público de esgoto, mas ainda não está em funcionamento ou funciona de modo precário, de forma que a população mantém o antigo sistema de escoamento e tem sérias críticas à ação da prefeitura.

Indagados sobre como é tratado o esgoto residencial até sua deposição final, a quase totalidade dos entrevistados desconhece as formas de tratamento ou acredita que o esgoto seja lançado “in natura” nos rios lagos e represas. Somente 5,3% refere-se ao fato de existir um tratamento especial para o esgoto doméstico antes do seu lançamento.

**Tabela 8.4.3 Saneamento Básico pela Sistema de Serviço Público, por município e da Bacia (%)**

Serviços Público	Diadema (*)	Ribeirão Pires (*)	Rio Grande da Serra (*)	São Bernardo do Campo (*)	Santo André (*)	São Paulo (*)	Bacia (média) (*)
Rede de Água	96,0	97,1	100,0	96,0	25,0	99,2	93,9
Rede de Esgoto	84,0	48,6	60,0	86,0	25,0	42,3	65,5
Coleta de Lixo	100,0	100,0	100,0	99,5	100,0	99,2	99,5

(\*) Números obtidos com base nas respostas dos moradores das áreas onde foi realizada a pesquisa nos respectivos municípios, não refletindo a situação real da totalidade de cada município.

#### (4) Comunidade

##### (a) Problema e Necessidade

Os problemas e necessidades principais da comunidade relacionada a meio ambiente, na visão dos moradores se concentram nas carências da região e abrangem:

- SANEAMENTO BÁSICO: inexistência de rede de esgoto em diversas áreas, esgoto a céu aberto, córregos não canalizados e sujos, água encanada não tratada, falta,

acionamento de água, coleta de lixo precária, lixo acumulado na beira da represa e proliferação de ratos e insetos, ausência de fiscalização nas áreas de mananciais e conseqüente invasões e proliferação de subnormais -71,2%

- SERVIÇOS PÚBLICOS - INFRA-ESTRUTURA, MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO: Rua esburacadas, sem calçamento, precariedade na limpeza das ruas, na conservação de calçadas e na iluminação pública, faltam áreas de lazer e praças e regularização dos loteamentos e posse de escrituras – 50,0%

(b) Comunidade e a Prefeitura

Há insatisfação dos moradores da Bacia da Billings com a ação local das respectivas prefeituras. Assim 65% dos entrevistados vêem essa ação entre regular e ruim. Taxa de avaliação das prefeituras é apresentado na **Tabela 8.4.4**.

**Tabela 8.4.4 Taxa de Avaliação das Prefeituras, por município e da Bacia**

(%)

Avaliação	Diadema	Ribeirão Pires	Rio Grande da Serra	São Bernardo do Campo	Santo André	São Paulo	Bacia (média)
Muito Boa	4.0	0	5.0	4.5	0	0	2.6
Boa	40.0	22.9	25.0	40.5	5.0	23.8	31.6
Regular	24.0	42.9	50.0	37.5	35.0	39.2	38.1
Ruim	20.0	22.9	5.0	10.0	30.0	21.5	15.8
Muito Ruim	12.0	11.4	10.0	7.0	30.0	15.4	11.4
Não sabe	0	0	5.0	0.5	0	0	0.5
Nº de Pesquisa	25	35	20	200	20	130	430

(c) Lideranças Comunitárias

Os moradores situam lideranças pertencentes às associações e grupos que congregam moradores, existentes em todos os bairros, políticos da área e seus assessores, membros de igrejas –pastores, padres e auxiliares e diretores e professores de escolas.

Entretanto essas lideranças são conhecidas por uma pequena parcela da população, não ultrapassando a 35% os mais conhecidos que são os membros de associações.

Políticos são conhecidos por 14%, religiosos por 13% e educadores por 8%.

Moradores de São Bernardo caracterizam-se por melhor conhecerem as lideranças de associações de moradores e políticos e Santo André as lideranças religiosas.

**Tabela 8.4.5 Conhecimento da Lideranças Comunitárias , por município e da Bacia**

(%)

Lideranças Comunitárias	Diadema	Ribeirão Pires	Rio Grande da Serra	São Bernardo do Campo	Santo André	São Paulo	Bacia (média)
Associações de Moradores							
Conhecem	20.0	31.4	20.0	46.5	25.0	26.2	35.3
Não conhecem	80.0	68.6	80.0	53.5	75.0	73.8	64.7
Políticos moradores do Bairro							
Conhecem	12.0	2.9	15.0	21.0	5.0	9.3	14.5
Não conhecem	88.0	97.1	85.0	79.0	95.0	90.7	85.5

(5) Reconhecimento de Poluição de Represa Billings pelos Residentes

92% dos entrevistados reconhece a poluição da Billings, mas nem todos a relacionam com qualidade de vida e saúde da população. O conceito de poluição está diretamente ligado a aspectos objetivamente perceptíveis de degradação ambiental como o lixo no entorno e dentro da represa e o mau cheiro exalado..

1) Razões da Poluição da Represa Billings

Independente do conceito de poluição, as razões apresentadas para essa situação, estão diretamente ligadas a situação de saneamento básico na região.

Dentre os que reconhecem a poluição da Billings, os principais responsáveis são:

- o lixo e os detritos descartados pela população diretamente na represa - 80,3%
- o esgoto doméstico lançado sem tratamento na represa - 65,3 %.

São também citados como fatores para a poluição com menor representatividade:

- o esgoto industrial – 31,6%
- construções irregulares – 15,4%

2) Ações Necessárias para Preservação Ambiental da Represa Billings

Embora identifiquem a poluição da Billings com a inexistência de rede de esgoto, o lixo na área e a contaminação do ar, ao citarem possíveis ações para preservação ambiental, os moradores reconhecem a necessidade de uma ampla gama de ações no combate a diferentes tipos de poluição, que envolvem sua ação direta e a dos poderes públicos.

São reconhecidas pela ordem, como ações necessárias para Preservação Ambiental:

**Tabela 8.4.6 Ações Necessárias Principais para Preservação Ambiental de Represa Billings**

(em %)

Nº.	Ações Necessárias	(%)
1	Fazer reciclagem de Lixo	84,4
2	Ampliar área verdes e evitar desmatamento	81,4
3	Ter rede de esgoto em toda cidade	75,8
4	Retirar população que mora em área de risco	75,3
5	Eliminar poluição do ar gerada pelas indústrias	72,6
6	Economizar no consumo da água	67,0
7	Ter água encanada em toda cidade	64,2
8	Evitar construções perto dos mananciais	64,0

#### 8.4.2 Principais Resultados - Estabelecimentos (Empresas) da Bacia

Conforme referência na **Tabela 8.2.2**, foram entrevistadas 120 estabelecimento (empresa) na Bacia, na amostragem predominam principalmente micro empresas comerciais e de prestação de serviços, de atuação local nas vilas e bairros. Atendem às necessidades básicas dos moradores através de pequenas mercearias, mercadinhos, bares, bazares, oficinas mecânicas, lojas de consertos de eletro domésticos, cabeleireiros etc. Algumas são complemento de residências nas áreas favelizadas, ou pequenos imóveis em áreas mistas comerciais e residenciais ou, ainda, lojas maiores nos chamados corredores comerciais dos bairros. Nesses corredores convivem principalmente em São Paulo, com as unidades de lojas de grandes grupos varejistas como rede de supermercados Pão de Açúcar, Casas Bahia, Drogaria São Paulo.

Interessante notar que mesmo nas vilas e aglomerados mais pobres, encontram-se estabelecimentos do tipo academia de ginástica e lojas de vídeo, refletindo hábitos característicos de classe média. Ainda em razão da maioria dos domicílios serem produto de autoconstrução, com contínuas ampliações, há a presença significativa de comércio de materiais de construção.

No entanto, filiais de grandes grupos comerciais varejistas de alimentos, móveis, eletro-eletrônicos, roupas e remédios, essas ultimas situadas em São Paulo, não foram entrevistadas pelas razões já pesquisadas.

(1) As Características Notáveis dos Estabelecimentos(Empresas), por Município:

No município de São Paulo, encontra-se como exceção na atividade comercial da Bacia, uma empresa média de supermercados, produto da expansão de pequena mercadinho local do sub-distrito do Grajaú, com 48 unidades e 3.000 funcionários com atuação nos bairros paulistanos da Bacia

O município de São Bernardo é praticamente o único município que concentra número significativo de grandes empresas na Bacia, com predominância de indústrias químicas de tintas automotivas. O município de Diadema tende a localizar pequenas e médias empresas.

Nos dois municípios essas empresas são principalmente fornecedoras da indústria automobilística.

O município de Santo André tem suas indústrias concentradas no Distrito Industrial, localizado fora da área de influência da Bacia.

O município de Ribeirão Pires destaca-se por sediar uma grande empresa de armas e munições com mais de 1000 funcionários.

O município de Rio Grande da Serra tem poucos pequenos e micro estabelecimentos industriais, é estância turística interessada em desenvolver seu potencial ainda bastante incipiente.

Dentre as grandes indústrias pesquisadas identificou-se quatro que estão em fase final de implantação da ISO 14.000.

No entorno da represa, há ainda em todos os municípios, clubes particulares para esportes náuticos, com predominância de clubes de grandes associações de classe como Banco do Brasil, Funcionários Públicos, GM, Volkswagen, entre outros.

## (2) Perfil dos Estabelecimentos (Empresas) pesquisados:

Os entrevistados são proprietários e/ou sócios e encarregados de pequenas e micro empresas e diretores, gerentes e ou supervisores relacionados diretamente a segurança ambiental de médias e grandes empresas. Em duas situações o questionário foi respondido de forma conjunta por dois profissionais de meio ambiente.

### 1) Ramo e Atividade

Em toda a Bacia da Billings predomina a micro empresa comercial. E a segmentação da atividade econômica é de:

- Comércio : 60,0%
- Serviços : 25,0%

- Indústria : 13,3%
- Agropecuária : 1,7%

## 2) Número de Funcionários

86% são micro empresas, administradas pelo dono sozinho ou tendo de 1 a 10 funcionários. No extremo oposto encontram-se 8,3% de empresas que têm entre 101 e 4 000 funcionários, incluindo-se unidades de grandes grupos multinacionais. Localizam-se em todos os municípios com exceção de Rio Grande da Serra. Esse conjunto contém uma única empresa comercial, que é também uma das maiores empresas da Bacia em número de funcionários – uma rede regional de supermercados já citada, localizada em diferentes pontos da Bacia, no município de São Paulo e com sede administrativa no sub-distrito do Grajaú. E na faixa intermediária há 5,8% de empresas com 11 a 70 funcionários.

Empresas com grande número de funcionários, são mais representativas no município de São Bernardo. Ribeirão Pires tem uma única grande empresa com 1 200 funcionários. As maiores empresas de Diadema não ultrapassam a 400 funcionários. Em Santo André só há uma grande empresa na Bacia. As demais são micro-empresas, com até 03 funcionários.

**Tabela 8.4.7 Número de Funcionários da Empresa, por município e da Bacia**

Número de Funcionários	Diadema	Ribeirão Pires	Rio Grande Da Serra	São Bernardo Do Campo	Santo André	São Paulo	Bacia (média)
Nenhum	1	2	2	11	4	8	28
1 a 10	7	6	7	31	5	19	75
11 a 30	-	1	1	1	-	2	5
31 a 70	-	-	-	1	1	-	2
81 a 170	1	-	-	1	-	-	2
181 a 800	1	-	-	3	-	-	4
800 a 1.600	-	1	-		1	-	2
1.600 a 4000	-	-	-	1	-	1	2
Total	10	10	10	49	11	30	120

## 3) Serviços Públicos Principais

### (a) Abastecimento de Água

As empresas situadas na Bacia da Billings, na sua maioria, são servidas por rede pública de água, ainda que algumas delas utilizem também poços artesianos no processo produtivo. A grande exceção no abastecimento de água se situa no município de Santo André – a rede

atende a 27,3% das empresas, numa relação semelhante a encontrada para o abastecimento residencial de água.

A inexistência de rede pública de água gera a utilização de poços, sendo 11,7% de poços artesianos e 3,3% de poços comuns e ainda 1% de uso de caminhão pipa. Santo André é o município com maior utilização de poços para abastecimento de água, com 54,5% de poços artesianos e 18,2% de poços comuns.

O consumo em m<sup>3</sup> de água da rede pública, não foi possível identificar, já que 60% dos entrevistados, não dispunham da conta para essa verificação. Entretanto a análise dos valores pagos permite uma aproximação do consumo. Assim, avaliando-se o valor da conta mensal em Reais, temos:

- Até R\$ 30,00
- De R\$ 31,00 a R\$ 100,00
- De R\$ 101,00R\$ a R\$ 200,00
- Mais de R\$ 1.000,00
- Não responderam

Considerando o valor das contas pode-se estimar um valor médio de consumo de 30 m<sup>3</sup> a 40 m<sup>3</sup> para as micro e pequenas empresas, que são a maioria.

#### (b) Rede de Esgoto

60,8% das empresas da Bacia da Billings são servidas por rede de esgoto. A rede pública de esgoto é praticamente inexistente para empresas situadas em Ribeirão Pires (10%) e atende a 27,3%, a exemplo da água, às empresas de Santo André e a 53,3% das empresas de São Paulo.

Na inexistência de rede pública de esgoto, 20% das empresas usam fossas. São fossas rudimentares ( 11,7%) ou fossas sépticas ( 8,3%).

14% usam variantes do lançamento de dejetos a céu aberto, já que na sua maioria tem alguma forma de canalização interna, jogando os dejetos diretamente para a rua, para a rede pluvial, para rios e para a represa. O fato de existir uma canalização interna que leva o esgoto para fora das instalações físicas da empresa, faz com que boa parte dos pequenos empresários considerem que “tem canalização do esgoto” sem identificar ou reconhecer a forma como é lançado, o que significa o não reconhecimento de poluição ambiental, ainda que por

desconhecimento;

3,3% encaminham os dejetos para estações de tratamento. É o caso das grandes empresas de São Bernardo e de uma empresa de Ribeirão Pires.

**Tabela 8.4.8 Número de Empresa com Existência de Rede Pública, por município e da Bacia**

Rede Pública	Diadema	Ribeirão Pires	Rio Grande Da Serra	São Bernardo Do Campo	Santo André	São Paulo	Bacia (média)
Água	9	9	9	41	3	30	101
Esgoto	9	1	7	37	3	16	73
Total	10	10	10	49	11	30	120

#### 4) A empresa e a Poluição da Represa Billings

##### (a) Conseqüências da Poluição

80% das empresas considera que a Poluição da Billings não afeta as suas atividades, nem a qualidade de vida dos seus funcionários. Dentro os 20% que vêm algum dano ocasionado pela poluição da Billings são citados:

- Para a atividade da empresa - conseqüências do mau cheiro, presença de ratos e insetos e também o custo da água. Estabelecem pois uma relação entre poluição das águas e custos do abastecimento e, ainda assim, como os moradores, situam a poluição nos seus aspectos perceptíveis do mau cheiro, ratos e insetos;
- Na qualidade de vida do funcionário - a poluição da Billings é vista como responsável por doenças e viroses e prejudicando as possibilidades de lazer. Também aqui o mau cheiro é visto como prejudicial a qualidade de vida dos funcionários por 48% das empresas;
- Para atividades turísticas - 39% situam ônus de caráter mais geral, considerando que a poluição da Billings afeta o turismo de toda a Bacia. Este aspecto é o principal ônus para Rio Grande da Serra e Santo André.

##### (b) Medidas para Reduzir a Poluição da Billings

Para as empresas, a principal forma de reduzir a poluição da Billings está no tratamento do esgoto, partindo da crença, ou realidade (na ausência da rede), de que o esgoto é lançado “in natura” na represa. Vêm também a necessidade de conscientização e educação ambiental da

população que mora no entorno.

O tratamento do esgoto é solução citada principalmente pelas empresas dos municípios onde a rede de esgotos é precária, ou seja, Santo André, Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires.

A necessidade de Educação Ambiental e conscientização da população é vista como prioridade para as empresas de Diadema, São Bernardo e São Paulo.

