

# ÁGUA INDUSTRIAL<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Escrito em julho de 1998

## Sumário

- 1) Objetivo
- 2) Sistema dual de abastecimento de água
- 3) Escolha do local
- 4) O que é água industrial
- 5) Região de Bonsucesso
- 6) Solução escolhida
- 7) Córrego Guaraçau: estudo hidrológico
  - 7.1) Vazão média de longo período
  - 7.2) Período de retorno
  - 7.3) Vazão mínima anual de um mês de duração e dez anos de período de retorno (Q1,10)
  - 7.4) Vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos (Q7,10)
  - 7.5) Volume de regularização intra-anual
  - 7.6) Curvas de permanência
- 8) Qualidade da água bruta do Córrego Guaraçau
- 9) Qualidade da água industrial a ser oferecida
- 10) Obras a serem executadas para a água industrial
- 11) Custos das obras
- 12) Custos operacionais da ETA de 504 m<sup>3</sup>/hora (140 l/s)
- 13) Amortização de capital
- 14) Custo final
- 15) Rede de distribuição de água potável
- 16) Avaliação de algumas indústrias
- 17) Considerações finais
- 18) Listagem do cadastro das empresas de Bonsucesso

## 1) Objetivo:

O Município de Guarulhos, no período de 1990 a 1995, perdeu 486 indústrias e não se sabe quantas mais no ano de 1996. Sabemos que várias são as razões para o cancelamento das inscrições cadastrais mas, uma delas, que para nós é importante, é o custo da água potável fornecida ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos (SAAE) para as indústrias.

O custo da água acima de 50 m<sup>3</sup>/mês é de US\$ 4,27/m<sup>3</sup> e, caso haja esgoto, o custo dobrará, isto é, será de US\$ 8,54/m<sup>3</sup>. Como a maioria das indústrias não precisa de água com a qualidade que o SAAE de Guarulhos vende, poder-se-ia produzir e distribuir água não-potável de menor qualidade e menor custo. Assim, uma das soluções é a água industrial, que ajudará na instalação de um número maior de indústrias no município. O ramo de atividade das novas indústrias a serem instaladas deverá ser estudado em conjunto pela Secretaria de Planejamento e pela Secretaria de Indústria e Comércio da Prefeitura Municipal de Guarulhos. A existência de uma rede de água potável e uma outra de água não-potável sugere a construção do sistema dual de abastecimento de água.

## 2) Sistema dual de abastecimento de água

Conforme a AWWA, em 1983, no seu *Manual M24* sobre sistema dual de abastecimento, o primeiro sistema dual de abastecimento de água foi documentado por Frontinus e foi construído entre 40 d.C e 103 d.C., com objetivo de que os aquedutos que conduzissem água para rega de jardins, lavagens de ruas, etc., não fossem água de melhor qualidade. A água de melhor qualidade era reservada, principalmente, para ser bebida e usada nas residências. Portanto, a idéia de se ter duas redes, uma de água potável e outra de água não-potável, é bastante antiga e o grande avanço atual deve-se ao fato de grande quantidade de água usada não precisar ser potável e das técnicas de tratamento de esgotos terem avançado consideravelmente.

Define-se água potável como aquela boa para beber, cozinhar e para se lavar. Existem normas mundiais, e praticamente cada país e Estado tem seu critério de potabilidade. No Brasil, o padrão é a Portaria 36, do Gabinete do Ministério da Saúde.

Água não-potável é aquela aceitável para outros usos que não o potável. Esta água deverá ter garantias de segurança contra o uso inadvertido pelo ser humano. Não existem regulamentos mundiais, a não ser alguns critérios estabelecidos na Califórnia para aproveitamento de água não-potável na irrigação. Por exemplo, água para rega de jardins, lavagem de ruas, descargas

das bacias sanitárias, lavagem de feiras livres e lavagem de pisos, etc., não precisam ser potáveis.

O sistema dual de abastecimento de água será completo quanto existirem dois sistemas, um de água potável e outro de água não-potável, que servem toda a área. Quando o sistema de água potável cobre toda a área e o de água não-potável cobre somente parte desta, temos um sistema dual limitado de abastecimento de água.

Nos Estados Unidos, não existe nenhum sistema dual de abastecimento de água completo. O maior sistema dual americano é o de São Petersburgo, na Flórida, que é limitado.

A AWWA aconselha que seja estudada em um sistema de abastecimento de água a possibilidade de uso de um sistema dual de abastecimento, principalmente quando se tratar de planejamento a longo prazo.

A AWWA recomenda, ainda, os cuidados que se deve ter com o sistema dual de abastecimento no que se refere a:

- Saúde pública;
- Ligações cruzadas, isto é, problemas de interligação da rede de água potável com não-potável;
- Uso impróprio da água não-potável;
- Existência de espaço adequado separando as duas redes: potável e não-potável;
- A rede de água não-potável deve estar visivelmente identificada para não haver confusão;
- Deverá ser monitorado o uso da água para fins não-potáveis;
- A rede de água não-potável deve seguir padrões especiais para que não seja confundida com a rede de água potável;
- Os sistemas de água potável e não-potável devem ter uma separação física, da mesma maneira que existe entre esgoto sanitário e água potável;
- Cuidados especiais que devem ser tomados a fim de minimizar efeitos colaterais quando da ingestão acidental de água não-potável por seres-humanos.

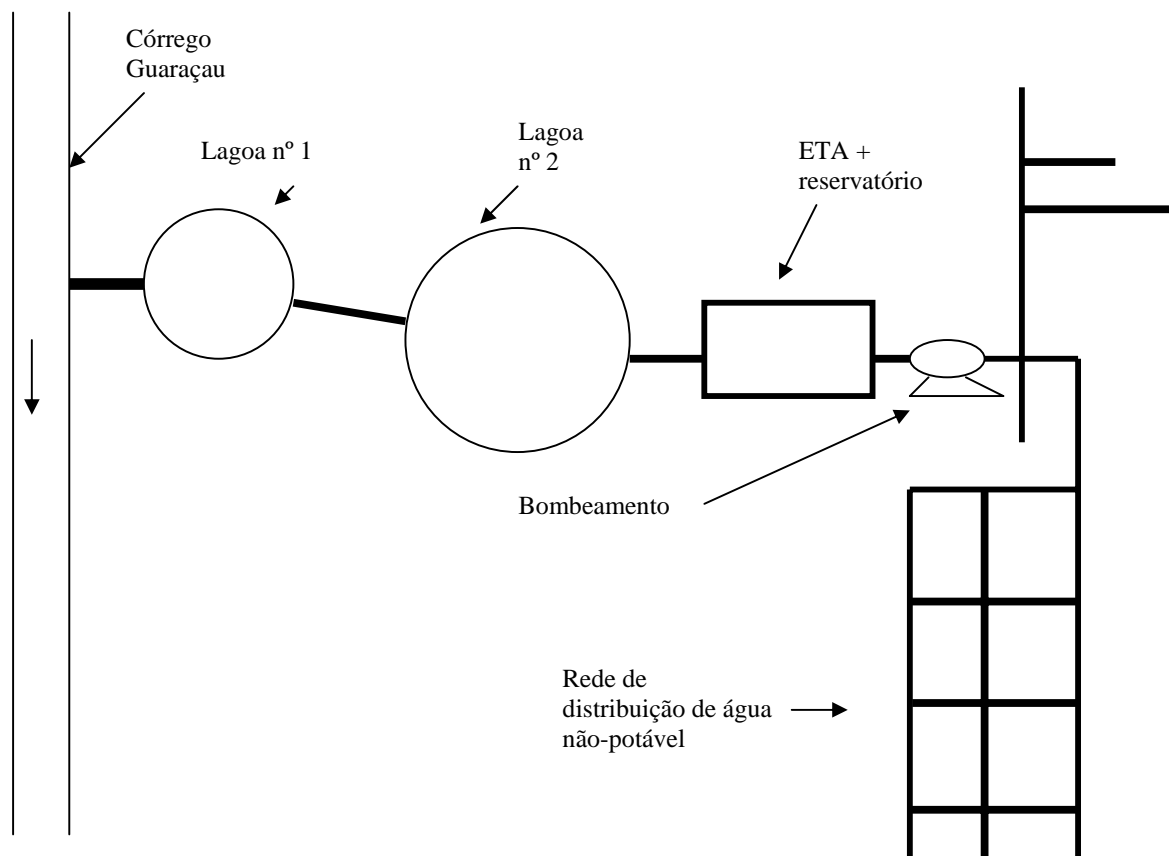
### 3) Escolha do local

Há dois locais em Guarulhos onde, a nosso ver, deveriam ser feitos estudos para o aproveitamento de água industrial. Um deles é a região de Bonsucesso e o outro é a Cidade Satélite Industrial de Cumbica (Guarulhos-SP).

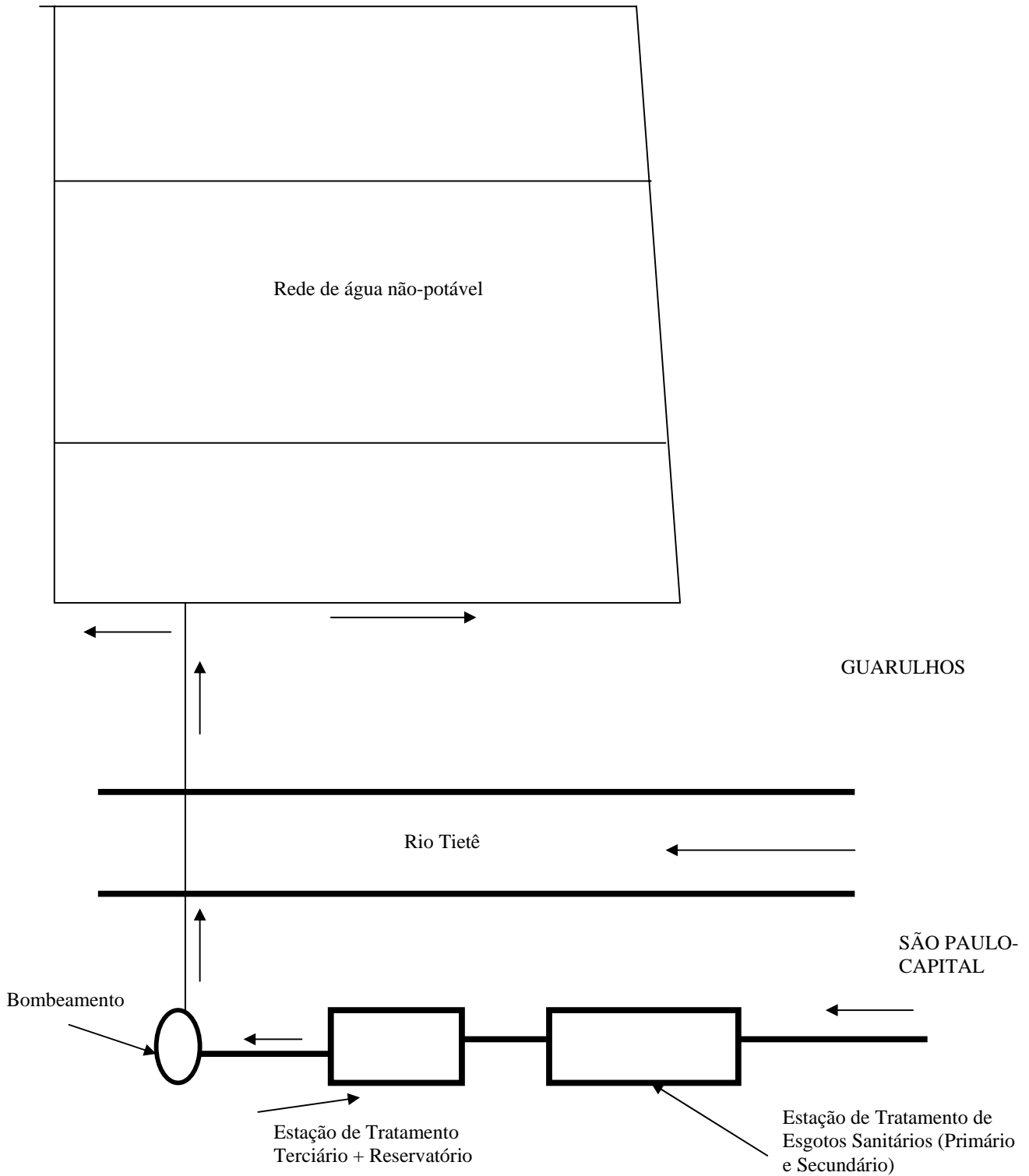
Na Cidade Satélite Industrial de Cumbica poder-se-ia aproveitar os efluentes (600 a 900 l/s) da Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETE) de São Miguel, que a Sabesp está construindo. O único problema é que a construção da ETE de São Miguel está indo muito devagar.

Então, o mais viável seria que os estudos para distribuição de água industrial se voltassem para a região de Bonsucesso, que só depende de Guarulhos.

#### Esquema de Aproveitamento do Córrego Guaraçau para água industrial em Guarulhos



# Esquema para aproveitamento de água industrial na Cidade Satélite Industrial de Cumbica, em Guarulhos





#### 4) O que é água industrial ?

No sistema de distribuição de Bonsucesso, deveriam existir duas redes: a rede de abastecimento de água potável do SAAE e a rede de abastecimento de água industrial privada. Este é o chamado sistema dual de abastecimento, com uma rede de água potável e outra de água não-potável, ou seja, água industrial.

Uma vez que todos os rios e córregos estão ficando poluídos, cada vez mais aumenta o custo da água potável, portanto, é uma medida de conservação da água, o uso da água industrial, deixando a água potável para fins mais nobres, pois é uma água de qualidade superior.

Por outro lado é importante lembrar que a indústria em suas várias atividades, não precisa, de modo geral, de uma água potável para aquecimento de caldeiras, torres de resfriamento, processos industriais e nem para regar jardins, pátios e descargas nas bacias sanitárias. As indústrias terão a água do SAAE para o consumo doméstico ou para algum consumo industrial específico como alimentos e farmacêuticos, onde é necessário uma melhor qualidade da água.

É importante que sejam sanadas as dúvidas que os industriais têm a respeito da água industrial. Uma pergunta freqüente é quanto vai custar o metro cubico da água industrial? Qual o padrão de qualidade de água industrial que será oferecida ao usuário? Quanto o industrial vai gastar para mudar suas

instalações internas a fim de não misturar as águas? Quanto o industrial vai gastar num tratamento adicional? Qual a experiência do industrial no tratamento adicional?

Estas perguntas não são fáceis de serem respondidas.

Quanto a qualidade da água, deve-se verificar a grande variabilidade da qualidade que se necessita, por exemplo em água para caldeiras e processos industriais, conforme cita Montgomery (1985).

A política usada na Holanda em casos semelhantes onde a água industrial é levada a mais de 100 quilômetros de distância,<sup>2</sup> é a de que a água potável de poços artesianos deverá ser usada somente para fins domésticos e para processos industriais que necessitam de água de alta qualidade. Para outros fins, deverá ser usada água industrial. Para avaliar o custo da água subterrânea para uso industrial, em que não se exige qualidade, deverá ser colocado um hidrometro na saída do poço. Não esquecer também que o industrial não está preparado para o tratamento. O serviço público deverá orientá-lo e, se for possível, até fazer o tratamento necessário individualizado e entregar ao usuário, passando antes por um medidor.

## **5) Região de Bonsucesso**

Constam na listagem do cadastro das empresas de Bonsucesso, organizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), cerca de 300 indústrias das mais diversas. As indústrias, de modo geral, estão situadas numa faixa lateral de 400 metros da Rodovia Presidente Dutra e compreendem, entre outros, os seguintes bairros: Cidade Aracília, Cidade Industrial de Guarulhos, Fazenda Piratininga, Bairro da Água Chata, Jardim Álamo, Bairro do Sadokim, Bairro da Fonte, Jardim Fátima, Jardim Triunfo, Cidade Nova Bonsucesso, Jardim Carmela e Jardim Campestre.

## **6) Solução escolhida**

A escolha da região de Bonsucesso deve-se aos seguintes fatores:

- a) Impossibilidade de abastecer as indústrias atuais e fomentar a instalação de novas com a água que virá da Sabesp, através de Itaquaquecetuba, sem esquecer que o alto preço da água vendida às indústrias, desestimula o

---

<sup>2</sup> Waals et all, (1995)



- interesse em usá-la e incentiva a procura de cidades no interior dos Estados, onde preços sejam menores;
- b) A demora em abastecer com água potável que provém do Sistema Alto Tietê;
  - c) A dificuldade em se perfurar poços profundos, com exceção da bacia sedimentar do Rio Baquirivú, que é uma área pequena;
  - d) A captação de águas de pluviais, nos telhados das indústrias, é uma opção não disponível para todas elas também representa um custo menor que a água do SAAE de Guarulhos, mas tem um custo maior que a água industrial;
  - e) Pode ser captado água superficial do Córrego Guaraçau, para fins não-potáveis;
  - f) Água não-potável advinda do Rio Tietê não se mostra viável pois está distante do local do destino;
  - g) Água não-potável do Rio Baquirivú, para uso industrial, é viável apesar dos altos custos do seu tratamento, necessário já que o rio encontra-se bastante poluído;
  - h) O Rio Jaguarí, afluente do Rio Paraíba, e que nasce em Guarulhos, não pode ser aproveitado, pois o Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE) não autoriza a mudança da água da Bacia do Paraíba, que abastece a Estação de Tratamento de Água do Guandú (Rio de Janeiro), para a Bacia do Tietê.
  - i) O tratamento dos esgotos sanitários e industriais, para uso industrial, pode ser feito, mas representa um custo alto e nem sempre é viável. O custo será sempre acima do da água industrial.

Para o abastecimento de água industrial, a única fonte de que dispomos é o manancial de superfície formado pelo Córrego Guaraçau. Deverá ser aprovada lei especial para o controle de poluição da bacia do Córrego Guaraçau, a fim de evitar que esta se torne um “esgoto a céu aberto”; neste sentido, devem ser feitas redes coletoras e emissários de esgoto sanitário.

## 7) Córrego Guaraçau: estudo hidrológico

Tomando por base as duas antigas cavas de areia próximas ao Cemitério de Bonsucesso, o Córrego Guaraçau tem 18,91 km<sup>2</sup>, ou seja, 19 km<sup>2</sup> de área de contribuição. As duas lagoas existentes têm 385.000m<sup>3</sup> de volume de água armazenada e a precipitação média anual em Guarulhos, é de 1.500mm, segundo dados fornecidos pela Universidade de Guarulhos. Segundo estudos hidrológicos de regionalização hidrológica, destinado a pequenas bacias realizados por Pallos et all (1987), podemos retirar do Córrego Guaraçau 140 litros por segundo, ou seja, 12,096 milhões de litros por dia.

É importante salientar que as duas lagoas citadas já foram desapropriadas pela Prefeitura Municipal de Guarulhos e servem como Reservatório de Regularização do Córrego Guaraçau, construído para se evitar enchentes no Conjunto Habitacional (Inocoop), junto ao Rio Baquirivu.

Os estudos hidrológicos estão detalhados a seguir.

### 7.1) Vazão média de longo período

A descarga média plurianual numa dada seção de um curso de água pode ser obtida com aproximação, através da relação linear dessa vazão  $\underline{Q}$  com o total anual médio precipitado na bacia hidrográfica ( $\underline{P}$ ).

$$\underline{Q} = a + b \cdot \underline{P} \quad (1)$$

onde  $a$  e  $b$  são parâmetros da reta de regressão;

$\underline{Q}$  em l/s/km<sup>2</sup> (litros por segundo por km<sup>2</sup>) e

$\underline{P}$  em milímetro por ano (mm/ano).

Guarulhos é a região G determinado pelo DAEE, apresentando os seguintes valores de  $a$  e  $b$ , conforme Tabela 1:

**Tabela 1: Parâmetros da análise de regressão linear**

Região do Estado	Parâmetro a	Parâmetro b
G	-26,23	0,0278

$$R^2=0,9402$$

Para Guarulhos, a precipitação média anual  $\underline{P}$  pode ser considerada igual a 1.500 mm, portanto aplicando-se a fórmula (1), temos:

$$\underline{Q} = a + b.\underline{P} = -26,23 + 0,0278 \cdot 1500, = 15,47 \text{ l/s/km}^2$$

Assim, a vazão média plurianual de Guarulhos é 15,47 l/s/km<sup>2</sup>.

A bacia de contribuição do Córrego Guaraçau, no ponto considerado, é de 18,91 km<sup>2</sup>, ou seja, cerca de 19 km<sup>2</sup>.

$$\underline{Q} = 15,47 \cdot 19 = 293,93 \text{ l/s (litros por segundo) (2)}$$

Portanto, a vazão média plurianual da bacia do Córrego Guaraçau, na seção de interesse considerada, é de 293,93 l/s.

## 7.2) Período de retorno

É muito importante a adoção de um período de retorno T. O período de retorno XT foi obtido, estatisticamente, através da análise dos postos fluviométricos. Os períodos de retorno são 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos, conforme Tabela 2 abaixo.

**Tabela 2: Valores dos períodos de retorno XT , A e B**

Região	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos	100 anos	Valor A	Valor B
<b>G</b>	0,632	0,588	0,561	0,543	0,496	0,461	0,4089	0,0332

### 7.3) Vazão mínima anual de um mês de duração e dez anos de período de retorno ( Q1,10).

A fórmula pesquisada pelo DAAE a ser usada é:

$$Q_{d,T} = X_T \cdot (A + B \cdot d) \cdot Q \quad (3)$$

sendo:

d= meses de duração;

1/T= probabilidade de ocorrência;

X<sub>T</sub>, A e B= tabela 2

O valor X<sub>T</sub> referente ao período de dez anos é 0,632, conforme Tabela 2, portanto, X<sub>10</sub> = 0,632.

Queremos o valor Q<sub>1,10</sub>, para d = 1, sendo tabelados os valores de A e B:

$$Q_{1,10} = X_{10} \cdot (A + B \cdot 1) \cdot Q$$

$$A = 0,4089$$

$$B = 0,0332$$

$$d = 1 \text{ mês}$$

$$X_{10} = 0,632$$

Substituindo os valores, teremos:

$$Q_{1,10} = 0,632 \cdot (0,4089 + 0,0332 \cdot 1) \cdot 293,93 = 82,13 \text{ l/s} \quad (4)$$

Portanto, a vazão mínima anual de um mês de duração e dez anos de período de retorno é 82,13 l/s. Frisando-se, a vazão média mensal pode ser captada, sem regularização, admitindo-se que, em média, ocorre uma vazão inferior a esta uma única vez num período de dez anos.

### 7.4) Vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos (Q 7,10)

Uma solicitação freqüente sobre vazões mínimas refere-se àquela com sete dias de duração, cuja vantagem é sofrer menos influência de erros operacionais e intervenções humanas no curso de água. Nesta, a vazão mínima diária é suficientemente mais detalhada que a vazão mínima mensal. Assim, esta vazão (Q<sub>7,10</sub>) é utilizada com freqüência, como indicador da disponibilidade hídrica natural de um curso d'água. O período de retorno é dez

anos. O parâmetro Q7,10 significa que o manancial não irá atender esta vazão, em média, uma vez em dez anos, sem regularização.

O cálculo do Q7,10 é dado pela fórmula:

$$Q_{7,10} = C \cdot X_T \cdot (A + B) \cdot Q \quad (5)$$

Sendo:

C=0,75 obtido nas pesquisas do DAAE e válido para Guarulhos;

X<sub>T</sub>=X<sub>10</sub>=0,632;

A= 0,4089;

B=0,0332 e

Q=293,93 l/s.

Substituindo em (5), teremos:

$$Q_{7,10} = 0,75 \cdot 0,632 \cdot (0,4089 + 0,0332) \cdot 293,93 = 61,59 \text{ l/s} \quad (6)$$

Portanto, a vazão de 61,59 l/s é a vazão que pode ser retirada do manancial sem armazenamento, isto é, a fio de água.

### 7.5) Volume de regularização intra-anual

Quando a demanda a ser atendida supera a vazão mínima de um curso de água, muitas vezes com armazenamento relativamente pequeno, pode-se aumentar significativamente o nível de atendimento da demanda, com regularização plurianual, sem incorrer nos gastos requeridos por aproveitamentos. É importante que o número de meses máximo seja de oito meses. A maior diferença entre a demanda e a disponibilidade (V) representa o volume de regularização intra-anual, necessário para suprir a demanda Q<sub>F</sub>, com um risco de (100/T)% de não atendimento em um ano qualquer. A probabilidade de sucesso ou fracasso é predeterminada, em um ano qualquer, em função dos estudos feitos pelo DAEE.

O valor máximo da função do volume é fornecido pela fórmula:

$$V = \frac{[Q_F - (X_T \cdot A \cdot Q)]^2}{4 \cdot X_T \cdot B \cdot Q} \cdot K \quad (7)$$

sendo:

V= volume de regularização intra-anual em m<sup>3</sup>;

QF= vazão firme a ser regularizada em m<sup>3</sup>/s;

A e B= coeficiente da reta de regressão da média das vazões mínimas;

K= número de segundos em um mês = 2.628.000 segundos;

XT= fator relativo a probabilidade de sucesso;

dc= duração crítica em meses;

Q= vazão média de longo período (m<sup>3</sup>/s).

A fórmula da duração crítica dc é a seguinte:

$$dc = \frac{QF - (XT \cdot A \cdot Q)}{2 \cdot XT \cdot B \cdot Q} \leq 8 \text{ meses} \quad (8)$$

Vamos supor, agora, que QF=100 l/s = 0,100 m<sup>3</sup>/s. Para 10% ( T=10 anos) de probabilidade de não atendimento, em um ano qualquer, ou seja, 90% de probabilidade de atendimento, e aplicando a equação (7), temos:

$$V = \frac{[0,1 - (0,632 \cdot 0,4089 \cdot 0,2993)]^2}{4 \cdot 0,632 \cdot 0,0332 \cdot 0,2993} \cdot 2628000 = 61.571 \text{ m}^3$$

$$dc = \frac{0,1 - (0,632 \cdot 0,4089 \cdot 0,2993)}{2 \cdot 0,632 \cdot 0,0332 \cdot 0,2993} = 1,9 \text{ meses} < 8 \text{ meses}$$

Portanto, para a vazão firme de 100 l/s e com a probabilidade de atendimento de 90%, o volume necessário é 61.571 m<sup>3</sup> e a duração crítica calculada é 1,9 mês, que é menor que o limite máximo de validade da fórmula, que é de oito meses.

Usando as fórmulas citadas, para outros valores de QF, teremos os valores encontrados, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3: Vazão firme, volume de regularização e duração crítica**

<i>Vazão firme QF escolhida</i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>Volume necessário para a regularização intra-anual</i> (m <sup>3</sup> )	<i>Duração crítica</i> (meses)
0,10	61.571	1,9
0,11	123.446	2,8
0,12	206.626	3,6
0,13	311.112	4,4
0,14	436.903	5,2
0,15	584.000	6,0

A vazão firme com 90% de probabilidade de sucesso é 136 l/s, para o volume de regularização intra-anual de 385.000 m<sup>3</sup>, ou seja, aproximadamente 140 l/s.

#### **7.6) Curvas de permanência**

O DAEE, através de 210 postos fluviométricos, fez análises das freqüências acumuladas, baseando-se em séries de vazões mensais observadas.

A curva de permanência em uma seção é importante quando nos interessa saber a amplitude de variação das vazões e, principalmente, a freqüência com que cada valor de vazão ocorre numa determinada seção do rio. Para as curvas de permanência, usamos a fórmula abaixo:

$$Q_p = q_p \cdot Q \quad (9)$$

sendo:

$Q_p$  = vazão para a freqüência acumulada escolhida;

$q_p$  = freqüência acumulada que consta da Tabela (3);

$Q$  = vazão média plurianual.

Temos na Tabela 4, os seguintes valores de qp para a frequência acumulada escolhida.

**Tabela 4: Curva de permanência**

<b>Frequência acumulada (%)</b>	<b>Curva de permanência Valor de qp</b>
<b>5</b>	2,396
<b>10</b>	1,983
<b>15</b>	1,664
<b>20</b>	1,442
<b>25</b>	1,255
<b>30</b>	1,121
<b>40</b>	0,923
<b>50</b>	0,789
<b>60</b>	0,679
<b>70</b>	0,592
<b>75</b>	0,547
<b>80</b>	0,506
<b>85</b>	0,469
<b>90</b>	0,420
<b>95</b>	0,363
<b>100</b>	0,223



Vamos elaborar, agora, a curva de permanência. Usamos a vazão plurianual de 293,93 l/s, os coeficiente qp correspondentes à frequência acumulada e a fórmula (9), teremos a Tabela 5 e o Gráfico 1:

**Tabela 5: Curva de permanência de vazões médias mensais do Córrego Guaraçau no ponto considerado**

Tempo (%)	Vazão (l/s)
5	704
10	583
15	489
20	424
25	369
30	329
40	271
50	232
60	200
70	174
75	161
80	149
85	138
90	123
95	107
100	66

Concluindo, a vazão firme possível de ser retirada do Córrego Guaraçau, no local junto às duas lagoas, é de 140 litros por segundo, a qual é obtida com a ajuda dos reservatórios formados pelas duas lagoas, que totalizam 385.000 m<sup>3</sup> e com probabilidade de sucesso de 90%.

## 8) Qualidade da água bruta do Córrego Guaraçau

É boa a qualidade da água do Córrego Guaraçau, conforme se pode ver pela análise<sup>3</sup> feita pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), em 6 de julho de 1994, baseada na Portaria 36, do Ministério da Saúde:

**Tabela 6: Análise físico-química da água sem tratamento do Córrego Guaraçau localizado no Bairro de Bonsucesso em Guarulhos em 06/07/94.**

Parâmetros	Resultado
<b>Bário Total</b>	< 0,02 mg/litro
<b>Cádmio Total</b>	< 0,001 mg/litro
<b>Chumbo Total</b>	<0,02 mg/litro
<b>Cianeto</b>	< 0,007 mg/litro
<b>Fenóis</b>	< 0,001 mg/litro
<b>Ferro Total</b>	2,10 mg/litro
<b>Manganês Total</b>	0,08 mg/litro
<b>Mercúrio Total</b>	< 0,0001 mg/litro
<b>Óleos e graxas</b>	27 mg/litro
<b>PH</b>	7
<b>Prata Total</b>	< 0,001 mg/litro
<b>Sulfato Total</b>	9 mg/litro
<b>Sulfeto Total</b>	< 4 mg/litro
<b>Temperatura</b>	15
<b>Zinco Total</b>	0,03 mg/litro

### Qualidade de água das lagoas

A CETESB analisou as águas das duas lagoas consideradas no estudo e que servirão como reservatório do Córrego Guaraçau. As análises foram realizadas em 10 de outubro de 1989, quando se pensou no aproveitamento das águas subterrâneas que alimentam as lagoas, estimadas, na época, em 50 l/s. A idéia de aproveitar-se a água potável foi abandonada, já que o cemitério de Bonsucesso fica a montante das duas lagoas.

As amostras usadas nas análises foram retiradas do meio de cada uma das lagoas.

<sup>3</sup> Número do registro: 15.1066-0

**Tabela 7: Análise físico-química e bacteriológica da Lagoa 1 localizada em Bonsucesso, Guarulhos - CETESB, 10/10/89**

Parâmetro	Valor mais provável mg/l	Resultado mg/l
Alc. Bicarbonato	250	71
Alc. Carbonato	120	0
Alc. Hidróxido	0	0
Alumínio	0,1	----
Bário	1,0	Nd
Cádmio	0,01	Nd
Chumbo	0,05	Nd
Cianeto	0,2	Nd
Cloretos	100 a 250	17,5
Cobre	1,0	Nd
Cromo Hexavalente	0,05	Nd
Cromo Total	0,05	---
Dureza	100 a 300	38,1
Fenóis	0,001	----
Ferro	0,3	0,42
Fluoreto	0,6 a 1,7	Nd
Manganês	0,05	0,08
Mercúrio	0,002	---
Nitrog. Albuminóide	0,08 a 0,15	0,17
Nitrog. Amoniacal	0,05 a 0,08	0,13
Nitrog. Nitrato	2 a 10	0,38
Nitrog. Nitrito	ausente	0,02
Oxigênio consumido	2,0 a 3,5	3,1
Prata	0,05	----
Selênio	0,01	Nd
Sólidos dissolvidos	500	----
Sólidos totais	500	160
Zinco	5,0	0,01
PH de campo	4 a 10	6,9
Cor	5 a 30	23
Turbidez (UNT)	5 a 10	2,9
Coliformes totais	5,0 x 10 <sup>3</sup>	
Coliformes fecais		

**Tabela 8: Análise físico-química e bacteriológica da Lagoa 2 em Bonsucesso, Guarulhos - CETESB, 10/10/89**

Parâmetro	Valor mais provável mg/l	Resultado mg/l
Alc. Bicarbonato	250	65
Alc. Carbonato	120	0
Alc. Hidróxido	0	0
Alumínio	0,1	----
Bário	1,0	Nd
Cádmio	0,01	Nd
Chumbo	0,05	Nd
Cianeto	0,2	Nd
Cloretos	100 a 250	15,0
Cobre	1,0	Nd
Cromo Hexavalente	0,05	Nd
Cromo Total	0,05	---
Dureza	100 a 300	32,1
Fenóis	0,001	----
Ferro	0,3	0,23
Fluoreto	0,6 a 1,7	Nd
Manganês	0,05	0,03
Mercúrio	0,002	---
Nitrog. Albuminóide	0,08 a 0,15	0,12
Nitrog. Amoniacal	0,05 a 0,08	0,07
Nitrog. Nitrato	2 a 10	0,40
Nitrog. Nitrito	ausente	0,01
Oxigênio consumido	2,0 a 3,5	3,0
Prata	0,05	----
Selênio	0,01	Nd
Sólidos dissolvidos	500	----
Sólidos totais	500	145
Zinco	5,0	0,02
PH de campo	4 a 10	7,59
Cor	5 a 30	17
Turbidez (UNT)	5 a 10	3,4
Coliformes totais	1,1 x 10 <sup>3</sup>	
Coliformes fecais		

## 9) Qualidade da água industrial a ser oferecida

Um grande problema é em relação a qualidade da água industrial a ser oferecida.

Não temos conhecimento de normas internacionais que regulamentem a qualidade da água industrial, da maneira como é regulada a Portaria 36, do Ministério da Saúde, do Governo do Brasil.

J. M. J. Waals et all, 1995 apresenta a qualidade da água entregue na Holanda. Vamos ver a água do Rio Reno que é bombeada e tratada por processos físico-químicos, tais como coagulação, sedimentação e filtração rápida com areia. Após o tratamento da água é bombeada a 50 quilômetros e a 70 quilômetros de distância para suprimento industrial na parte oeste de Amsterdã.

**Tabela 9: Qualidade da água industrial na Holanda com água do Rio Reno transportada a 70 quilômetros de distância, J. M. J. Walls et all, 1995 AWWA - Journal AQUA**

Parâmetro (média de valores em 1993)	Unidades	Rio Reno
Temperatura	°C	13
Turbidez	FTU	0,17
Sólidos em suspensão	mg/l	<0,5
Condutividade	MS/m	79
Cloreto	mg/l	141
Dureza	Mmol/l	2,45
Amônia	mg/l	0,04
Ferro	mg/l	<0,06
Alumínio	µg/l	18
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/l	3,4
Coliformes	N/100 ml	8

Em *Water Treatment Principles and Design*, de James M. Montgomery Consulting Engineers, é apresentada tabela com as exigências da qualidade requerida. Assim, para água de alimentação de caldeiras, temos:

**Tabela 10: Qualidade da água requerida para alimentação de Caldeiras (mg/l)**

Características	Água para alimentação de caldeiras na pressão psig			
	0 a150	150 a 700	700 a 1500	1500 a 5000
Sílica	30	10	1,0	0,01
Alumínio	5	0,1	0,01	0,01
Ferro	1	0,3	0,05	0,01
Manganês	0,3	0,01	0,01	-----
Cobre	0,5	0,05	0,05	0,01
Cálcio	-----	0	0	-----
Magnésio	-----	0	0	-----
Sódio e Potássio	-----	-----	-----	-----
Amônia	0,1	0,1	0,1	0,7
Bicarbonato	170	120	50	----
Sulfato	----	----	----	----
Cloreto	----	----	----	----
Flúor	----	----	----	----
Nitrato	----	----	----	----
Nitrato	----	----	----	----
Fosfato	----	----	----	----
Sólidos Dis.	700	500	200	0,5
Sólidos Susp.	10	5	0	0
Dureza	20	1,0	0,1	0,07
Alcalinidade	140	100	40	0
PH	8,0-10,0	8,0-10,0	8,2-9,2	5,0-8,3
Cor	----	----	----	----
Orgânico				
MBAS	----	----	----	----
CCl <sub>4</sub>	----	----	----	----
COD	5	5	0,5	0
Oxigênio Dis.	<0,03	<0,03	<0,03	<0,005
Temperatura °F	120	120	120	100
Turbidez (JTU)	10	5	0,5	0,05

Na Tabela 10, podemos verificar, por exemplo, que os valores referentes ao ferro variam. Quanto maior a pressão da caldeira, menor será a quantidade de ferro existente na água. O ferro variará de 1 mg/l a 0,01 mg/l. O total de sólidos também variará, sendo de 700 mg/l, para caldeiras de baixa pressão, e chegando a 0,5 mg/l, para caldeiras de alta pressão.

Na Tabela 11, apresentamos a variação das exigências para a água destinada ao resfriamento, e, na Tabela 12, apresentamos as qualidades da água destinada aos processos industriais, segundo Montgomery (1985).

**Tabela 11: Qualidades da água destinada ao resfriamento**

Características	Água para resfriamento			
	Água de somente uma passagem ( <i>Once-Through</i> )		Água de <i>Makeup</i> para recirculação	
	Água fresca	Água salobra	Água fresca	Água salobra
Sílica	50	25	50	25
Alumínio	----	-----	0,1	-----
Ferro	-----	-----	0,5	-----
Manganês	-----	-----	0,5	-----
Cobre	-----	-----	-----	-----
Cálcio	200	420	50	420
Magnésio	-----	-----	-----	-----
Sódio e Potássio	-----	-----	-----	-----
Amônia	-----	-----	-----	-----
Bicarbonato	600	-----	25	----
Sulfato	680	2700	200	2700
Cloreto	600	----	50010	----
Fluoreto	600	19000	500	19000
Nitrato	----	----	----	----
Fosfato	----	----	----	----
Sólidos Dis.	1000	35000	500	35000
Sólidos Susp.	5000	2500	100	5
Dureza	850	6250	130	6250
Alcalinidade	500	115	20	115
PH	5,0-8,3	----	----	----
Cor	----	----	----	----
Orgânico				
MBAS	----	----	1	----
CCl <sub>4</sub>	----	----	1	----
COD	75	75	75	75
Oxigênio Dis.	----	----	----	----
Temperatura ° F	100	120	100	120
Turbidez (JTU)	5000	100	---	----

**Tabela 12: Qualidades da água destinada aos processos industriais**



Características	Água para processos industriais			
	Têxtil	Comida	Bebidas	Química
Sílica	---	50	---	50
Alumínio	----	---	----	---
Ferro	0,1	0,2	0,3	0,1
Manganês	0,01	0,2	0,05	0,1
Cobre	0,05	----	----	---
Cálcio	-----	100	-----	70
Magnésio	-----	---	----	20
Sódio e Potássio	-----	-----	-----	-----
Amônia	----	-----	----	----
Bicarbonato	----	----	----	130
Sulfato	----	250	500	100
Cloreto	----	250	500	500
Fluoreto	----	1	1,7	5
Nitrato (como N <sub>2</sub> )	----	10	---	----
Fosfato	----	----	----	----
Sólidos Dis.	100	500	----	1000
Sólidos Susp.	5	10	----	5
Dureza	25	250	----	250
Alcalinidade	---	250	----	125
PH	6,0-8,0	6,5-8,5	----	5,5-9,0
Cor	5	5	10	20
Orgânico				
MBAS	----	----	----	----
CCl <sub>4</sub>	----	----	----	----
COD	---	----	----	----
Oxigênio Dis.	----	----	----	----
Temperatura °F	----	----	----	----
Turbidez (JTU)	----	----	----	----

### **10) Obras a serem executadas para água industrial**

Junto às duas lagoas já citadas, e que estão próximas ao Cemitério de Bonsucesso, deveria ser construída uma Estação de Tratamento de Água (ETA), um reservatório e uma estação de bombeamento. A água seria bombeada para uma rede independente da rede potável do SAAE, a ser construída. A rede de água industrial, deverá possuir adesivos nas tubulações e cuidados especiais, seguindo o exemplo do que já é regulamento em alguns Estados dos Estados Unidos, a fim de que não seja confundida a água potável com a água industrial. As redes primárias e secundárias enviarão água industrial às 318 indústrias situadas na região de Guarulhos e às novas que se instalarão.

A ETA deverá ter capacidade máxima para tratamento de 140 litros de água por segundo, ou seja, 504 mil litros por hora.

O setor de abastecimento de água industrial foi denominado Bonsucesso, havendo o Setor Bonsucesso Norte e o Setor Bonsucesso Sul, cuja área total é de 1.227 hectares. O consumo industrial estimado é de 122,74 l/s, conforme anteprojeto executado em março de 1996. Serão executados 25 mil metros de rede de ferro fundido dúctil K-7, sendo 18.660m de 200mm, 2.180 metros de 300mm e 4.160m de 400mm. A rede secundária será de PVC ponta e bolsa DN 75. Para o cálculo, foi usada a fórmula de Darcy-Weisbach, usando o coeficiente de rugosidade  $K=0,0002m$  para tubos de ferro fundido. A água do Córrego Guaraçau é tratada, encaminhada ao reservatório de 2.500 m<sup>3</sup> e depois bombeada diretamente na rede. A pressão máxima na rede é de 87,78 metros de coluna de água e a pressão mínima de é 18,73 mca.

## 11) Custo das obras

Apresentamos, na Tabela 13, uma estimativa do custo total das obras para aproveitamento de água industrial na região de Bonsucesso, em Guarulhos, a partir do Córrego Guaraçau. Os preços são de 1 de março de 1996.

**Tabela 13: Custo total das obras:**

Ítem	Especificação	Un.	Quant.	Preço unitário US\$	Preço total US\$
<b>1</b>	Projetos básicos e executivos	vb	1	558.943,00	558.943,00
<b>2</b>	Construção da ETA	vb	1	7.600.000,00	7.600.000,00
<b>3</b>	Reservatório 2.500 m3	vb	1	1.400.000,00	1.400.000,00
<b>4</b>	Posto de transformação	vb	1	145.000,00	145.000,00
<b>5</b>	Terraplenarem	vb	1	97.000,00,00	97.000,00
<b>6</b>	Outros	vb	1	87.000,00	87.000,00
<b>7</b>	Total parcial				<b>9.887.943,00</b>
					56%
	Rede primária				
<b>1</b>	Projetos básicos e executivos	vb	1	204.884,00	204.884,00
<b>2</b>	Adutora ferro fundido k7 200mm	m	18.660	221,74,00	4.137.668,00
<b>3</b>	Idem 300 mm	m	2.180	291,71	635.928,00
<b>4</b>	Idem 400 mm	m	4.160	483,50	2.011.360,00
<b>5</b>	Total parcial				<b>6.989.840,00</b>
					40%
	Rede secundaria				
<b>1</b>	Rede em PVC PBA classe 20	m	9.500	83,22	790.590,00
<b>2</b>	Total parcial				<b>790.590,00</b>
					4%
	TOTAL GERAL				<b>17.668.374,00</b>

A estimativa de custo de todo o sistema de água industrial de Bonsucesso, compreendendo, ETA, reservatório, casa de bomba, redes primárias e redes secundárias, é de US\$ 17.668.374,00 .

## 12) Custos operacionais da ETA de 504 m<sup>3</sup>/h (140 l/s)

O custo operacional, por metro cúbico, da ETA Industrial do Córrego Guaraçau, quando esta estiver funcionando com vazão máxima, é estimado em US\$ 0,23/m<sup>3</sup>.

## 13) Amortização de capital

Considerando o custo de US\$ 17.668.374,00, bem como uma vazão de 140 l/s, perdas de 15%, prazo de 20 anos, volume entregue mensal de 308.448 m<sup>3</sup>, juros anuais de 10,75%, teremos uma amortização mensal de capital de US\$ 176.991,00, com a obtenção de um custo de US\$ 0,57/m<sup>3</sup>.

## 14) Custo final

O custo final por metro cúbico para operação com a vazão máxima, incluindo amortização de capital, custos operacionais da ETA e custos de manutenção e operação da rede de distribuição de água industrial é o seguinte:

**Tabela 14: Custo do metro cúbico de água industrial do Córrego Guaraçau, em Bonsucesso, Guarulhos**

Discriminação	Custos US\$ / m <sup>3</sup>	Porcentagens (%)
Amortização de capital	0,57	54
Man. e oper. da rede	0,25	24
Custos oper. na ETA	0,23	22
<b>Total</b>	<b>1,05</b>	100

Portanto, o custo da água industrial, incluindo todas as despesas, é US\$ 1,05/m<sup>3</sup>. Este é bem menor que o custo da água potável, de US\$ 4,27/m<sup>3</sup>.

## **15) Rede de distribuição de água potável**

Para o abastecimento de água potável na região, foi elaborado o Plano 240, com objetivo de distribuir 240 l/s de água potável vindas da SABESP, para abastecer a região de Bonsucesso. A área residencial a ser atingida é de 651 hectares, com população beneficiada de 78.102 habitantes, com as obras no valor de US\$ 10.817.809,52, média de US\$ 139,00/habitante.

Está prevista a construção de 23.232 metros de redes primária e secundária para abastecimento de água potável. A tubulação primária é de ferro fundido dúctil com 4.470 metros com diâmetro de 200mm, 1.200 metros, com diâmetro de 300mm, 8.340 metros, com diâmetro de 400mm 1.170 metros, com diâmetro de 500mm 52 metros, com diâmetro de 600mm. A tubulação secundária prevista é de 8.000 metros em rede de PVC com diâmetro de DN75.

Dentre as obras, constam: reservatório com 4.000 m<sup>3</sup> de capacidade , três conjuntos motor bomba de 300 CV, posto de transformação e as redes primárias e secundárias.

Para o sistema de água de abastecimento público de água potável estão orçados em US\$ 10.817.809,52 , sendo que para o sistema de água industrial, está previsto em US\$ 17.668.374,10. O sistema de abastecimento de água tem menor orçamento, pois existem obras executadas em diversos bairros, como a Cidade Aracília, Jardim Álamo, Jardim Nova Bonsucesso, Jardim Ponte Alta, Jardim Carmela, Jardim Santa Paula e Jardim Triunfo. Lembramos, ainda, que a área abrangida pela água industrial é de 1.227 hectares, enquanto, para água potável, é de somente 651 hectares, incluindo os bairros já citados, e acrescentando Jardim Fátima e Jardim Campestre.

## 15) Avaliação de algumas indústrias

A avaliação do consumo de 11 indústrias existentes em Bonsucesso não oferece uma amostragem correta do que consumo industrial na região. Para obtenção de dados mais significativos, é necessário a avaliação total do universo de indústrias da região. Os dados da Tabela 15 servem apenas para orientação.

**Tabela 15: Avaliação de onze indústrias na região de Bonsucesso, em Guarulhos, com objetivo de uso de água industrial.**

Tipo de indústria	Consumo total m <sup>3</sup> /dia	Número de funcionários	Consumo mensal m <sup>3</sup>	Consumo doméstico m <sup>3</sup>
Art. de papel	13	68	390	143
Concreto	80	30	2400	63
Cosméticos	9	66	270	139
Filtros	12	70	360	147
Fios	60	---	1800	----
Gráfica	35	258	1050	542
Metalúrgica	250	300	7500	630
Metalúrgica	6	100	180	210
Pintura	0,8	10	24	21
Pneus	0,8	11	24	23
Trefilação	8	55	240	116
TOTAL	475 m <sup>3</sup> /dia	968 func.	14.238 m <sup>3</sup> /mês	2.033 m <sup>3</sup> /mês

Cada operário usa por dia 70 litros de água, que corresponde ao consumo doméstico em uma indústria. Observamos que o consumo doméstico corresponde a 16% do consumo total, e que o consumo industrial é grande, ou seja, de 84%. Temos em média, 10 funcionários por firma. O consumo de água industrial por firma é, em média, de 1.087 m<sup>3</sup>.

Entretanto, a média do consumo de água das indústrias de Guarulhos é de 203 m<sup>3</sup>. Considerando somente o consumo industrial, teremos uma média de 170 m<sup>3</sup>/mês para cada indústria. Para o total de 318 indústrias, teremos um consumo de 54.060 m<sup>3</sup>/mês, que corresponde a 18% do volume total a ser distribuído.

Como o consumo estimado pela avaliação das 11 indústrias é baixo, conclui-se que as obras deverão ser feitas em duas etapas e que é imprescindível um questionário industrial para a região, antes de ser tomada qualquer atitude.

## **16) Considerações finais**

Existem no local 318 indústrias, conforme dados fornecidos pela CETESB. Seria importante fazer um questionário industrial para verificação do interesse das indústrias na água industrial e conhecimento do volume certo da demanda. A depender do volume de vendas, o Sistema de Água Industrial de Bonsucesso poderá ser implantado em duas etapas. A ETA seria instalada em duas etapas, com capacidade de 70 litros por segundo cada e a rede distribuidora, primeiramente os trechos mais próximos à Via Dutra, utilizando as indústrias que têm mais interesse em adquirir a água potável. Abaixo fornecemos modelo de Questionário Industrial usado em Guarulhos em 13 de setembro de 1995 na região de Bonsucesso.

Prezados Senhores:

Tendo em vista que o SAAE de Guarulhos está elaborando estudos técnicos para implantação de rede de água potável e de rede de água industrial (não-potável), vimos solicitar que no prazo máximo de 15 (quinze) dias a contar do recebimento deste, seja enviado ao SAAE, questionário de Água Potável e Água Industrial em anexo, cujo endereço é Avenida Emílio Ribas, 1247 - Bairro de Gopouva, Guarulhos - CEP 07020-010. Quaisquer dúvidas quanto ao preenchimento, telefonar para 208-0764 - falar com Eng. Plínio Tomaz.

Antecipadamente, agradecemos a cooperação de V.S.as..

Atenciosamente,

SUPERINTENDENTE



QUESTIONARIO DE ÁGUA POTAVEL E ÁGUA INDUSTRIAL (NÃO POTAVELI

01) Nome do consumidor (indústria, hospital, escola, posto de gasolina, etc.)

.....

02) Localização n° Bairro

.....

03) Atividade (têxtil, mecânica, farmacêutica, hospitalar, etc.)

.....

04) Número de funcionários (datilógrafos, operários, etc.).....

05) Período de trabalho (8 horas, 12 horas, 24 horas, etc.).....

06) Volume de água consumida atualmente:

a) poços artesianos, poços semi-artesianos, poços profundos, poços rasos

..... litros/dia.

b) captação em rios, córregos, etc. .... litros/dia.

c) caminhão - tanque. .... litros/dia.

d) água de chuva ..... litros/dia.

TOTAL ..... litros/dia.

07) Volume de água potável .....litros/dia

Volume de água industrial (não-potável).....litros/dia

08) Previsão de consumo futuro .....litros/dia.

09) Há interesse em receber água potável do SAAE (sim ou não).....

- Caso positivo, qual o volume pretendido em litros/dia.

a) atualmente .....litros/dia.

b) no futuro .....litros/dia.

9.1) Há interesse em receber água industrial do SAAE (sim ou não).....

- Caso positivo, qual o volume pretendido em litros/dia.

a) atualmente .....litros/dia.

b) no futuro .....litros/dia.

10) Área total do terreno (m<sup>2</sup>).....

11) Área total construída (m<sup>2</sup>) .....

=====