



I-037 - ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTOS DO MUNICÍPIO DE BAURU - SP

Carlos Alberto Ferreira Rino⁽¹⁾

Engenheiro Especialista em Controle da Poluição Ambiental (USP, 1999). Mestre em Engenharia Química (UNICAMP, 1996); Engenheiro de Segurança do Trabalho (UNESP, 1994); Engenheiro Químico (UNICAMP, 1989). Auditor Ambiental Líder (ISO 14.001). Presidente da Subseção Bauru da ABES. Engenheiro da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Agência Ambiental de Bauru.



Nilton José Saggio

Engenheiro Eletricista pela Universidade de Bauru (atual UNESP) - 1985. Foi diretor do Serviço de Eletromecânica e das Divisões de Produção e de Planejamento do Departamento de Água e Esgoto de Bauru. Especialista em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Mestre em conservação de energia na área de saneamento pela Universidade Estadual Paulista. Coordenador Técnico da ABES - Subseção Bauru. Consultor na área de engenharia elétrica aplicada a saneamento.

Endereço⁽¹⁾: Rua Gustavo Maciel, 3.065 - apto. 71 - Bauru - SP - CEP: 17017-230 - Brasil - Tel: (14) 227-3671 - e-mail: rino@techno.com.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar várias das alternativas técnicas disponíveis para tratamento de esgotos, objetivando a adoção do sistema de tratamento mais adequado para a cidade de Bauru - SP.

Considerando-se basicamente critérios técnicos, inicia a análise com estudos populacionais, que servirá de base à quantificação da carga orgânica e do volume de esgotos a ser tratado. Em seguida discorre sobre as condições do corpo receptor do efluente, no caso o Rio Bauru, sobre a legislação vigente e sobre a localização da ETE, entre outros parâmetros de projeto.

Quanto aos sistemas de tratamento, foram selecionados nove deles e realizados seus pré-dimensionamentos para as condições de Bauru, com cálculos de eficiência para a remoção de DBO, área ocupada e outros parâmetros importantes.

Na seqüência, com todos os dados levantados foi efetuada uma análise comparativa para duas situações: i) mantendo o corpo receptor na mesma classe; e ii) reenquadrando-o na classe imediatamente superior. Para cada uma dessas situações foram sugeridas as alternativas compatíveis e, finalmente, apresentada uma alternativa que julga-se seja a mais adequada, com as correspondentes justificativas técnicas.

Concluindo, são apresentados alguns parâmetros monetários, objetivando fornecer apenas uma ordem de grandeza dos custos do tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgotos, Bauru.

INTRODUÇÃO

O município de Bauru foi fundado através da lei 428 de 1º de Agosto de 1896, possui área total de 702 km², uma área urbana de 120 km² e está localizado na região central do Estado de São Paulo. Confronta-se ao Norte com o município de Reginópolis, a Noroeste com Avaí, a Nordeste com Arealva, a Leste com Pederneiras, ao Sul com Agudos e a Sudoeste com Piratininga. A Figura 1 mostra a localização de Bauru e os municípios vizinhos.

O território do município está contido em duas grandes bacias hidrográficas: a bacia Tietê-Batalha e a bacia Tietê-Jacaré. A primeira, onde se localiza o Rio Batalha e seus afluentes, contém cerca de 74,3 % da área total do município e possui características tipicamente rural, enquanto que a segunda, onde se localiza o Rio Bauru e seus afluentes, contém 25,7 % da área total, sendo esta tipicamente urbana.



Figura 1. O município de Bauru e seus vizinhos.



Assim como muitas cidades brasileiras, a cidade de Bauru não está isenta dos problemas relativos a saneamento. Ao contrário, quase toda a área urbana está localizada às margens do Rio Bauru, que também recebe todo seu esgoto 'in natura'. Como fator agravante, a cidade vem apresentando nos últimos anos uma taxa de crescimento populacional bem superior a média nacional, apresentando-se da ordem de 2,3 % na década de noventa, depois de ter permanecido superior a 3,0 % na década anterior. Como conseqüência o pequeno Rio Bauru encontra-se totalmente sem vida, transformando-se em foco de transmissão de inúmeras doenças.

METOLOGIA

A metodologia consiste na análise de várias tecnologias disponíveis para o tratamento de esgotos sanitários, sugerindo-se as mais adequadas tecnicamente para a cidade de Bauru. Cabe observar desde o início que se pretende tratar a totalidade dos esgotos gerados na zona urbana do município, a fim de atender a legislação vigente.

São analisados os seguintes sistemas de tratamento de esgotos:

- Lagoas Facultativas Primárias
- Lagoas Anaeróbias seguidas de Facultativas (Sistema Australiano)
- Lagoas Aeradas Mecanicamente seguidas de Lagoas de Decantação
- Filtros Biológicos Aeróbios de Alta Taxa
- Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB)
- Lodos Ativados Convencional
- Lodos Ativados com Aeração Prolongada Contínuo
- Lodos Ativados com Aeração Prolongada em Bateladas
- UASB seguido de Lodos Ativados Convencional



Durante a análise, são considerados aspectos como disponibilidade de áreas, geração de odores, topografia, geração e destinação de lodo, domínio tecnológico, características do corpo receptor, entre outros. Os sistemas mais adequados ao município serão apontados, com as correspondentes justificativas técnicas.

ESTUDOS PRELIMINARES

ESTUDOS DEMOGRÁFICOS

Este item apresenta a forma como foram obtidas as projeções demográficas que possibilitaram os cálculos estimativos das vazões de contribuição de esgotos para os próximos anos, cujos resultados serviram de base para o desenvolvimento deste estudo.

De acordo com os dados apresentados pela Fundação SEADE (1999) sobre os levantamentos do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a evolução da população de Bauru ocorreu conforme a Tabela 1.

Ano	População (hab)		
	urbana	rural	total
1980	179,823	5,860	185,683
1985	211,290	5,641	216,931
1990	246,591	5,429	252,020
1995	280,509	5,124	285,633
1998	299,870	4,879	304,749

Tabela 1. Evolução da população de Bauru.

Estes dados representam uma taxa de crescimento geométrico de 3,09 % ao ano no período de 1980 a 1991 e de 2,34 % ao ano no período de 1991 a 1996, para a população total do município, demonstrando uma tendência de queda na taxa de crescimento. Considerando-se que este trabalho consiste em um estudo para o atendimento de 100 % da população urbana, esta população será estimada para os anos seguintes, dentro do horizonte de projeto.

Segundo VON SPERLING (1995) existem vários métodos para estimar-se o crescimento populacional, tais como: Projeção Aritmética, Projeção Geométrica, Regressão Multiplicativa, Crescimento Logístico, entre outros, sendo entretanto, todos eles dependentes do bom senso e da percepção do analista. Neste estudo adotou-se o Método da Projeção Aritmética com Taxa de Crescimento Variável.

Assim, para o período entre 1998 e 2010 a taxa de crescimento foi mantida em 2,34 % ao ano e no período entre 2011 e 2020 a taxa de crescimento adotada foi de 1,75 %. Desse modo, a evolução populacional adotada para o desenvolvimento dos trabalhos objeto deste estudo deverá ser conforme apresentado na Tabela 2.

VAZÕES DOS ESGOTOS AFLUENTES

Neste trabalho considerou-se que no período entre 1998 e 2010 o consumo 'per capita' será mantido na média de 220 litros por habitante dia, e no período entre 2011 e 2020 o consumo médio 'per capita' será de 250 litros por habitante dia.

Considerou-se os seguintes fatores: $K_1=1,2$; $K_2=1,5$ e $K_3=0,5$ como sendo os coeficiente do dia de maior geração, hora de maior geração e hora de menor geração de esgotos, respectivamente. As vazões domésticas após a aplicação adequada destes coeficientes redundaram nas vazões mínima, média e máxima.

Além dos esgotos domésticos, deve-se considerar os volumes captados pelas redes coletoras de esgotos devido a infiltrações nestas redes. No município de Bauru praticamente todo esgoto produzido na área urbana é coletado, ou seja, o nível de atendimento para coleta e afastamento de esgoto sanitário está muito próximo de 100 %. Entretanto, nem toda a área urbana, que é de 6.198,29 hectares, é dotada de redes coletoras, mas apenas aquelas áreas onde existe concentração de pessoas, ou seja, o crescimento da rede coletora se dará de forma a atender os vazios urbanos a serem ocupados.



Ano	População Urbana (hab)	Ano	População Urbana (hab)
1998	299,870	2010	395,802
1999	306,887	2011	402,729
2000	314,068	2012	409,776
2001	321,417	2013	416,947
2002	328,938	2014	424,244
2003	336,636	2015	431,668
2004	344,513	2016	439,222
2005	352,575	2017	446,909
2006	360,825	2018	454,730
2007	369,268	2019	462,687
2008	377,909	2020	470,784
2009	386,752		

Tabela 2. Estimativa da evolução da população de Bauru.

No ano de 1998 a extensão da rede coletora apresentou o índice de 120 metros por hectare, sendo previsto um crescimento linear no período entre 1998 e 2020 até atingir o índice de 160 metros por hectare. Quanto ao coeficiente de infiltração, adotou-se o valor de 0,20 litros por segundo por quilômetro, valor este corrente nos projetos de engenharia sanitária no município. Este valor foi mantido constante para todo o período de estudo.

Para estimar-se a parcela industrial foi utilizada metodologia sugerida por DAE/CETESB (1990), onde esta vazão deve ser determinada a partir da concentração média encontrada em ensaios de campo que era da ordem de 450 mg/l e representava 6 % da carga doméstica média no ano de 1998, devendo atingir 15 % no ano de 2020, admitida uma evolução linear neste período. Assim, a parcela industrial na vazão foi calculada de maneira inversa, ou seja, partindo-se da carga estimada determinou-se a vazão de contribuição.

Deste modo, as vazões de contribuição para alguns dos anos de estudo estão representadas na Tabela 3.

Ano	População Urbana Atendida	Doméstica			Infiltração (l/s)	Industrial (l/s)	TOTAL (l/s)	
		Qmin (l/s)	Qmédia (l/s)	Qmáx (m ³ /d)				
1998	299.870	305,42	610,85	52.777	1.099,52	148,76	27,77	787,37
2000	314.068	319,88	639,77	55.276	1.151,58	153,27	33,05	826,08
2010	395.802	403,13	806,26	69.661	1.451,27	175,80	66,63	1048,70
2020	470.784	544,89	1.089,78	94.157	1.961,60	198,34	108,98	1397,10

Tabela 3. Vazões estimadas de Contribuição.

CARGA ORGÂNICA DOS ESGOTOS AFLUENTES

Das três parcelas de esgotos, considerou-se neste trabalho que a parcela correspondente à infiltração não apresenta carga poluidora, ou em linguagem popular, considerou-se tratar de 'água limpa'. A parcela correspondente a esgotos domésticos normalmente apresenta como carga orgânica o valor consagrado de 54 g de DBO₅ por habitante por dia. Entretanto, de acordo com recomendação de DAE/CETESB (1990) foi adotado o valor de 60 g por habitante dia, procurando assim compensar as contribuições de pequenas indústrias espalhadas pela cidade. Finalmente, conforme exposição já feita no sub-item anterior, a carga poluidora industrial foi considerada como variando de 6 % em 1998 até 15 % no ano 2020, seguindo recomendação de DAE/CETESB (1990).

Diante disso, a carga orgânica afluente à ETE deverá ser a apresentada na Tabela 4.



Ano	População Urbana Atendida	Doméstica (kgDBO/d)	Industrial (kgDBO/d)	TOTAL (kgDBO/d)	Concentração DBO (média) (mg/l)
1998	299,870	17,992	1,080	19,072	280
2000	314,068	18,844	1,285	20,129	282
2010	395,802	23,748	2,591	26,339	291
2020	470,784	28,247	4,237	32,484	269

Tabela 4. Carga Orgânica Estimada de Contribuição.

TOPOGRAFIA

A cidade de Bauru está plantada sobre duas sub-bacias hidrográficas: a sub-bacia do Rio Bauru, que abriga cerca de 90 % da área urbana e recebe aproximadamente este percentual de todo o esgoto gerado, e a sub-bacia do Rio Batalha que abriga os 10 % restante da área urbana. O Rio Batalha possui ainda a particularidade de ser o único manancial de água superficial utilizado para captação de água para abastecimento público e, recentemente, transformou-se em área de preservação ambiental.

O RIO BAURU

O Rio Bauru constitui-se no principal rio que corta a cidade. Sua nascente situa-se próximo à área urbana, na região sul do município, nas imediações da Rodovia SP-225 que liga Bauru a Ipaçu. De acordo com o DECRETO Estadual nº 10.755 (1977), está enquadrado como Classe 4 desde sua nascente até a confluência com o Ribeirão Grande, já no município de Pederneiras, de onde passa a ser Classe 3 até sua foz junto ao Rio Tietê, também no município de Pederneiras.

A região de Bauru, de acordo com dados do IPMET (1999), apresenta a média anual de precipitação pluviométrica de 1602 mm, com os seguintes valores anuais, mostrados na Tabela 5.

ANO	PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm)	ANO	PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm)
1981	1358	1990	1505
1982	1883	1991	1733
1983	2007	1992	1425
1984	1070	1993	1983
1985	1444	1994	1405
1986	1338	1995	1929
1987	1709	1996	1507
1988	1071	1997	1904
1989	2001	1998	1573

Tabela 5. Precipitação Anual em Bauru.

Seguindo metodologia apresentada por DAEE (1994), e para a média pluviométrica anual, determinou-se a vazão média do Rio Bauru e a vazão mínima de sete dias consecutivos com um período de recorrência de dez anos, o chamado $Q_{7,10}$. Os valores obtidos foram:

$$Q_{\text{média}} = 1.495 \text{ litros por segundo}$$

$$Q_{7,10} = 617 \text{ litros por segundo}$$



Cabe observar que para os cálculos que redundaram nos valores acima, foi considerada uma área da bacia de 135 km², que compreende a sub-bacia do Rio Bauru até o ponto onde se pretende efetuar o despejo do efluente final após tratamento.

Quanto a qualidade das águas do Rio Bauru, foram efetuadas análises de DBO_{5,20°C} e OD em oito pontos, atravessando todo o perímetro urbano do município, durante o ano de 1999. Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 6.

PONTO	REFERÊNCIA	DBO (mg/l)	OD (mg/l)
1	Rodovia Bauru-Ipauçu	3	8,30
2	Ponte Pq. Nações - Jd. América	14	3,70
3	CEVAL Alimentos	39	2,30
4	Fórum	132	1,80
5	Rodoviária	149	1,60
6	Santa Luzia	94	0,54
7	Ponte Mary Dota - Distrito I	86	0,49
8	Pederneiras	78	1,09

Tabela 6. Resultado de Análises no Rio Bauru.

LEGISLAÇÃO

A legislação do estado de São Paulo, através do DECRETO Estadual nº 8.468 (1976), apresenta, dentre outros, os artigos ora destacados:

Art. 11 - Nas águas de Classe 2 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes parâmetros ou valores:

- IV - demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em cinco dias, a 20°C, em qualquer amostra, até 5 mg/l;
- V - oxigênio dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l.

Art. 12 - Nas águas de Classe 3 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes parâmetros ou valores:

- IV - demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em cinco dias, a 20°C, em qualquer amostra, até 10 mg/l;
- V - oxigênio dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l.

Art. 13 - Nas águas de Classe IV não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes valores ou condições:

- IV - oxigênio dissolvido (OD) superior a 0,5 mg/l em qualquer amostra.

Art. 18 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedeçam às seguintes condições:

- I - pH entre 5,0 e 9,0 ;
- II - temperatura inferior a 40° C;
- III - materiais sedimentáveis até 1,0 ml/l em teste de uma hora em “cone de imhoff”;
- IV - substâncias solúveis em hexana até 100 mg/l;



V - DBO 5 dias, 20° C no máximo de 60 mg/l. Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluentes de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20° C do despejo em no mínimo 80% ;

§ 1º - Além de obedecerem aos limites deste artigo, os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o enquadramento do mesmo na classificação das águas.

OS VENTOS

Quanto aos ventos, de acordo com dados do IPMET (1999), o vento predominante é de Sudeste-Leste (ESE), apresentando velocidades médias de 8 km/h para os fracos e 29,8 km/h para os fortes.

DEFINIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

Considerando-se que:

- A cidade de Bauru localiza-se em duas sub-bacias, a saber, a sub-bacia do Rio Batalha e a sub-bacia do Rio Bauru;
- A sub-bacia do Rio Bauru recebe a maior parte do esgoto gerado, atingindo valores da ordem de 90 % do total;
- Rio Batalha está enquadrado como Classe 2 e constitui-se no único manancial de captação de água superficial de Bauru;
- Existe uma dificuldade imposta pela topografia de se concentrar todo o esgoto gerado na sub-bacia do Rio Batalha, necessitando de emissários longos e estações elevatórias de esgotos;
- Existe uma grande área de preservação ambiental às margens do Rio Batalha ao longo de todo o perímetro urbano;
- A eficiência de sistemas de tratamento de esgotos que lançam o efluente em rios classe 2 deve ser elevada, bem como seu controle operacional;
- A vazão total afluente de esgoto para a sub-bacia do Rio Batalha é de apenas 10 % do total gerado na cidade;
- Seria necessário a construção de diversas pequenas estações de tratamento na sub-bacia do Rio Batalha, aproximadamente três delas, com alta eficiência;
- Adotando-se critérios de economia de escala, o custo de construção e operação de estações de tratamento na sub-bacia do Rio Batalha será maior do que o simples bombeamento do esgoto ali gerado para a sub-bacia do Rio Bauru.

Optou-se por realizar todo o tratamento de esgotos da cidade na sub-bacia do Rio Bauru. Desta forma, o esgoto gerado na sub-bacia do Rio Batalha deverá ser bombeado para um ponto da rede coletora existente junto ao divisor de sub-bacias, incorporando-se assim ao esgoto gerado na sub-bacia do Rio Bauru.

HORIZONTE E ETAPAS DE PROJETO

De acordo com VON SPERLING (1995), a seleção de um horizonte de projeto e sua subdivisão em etapas de implantação são itens que afetam, não só a economia da implantação e operação da estação de tratamento de esgotos, como o seu próprio desempenho.

O horizonte de projeto de uma estação deve ser relativamente curto, no máximo de 20 anos. Este horizonte deve ser dividido em etapas de implantação da ordem de até 10 anos.

Ainda, segundo VON SPERLING (1995), os estudos preliminares devem ser feitos considerando-se todo o horizonte de projeto, de forma a subsidiar a desapropriação de toda a área necessária. No entanto, o projeto e a construção das unidades deve resumir-se a cada etapa de implantação, sendo as seguintes algumas das razões para este procedimento:



- A divisão em etapas é um fator economicamente positivo, por transladar para o futuro uma considerável parte dos investimentos, reduzindo o valor presente dos custos de implantação;
- A cada nova etapa de implantação podem ser revistos os parâmetros de projeto, principalmente as vazões e cargas afluentes, bem como os dados obtidos com a experiência operacional da estação;
- Unidades superdimensionadas podem gerar problemas, como septicidade nos decantadores, excesso de aeração, etc.;
- A etapalização permite o contínuo acompanhamento da evolução da tecnologia permitindo que seja adotada sempre a solução mais moderna, que pode em muitos casos ser a mais eficiente e econômica;
- O projeto da estação deve prever, portanto, flexibilidade para a integração das unidades existentes ou de primeira etapa com as unidades futuras.

Diante do exposto, optou-se por adotar um período de 20 (vinte) anos como horizonte de projeto, divididos em duas etapas de 10 (dez) anos. Assim, a primeira etapa considera o período entre os anos 2001 e 2010, enquanto que a segunda etapa compreende o período entre 2011 e 2020.

ESTUDO DE AUTO DEPURAÇÃO

De acordo com VON SPERLING (1995), o modelo de *Streeter-Phelps* permite calcular a carga máxima de DBO nos esgotos, para que a concentração crítica de OD seja exatamente igual à mínima permitível. Deste modo, após o tratamento de esgotos e a mistura do efluente final às águas do corpo d'água, a fim de atender a legislação vigente quanto sua classificação, estes corpos d'água deverão apresentar os valores mínimos para OD e máximos para DBO conforme apresentado na Tabela 7.

PARÂMETRO	CLASSE 4	CLASSE 3	CLASSE 2
DBO _{5,20°C} (mg/l)	60	10	5
OD (mg/l)	0,5	4,0	5,0

Tabela 7. Parâmetros dos Corpos d'Água por Classe.

Neste trabalho, afim de determinar-se a eficiência mínima necessária para a manutenção do Rio Bauru como Classe 4 ou seu reenquadramento, foram utilizados os dados representativos das piores condições, quais sejam, vazão de esgotos no final do horizonte de projeto (ano de 2020), vazão mínima do Rio Bauru (Q_{7,10}) e profundidade do rio na situação de vazão mínima.

Para a manutenção do Rio Bauru como Classe 4 após o recebimento do efluente do sistema de tratamento de esgotos, a eficiência exigida na remoção de DBO será de 80 %, enquanto que para a classe 2 esta eficiência é de 97,0 %. Resumindo, para determinar-se a eficiência necessária é preciso definir-se inicialmente qual deverá ser a classe do Rio Bauru após o recebimento do efluente, estando as eficiências requeridas indicadas na Tabela 8.

CLASSE OBJETIVADA DO RIO	EFICIÊNCIA REQUERIDA
CLASSE 4	80,0 (%)
CLASSE 3	93,5 (%)
CLASSE 2	97,0 (%)

Tabela 8. Eficiências Requeridas para o Tratamento.



RESULTADOS

A Tabela 9 apresenta os nove tipos de sistemas de tratamento de esgotos que foram dimensionados e analisados para o município de Bauru.

SISTEMAS DE TRATAMENTO	EFICIÊNCIA GLOBAL (%)	ÁREA TOTAL (m ²)	NÚMERO UNIDADES	DIMENSÕES POR UNIDADE (m)	POTÊNCIA TOTAL (CV)	*CUSTO IMPLANTAÇÃO (US\$/hab)
Lagoas Facultativas Primárias	82,2	1.800.000	12	150 x 1000	0	10 - 30
Lagoas Anaeróbias + Facultativas	80,3	884.625	5	120 x 120 165 x 985	0	10 - 25
Lagoas Aeradas + Decantação	80,0	183.600	6	95 x 180 90 x 150	1440	10 - 25
Filtros Biológicos Alta Taxa	91,4	24.270	6	Ø 25 Ø 50 Ø 45	0	40 - 70
Lodos Ativados Convencional	91,4	16.890	4	Ø 25 17 x 104 Ø 50	2400	60 - 120
Lodos Ativados com Aeração Prolongada	94,4	39.940	6	30 x 180 Ø 40	3600	40 - 80
Lodos Ativados em Bateladas	94,4	26.136	9	22 x 132	3600	50 - 80
UASB + Lodos Ativados	91,4	18.242	8 4 4	25 x 45 12 x 60 Ø 45	800	40**

Tabela 9. Sistemas de Tratamento de Esgotos Dimensionados e Analisados.

* Valor apenas de referência conforme VON SPERLING (1995) ** Conforme CAMOLESE et all (1999).

A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação de méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. Vale dizer inicialmente que não existe um sistema de tratamento que seja o melhor, mas sim o mais adequado para cada situação.

Do ponto de vista técnico, uma das principais decisões a serem tomadas é quanto ao enquadramento do Rio Bauru após o tratamento do esgoto. Conforme já exposto, existem três possibilidades, quais sejam, manter o



rio como Classe 4, reenquadrá-lo como Classe 3 ou reenquadrá-lo como Classe 2, exigindo respectivamente eficiências na remoção de DBO de 80,0 %, 93,5 % e 97,0 %.

Analisando-se os resultados em termos de eficiência global dos sistemas apresentados anteriormente, de pronto se descarta a possibilidade de reenquadramento na classe 2, pois a maior eficiência obtida nos processos pré-dimensionados foi de 94,4 %.

Mantendo o Rio Bauru como Classe 4, apenas o *Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo - UASB* implantado isoladamente não atende às necessidades, pois apresenta uma eficiência de apenas 75,3 %.

Analisando a área disponível no município, na posição onde está sugerida a implantação da ETE, na margem direita do Rio Bauru em sua confluência com o Ribeirão da Vargem Limpa, existe uma área disponível de cerca de 1.620.000 m², que somada á área existente de 3.600.000 m² na margem esquerda no mesmo ponto, totaliza uma área total de 5.220.000 m². Entretanto, observando a topografia destas áreas, a área situada à margem esquerda apresenta uma acentuada declividade, não sendo adequada sua utilização para a implantação da ETE, especialmente lagoas. Quanto à área da margem direita, também observa-se que após a confluência com o Ribeirão da Vargem Limpa, a topografia apresenta de igual modo uma certa declividade e, pelos mesmos motivos apresentados para a margem esquerda, desaconselha-se sua utilização. Deste modo, sugere-se que a ETE seja implantada na margem direita do Rio Bauru, imediatamente antes de receber as águas do Ribeirão da Vargem Limpa, em uma área de aproximadamente 270.000 m² com características adequadas à implantação de uma ETE. Assim, descartam-se os sistemas de *Lagoas Facultativas Primárias e Lagoas Anaeróbias seguidas de Facultativas*.

Adotando-se como novo critério o custo operacional e inferindo seus valores a partir da potência total instalada, descartam-se os seguintes sistemas: *Lodos Ativados Convencional, Lodos Ativados com Aeração Prolongada e Lodos Ativados em Bateladas*, pois todos apresentam elevada potência instalada, variando de 2400 a 3600 CV.

Após a aplicação dos critérios de eficiência requerida, área disponível e “custo operacional”, restam três alternativas de sistemas possíveis:

Lagoas Aeradas Mecanicamente seguidas de Lagoas de Decantação
Filtros Biológicos de Alta Taxa
UASB seguidos de Lodos Ativados Convencional

Reenquadrando o Rio Bauru como Classe 3, a eficiência mínima requerida é de 93,5 %, dentre todas as alternativas analisadas, apenas dois sistemas se mostram adequados, a saber, *Lodos Ativados com Aeração Prolongada Contínuo e Lodos Ativados com Aeração Prolongada em Bateladas*.

Para a continuidade destas análises, torna-se necessário a adoção de critérios mais apurados, especialmente os de ordem econômica e financeira, que fogem do escopo deste trabalho. Também deverá ser observado o volume de lodo gerados por estes sistemas e sua caracterização, especialmente quanto à estabilidade, uma vez que a definição da destinação final do lodo constitui-se muitas vezes em um problema de difícil solução, devendo ser analisado em conjunto com o sistema a ser adotado.

CONCLUSÕES

Considerou-se o reenquadramento do rio Bauru como Classe 3. Desta forma, além de atender a legislação, seria atendida também a expectativa de entidades ambientalistas e da população de que após a implantação de um sistema de tratamento de esgotos, será possível a existência de peixes no Rio Bauru. Deste modo, a solução, em princípio, seria a adoção de um dos dois sistemas: ou *Lodos Ativados com Aeração Prolongada Contínuo* ou *Lodos Ativados com Aeração Prolongada em Bateladas*.

Posteriormente, foi considerado o sistema misto *UASB seguido de Lodos Ativados com Aeração Prolongada*, seja ele contínuo ou em bateladas, devendo ser utilizado como fator decisório os aspectos econômicos e



financeiros. Esta é, portanto, a proposta de alternativa técnica e ambiental para a cidade de Bauru, que deverá apresentar um eficiência da ordem de 94 %.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Indicadores sociais mínimos - Domicílios por condição de saneamento e luz elétrica 1996*. [citado em 05 de novembro de 1999]. Disponível no endereço: <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/população/condicaodevida>>.
2. SEADE. Informações dos Municípios Paulistas - Saneamento. [citado em 15 de novembro de 1999]. Disponível no endereço: <<http://www.seade.gov.br>>.
3. Von Sperling M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 1995.
4. DAE/CETESB. *Plano de Diretrizes Básicas para o Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários da Cidade de Bauru*. Bauru:1990.
5. DECRETO ESTADUAL N° 10.755. *Dispõe sobre enquadramento dos corpos d'água receptores na classificação prevista no decreto 8.468 de 08 de setembro de 1976 e dá outras providências*. 22 de Novembro de 1977. Governador do Estado de São Paulo: PAULO EGYDIO MARTINS.
6. IPMET - Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP. *Precipitação Pluviométrica Total Mensal*. Bauru:1999.
7. DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. *Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo*. São Paulo:1994.
8. DECRETO ESTADUAL N° 8.468. *Aprova o regulamento da lei n° 997 de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e controle da poluição do meio ambiente*. 08 de Setembro de 1976. Governador do Estado de São Paulo: PAULO EGYDIO MARTINS.
9. IPMET - Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP. *Direção e velocidade dos ventos em Bauru*. Bauru:1999.
10. Camolese J E, Leme H M P, Merli G L. ETE - Piracicamirim - Proposta alternativa para tratamento de esgoto de 100.000 habitantes (licitação, construção e operação). *ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental: 20° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 1999*. Anais - p. 710-718.