

Saneamento Ambiental

MONITORAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS COMO INSTRUMENTO DE OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE LIDOS ATIVADOS E SUAS IMPLICAÇÕES

Solange Vieira da Silva

Mestre em história social da ciência pela FFLCH-USP, especialista em engenharia de saneamento básico pela FSP-USP. Especialista em entomologia médica pela FSP-USP. Graduada em ciências biológicas pelo Instituto de Biociências da USP.
sovieira@usp.br

Rosemara Augusto Pereira

Engenheira civil formada pela PUC-Campinas, especialista em engenharia de saneamento básico pela FSP-USP. Responsável pela coordenação dos projetos da Empresa VSTECH.
rosemara@ustech.com.br

Roque Passos Piveli

Engenheiro civil pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP (EESC-USP). Doutor em engenharia hidráulica e sanitária pela Escola Politécnica da USP e mestre em engenharia hidráulica e saneamento pela EESC-USP.
roque.piveli@poli.usp.br

Hernan Junqueira Criscuolo

Engenheiro civil pela Autarquia Municipal de Ensinos de Poços de Caldas – atua PUC-Poços de Caldas. Especialista em engenharia de saneamento básico pela FSP-USP.
hjciscuolo@sabesp.com.br

RESUMO

As variações na composição dos esgotos que chegam às estações de tratamento de esgoto (ETE) causam grandes transtornos operacionais. Em geral, dados os procedimentos operacionais padrão e a concepção de projetos rigidamente estruturados, não há como adotar uma atitude preventiva. O caráter dinâmico do funcionamento de uma ETE também dificulta a realização de mudanças drásticas de operação quando em situações adversas. Nesse sentido, um programa de monitoramento pode auxiliar para que o processo de tratamento dos esgotos atinja seu máximo de eficiência. A adoção de parâmetros que possibilitem averiguar as características dos esgotos encaminhados à ETE, em pontos estratégicos de monitoramento, pode orientar na escolha de estratégias operacionais eficazes. Conhecer o ambiente dos microrganismos responsáveis pelos processos metabólicos envolvidos na degradação de matéria carbonácea e de nitrificação, possibilita antecipar quais parâmetros devem ser controlados. O monitoramento também pode auxiliar na identificação das possíveis fontes geradoras de poluição, possibilitando a transferência de custos de tratamento por meio da aplicação do princípio poluidor-pagador. No presente trabalho foram analisados parâmetros de caracterização do afluente e efluente das ETES Barueri e Franca.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoramento de esgotos sanitários, caracterização de esgotos, processo de lodos ativados.

ABSTRACT

Variations in the wastewater composition can cause serious operational problems in the wastewater treatment plant. Very often, the strategies adopted to overcome problems related to the biochemical process, usually caused by toxic compounds are not effective. Moreover, the concept and the operation of the wastewater treatment plants are not structured to support changes in function of the wastewater characteristics. In this way, a very structured monitoring program can help operators to achieve the maximum treatment efficiency. The precise specification of the monitoring parameters and the strategic points of measuring them can lead to a more efficient operation. Another important question is the knowledge of the biological process responsible for the carbonaceous degradation and the nitrification process. This knowledge can anticipate which parameters must effectively be controlled to guarantee the microorganisms growing and adaptation. Besides, the wastewater monitoring can identify the wastewater sources and transfer these costs to the wastewater generators by the application of principle of “who pollutes must pay for that”. In this work, the influent and the effluent of two wastewater treatment plant using sludge activated processes characteristics where analyzed. Despite of the less pollutant concentrations in the Barueri treatment plant, Franca treatment plant is more efficient. One of the reasons for that is the huge dimensions of the Barueri treatment plant, the operation complexity and great wastewater volume treated contribute to a lower treatment efficiency.

KEY WORDS

Wastewater monitoring, sludge activated process, wastewater parameters characterization.

INTRODUÇÃO

Considerando os riscos ambientais a que estão submetidos os corpos hídricos, sujeitos ao recebimento das mais diversas cargas poluentes, decorrentes do lançamento direto de esgotos e dos efluentes finais de uma estação de tratamento de esgotos, a determinação das principais características dos mesmos, identificando suas propriedades físicas e seus principais constituintes químicos e biológicos, constitui ferramenta poderosa a auxiliar na tomada de medidas, cujo objetivo seja o de otimizar os processos operacionais de uma ETE. Uma análise da viabilidade do monitoramento das características dos esgotos submetidos ao processo biológico de tratamento, a partir de dados de monitoramento das características dos afluentes e efluentes finais das estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca, referentes ao período de agosto a dezembro do ano de 2002, obtidos na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), possibilitou não só caracterizar os esgotos brutos dessas estações de tratamento como também permitiu uma avaliação geral de suas condições de funcionamento.

Este estudo possibilitou definir quais parâmetros físicos, químicos e biológicos são fundamentais na caracterização dos afluentes e efluentes, assim como a comparação entre os dados obtidos do monitoramento das características dos afluentes e efluentes finais das estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca permitiu avaliar a eficiência dessas estações em função do afluente que recebem. Essa análise foi possível pelo fato de essas unidades utilizarem o processo de lodos ativados no tratamento.

Também foi considerado um conjunto de dados isolados específicos às estações de tratamento de esgotos estudadas, cuja análise possibilitou evidenciar aspectos representativos de cada uma delas, os quais indicaram particularidades das regiões a elas associadas.

A escolha dos parâmetros utilizados na análise comparativa entre as duas estações de tratamento de esgotos levou em consideração a relevância para a caracterização e a constância no período de referência, e para a análise de eficiência no tratamento consideraram-se as concentrações dos vários parâmetros presentes no afluente e no efluente final.

No que se refere ao efluente devem ser considerados não só os riscos ambientais, mas também o fato de suas características apresentarem grande interferência na segurança e na saúde dos trabalhadores que operam o sistema, e na preservação das instalações de coletas e transporte dos esgotos, permanentemente sujeitos à corrosão, incrustação ou mesmo obstrução e condições que podem gerar explosões.

Os resultados obtidos a partir do monitoramento do afluente e efluente permitem não só avaliar a eficiência do tratamento efetuado pelas ETEs em questão, mas também possibilitam identificar problemas em potencial, orientando nas ações que conduzem a uma otimização dos processos operacionais dentro dessas ETEs.

Monitoramento das características dos esgotos

O monitoramento das características dos esgotos deve basear-se em um conjunto de ações que tenha por objetivo avaliar a eficiência do sistema de tratamento de efluentes por meio de medições repetitivas, de forma discreta ou contínua. Essa avaliação só é possível quando se dispõem de informações

confiáveis obtidas a partir de dados observados nas diversas fases do fluxo de um sistema de esgotos, para um efetivo conhecimento do que está ocorrendo no meio. É assim que os sistemas de monitoramento de esgotos devem ser planejados, pois de nada adianta obter dados isolados os quais não possibilitam conclusões acerca do meio em questão.

O conceito de monitoramento das características dos esgotos é muito mais amplo do que simplesmente verificar se os padrões legais de emissão e lançamento de efluentes estão sendo obedecidos ou não. Um plano de monitoramento eficaz deve atender às necessidades de responder o que está divergindo das características esperadas e por que está ocorrendo, para que medidas eficientes sejam tomadas.

METODOLOGIA

Este estudo se baseou em dados secundários gerados a partir das informações que constam nos relatórios técnicos das estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca, fornecidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, nos quais constam valores médios mensais para diversos parâmetros de caracterização dos esgotos. Salienta-se que neste trabalho foram selecionados os dados correspondentes ao período de agosto a dezembro de 2002. Esses dados são apresentados no item reservado à análise de dados.

Processo de tratamento dos dados

Primeiramente, os dados foram tabulados em Excel (Microsoft Office 2000 Premium), a partir do qual foram gerados os gráficos temporais que auxiliaram no processo de análise.

A definição dos parâmetros utilizados para análise considerou, como aspectos importantes, a constância durante o período de referência e os valores médios mensais. Para a análise de eficiência no tratamento consideram-se as concentrações desses vários parâmetros presentes no afluente e no efluente final e, posteriormente, a análise de dados isolados possibilitou o reconhecimento de particularidades inerentes a cada uma das estações de tratamento estudadas. O estudo comparativo a partir desses dados foi possível, uma vez que ambas se utilizam do processo de lodo ativado para tratamento dos esgotos que chegam nas estações de tratamento.

DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS ANALÍTICOS

Foram objetos de estudo deste trabalho as estações de tratamento de esgotos de Barueri e Franca, para as quais foram analisadas as características dos esgotos que chegam às estações de tratamento e do efluente final, a fim de identificar a eficiência de ambas.

Estação de tratamento de esgotos de Barueri

O sistema de esgotos de Barueri é responsável pela coleta, transporte e tratamento das contribuições de esgoto provenientes das regiões: centro, norte, sul e oeste da região metropolitana de São Paulo, além de municípios das regiões oeste e sudoeste da Grande São Paulo, que são: Osasco, Taboão da Serra, Carapicuíba, Barueri, Cotia, Jandira e Itapevi.

Esse sistema de esgotos possui a maior e a mais complexa rede de coleta e transporte de esgotos da RMSP, abrangendo uma área de cerca de 1.200 km², na qual estão presentes os

rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, além dos reservatórios Billings e Guarapiranga.

O processo de tratamento dos esgotos do sistema Barueri é do tipo lodos ativados convencional e em nível secundário.

O tratamento compreende: tratamento preliminar, pelo gradeamento e desarenação; decantação primária em tanques retangulares; aeração por ar difuso em dois conjuntos de tanques de aeração; clarificação final em decantadores circulares com extração de lodos por sifonamento; tratamento de lodos por adensamento, por gravidade para lodos primários e por flotação para lodos secundários; digestão anaeróbia e desidratação mecânica dos lodos produzidos.

A ETE Barueri lança seu efluente final no rio Tietê, o qual pertence à classe O4, de acordo com o Decreto n. 10.755/77.

Atualmente, a ETE Barueri tem capacidade nominal estabelecida em 9,5 m³/s e trata cerca de 6,0 m³/s. A configuração final prevista, no atual plano diretor da Sabesp, é de 28,5 m³/s, correspondendo a três módulos de 9,5 m³/s.

Estação de tratamento de esgotos de Franca

O município de Franca é atendido por cinco subsistemas de esgotos. Nesse projeto estão sendo estudados apenas os esgotos encaminhados à ETE Franca.

A ETE de Franca está localizada na margem esquerda do córrego dos Bagres, a jusante do cruzamento deste com a rodovia SP-345.

A ETE Franca lança seu efluente final do córrego dos Bagres, o qual pertence à classe O4, de acordo com o Decreto n. 10.755/77.

O processo de tratamento dos esgotos da ETE Franca é do tipo lodos ativados convencional e em nível secundário.

O esgoto chega à ETE pelo emissário dos Bagres. Nessa fase é realizado um tratamento preliminar; em seguida, o efluente é enviado para o poço de sucção da estação elevatória de esgoto bruto, de onde é bombeado até a torre de controle de nível e, em seguida, para os decantadores primários, seguido de aeração por ar difuso; clarificação final em decantadores e tratamento de lodos.

Apresentação dos dados

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, as características dos esgotos afluentes às ETEs Barueri e Franca, e as Tabelas 3 e 4 apresentam, respectivamente, as características do efluente final das ETEs Barueri e Franca.

DISCUSSÃO

A análise foi feita a partir de dados apresentados nos relatórios da Sabesp para as estações de tratamento de esgotos de Barueri e de Franca. Foi considerado o período de agosto a dezembro de 2002 pelo fato de os parâmetros usados para a comparação entre as duas ETEs estarem presentes nos dois relatórios. Não foi possível fazer uma análise comparativa para as concentrações de metais nem para as características da microfauna que compunham o lodo do tanque de aeração (reator), porque nos relatórios não há informações para esses dados no período considerado. Também não há indicações sobre as metodologias aplicadas para a obtenção e análise das amostras. Assim sendo, não podemos descartar a possibilidade que as discrepâncias apresentadas possam ser resultantes da aplicação de metodologias diferenciadas. Contudo, a análise dos parâmetros considerados permite avaliar, individualmente, as condições gerais nas

Tabela 1 – Características do esgoto bruto afluente à ETE Barueri *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	5.897	5.888	6.050	6.019	6.671
pH	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3
Coliformes _{TOTAIS} (NMP/100 ml)	3,00E+08	2,30E+07	2,80E+08	2,30E+07	7,00E+07
T °C	25	24	27	27	27
DQO (mg/L)	529	452	494	477	414
DBO (mg/L)	235	202	285	266	249
SST (mg/L)	192	183	190	221	191
SSV (mg/L)	151	139	148	170	142
OG (mg/L)	61	44	70	95	45
N _{TOTAL} (mg/L)	52	45	43	50	45
N _{ORGÂNICO} (mg/L)	36	6	9	17	12
N _{AMONÍACAL} (mg/L)	16	39	34	33	33
Níquel (mg/L)	0,073	0,098	0,092	0,090	0,078
Zinco (mg/L)	1,170	0,535	0,382	0,550	0,550
Manganês (mg/L)	0,083	0,092	0,111	0,090	0,115
Chumbo (mg/L)	0,025	0,031	0,022	0,030	0,027
Cobre (mg/L)	0,096	0,106	0,099	0,140	0,103
Cromo Total (mg/L)	0,169	0,128	0,248	0,140	0,0185
Ferro (mg/L)	5,300	3,390	5,163	3,440	2,800

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003

Tabela 3 – Características do efluente final da ETE Barueri *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	5.897	5.888	6.050	6.019	6.671
pH	7,2	7,2	7,1	6,9	7,2
Coliformes _{TOTAIS} (NMP/100 ml)	1,70E+06	9,00E+05	1,70E+06	9,00E+05	1,10E+05
T °C	25	24	27	27	27
DQO (mg/L)	67	95	75	62	53
DBO (mg/L)	36	55	55	35	29
SST (mg/L)	20	44	26	23	19
SSV (mg/L)	15	35	20	18	15
OG (mg/L)	2	2	11	ND**	ND**
N _{TOTAL} (mg/L)	17	16	12	11	11
N _{ORGÂNICO} (mg/L)	4	3	3	3	1
N _{AMONÍACAL} (mg/L)	13	13	9	8	10
Níquel (mg/L)	0,024	0,053	0,047	0,040	0,020
Zinco (mg/L)	0,090	0,193	0,116	0,110	0,110
Manganês (mg/L)	0,062	0,084	0,081	0,060	0,070
Chumbo (mg/L)	0,010	0,013	0,010	0,010	0,010
Cobre (mg/L)	0,015	0,009	0,022	0,020	0,006
Cromo Total (mg/L)	0,050	0,122	0,016	0,004	0,022
Ferro (mg/L)	0,506	0,780	0,745	0,520	0,390

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003

** Valores não-determinados

Tabela 2 – Características do esgoto bruto afluente à ETE Franca *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	287	278	299	302	376
pH	6,6	6,7	6,7	6,9	6,9
Coliformes _{TOTAIS} (NMP/100 ml)	5,00E+07	8,00E+07	2,80E+08	2,40E+08	5,00E+07
T °C	24	23	27	25	26
DQO (mg/L)	959	728	762	634	560
DBO (mg/L)	454	292	341	378	345
SST (mg/L)	340	328	330	284	283
SSV (mg/L)	292	274	281	234	228
OG (mg/L)	103	110	112	103	112
N _{TOTAL} (mg/L)	60	63	58	60	55
N _{ORGÂNICO} (mg/L)	25	41	26	42	26
N _{AMONÍACAL} (mg/L)	34	22	32	18	29

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003

Tabela 4 – Características do efluente final da ETE Franca *

Mês de referência	Ago./02	Set./02	Out./02	Nov./02	Dez./02
Q (l/s)	287	278	299	302	376
pH	7,1	7,1	7,2	7,1	6,8
Coliformes _{TOTAIS} (NMP/100 ml)	3,00E+06	1,70E+06	8,00E+05	1,70E+06	5,00E+05
T °C	23,8	23,4	27,0	25,3	25,7
DQO (mg/L)	40,5	49,0	42,6	41,0	38,7
DBO (mg/L)	11,5	9,5	9,5	10,0	9,0
SST (mg/L)	12,6	11,2	10,8	8,6	11,6
SSV (mg/L)	11,4	9,1	8,4	6,5	8,4
OG (mg/L)	0,0	1,7	5,7	8,0	8,0
N _{TOTAL} (mg/L)	26,3	23,3	24,2	33,0	25,0
N _{ORGÂNICO} (mg/L)	12,0	6,0	7,0	23,0	5,0
N _{AMONÍACAL} (mg/L)	14,3	17,3	17,2	10,0	20,0

* Dados obtidos a partir do relatório técnico fornecido pela Sabesp, 2003

quais essas ETEs estão funcionando, fornecendo indicativos da eficiência obtida por cada uma delas.

Foram analisados, para o afluente e o efluente das ETEs Barueri e Franca, os parâmetros: sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total kjeldhal (NTK) (KEENEY e NELSON, 1982), nitrogênio orgânico (N-org), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), metais, coliformes, índice volumétrico (IVL). A escolha desses parâmetros teve como base a possibilidade de verificação, a partir de seus valores referentes ao afluente e efluente, das condições gerais de funcionamento das estações de tratamento de esgotos (ETEs) Barueri e Franca. Outros parâmetros igualmente importantes para inferir as condições de funcionamento das ETEs são a caracterização da fauna microbiológica e a idade do lodo (θ). Não havendo dados sobre a fauna microbiológica que compõe os lodos dessas ETEs, no período considerado, não foi possível fazer a correlação com o parâmetro idade do lodo (θ), para a avaliação da diversidade dessa fauna e a composição relativa entre os organismos constituintes. O correlacionamento desses dois parâmetros permitiria inferir os possíveis agentes a comprometerem o bom funcionamento do sistema.

Condições de funcionamento da ETE Barueri

Para a ETE Barueri, a temperatura média nos pontos de coleta manteve-se em 26° C e o pH médio esteve por volta de 7,2. Para o período considerado, a medida para a DQO_{afiu} do afluente mostra um valor médio de 473,2 mg/L. O valor máximo atingido foi de 529 mg/L e ocorreu no mês de agosto. Para a DBO_{afiu} o valor médio foi de 247,4 mg/L.

O valor máximo atingido ocorreu no mês de outubro e chegou a 285 mg/L. A relação DQO_{afiu}/DBO_{afiu} ficou ao redor de 1,9, que segundo os valores aceitos, é típico de esgotos domésticos brutos, cujo valor varia entre 1,7 a 2,4 (BRAILE e CAVALCANTI, 1979; VON SPERLING, 1996a).

A análise para a DQO_{afiu} e DBO_{afiu} respectivamente, mostra que, em geral, nessa ETE, os valores de DBO foram em torno de 52% menor. Isso significa que próximo de 52% da matéria orgânica presente no afluente bruto de Barueri deveriam corresponder à matéria orgânica carbonácea biodegradável, já que a DBO_{5,20} mede apenas a fração biodegradável. Quanto mais este valor se aproximar da DQO, mais facilmente biodegradado será o esgoto. O tratamento biológico, normalmente, é recomendado quando a relação DQO/DBO_{5,20} for menor a 3/1, e valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável se torna pequena, ficando o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico exercido pela fração não-biodegradável sobre os microrganismos (CETESB, 2003).

Esse valor, no entanto, pode estar mascarado por alguns fatores que interferem na medição da DBO. Por exemplo, a presença de metais pesados no esgoto bruto pode estar inibindo o processo metabólico dos microrganismos presentes no tanque de aeração, ou estes microrganismos podem não estar adaptados às condições do ambiente. Também a reação de nitrificação pode interferir na medida da DBO, ou seja, a presença de nitrogênio, em meio aeróbio, favorece a ação das nitrosomonas, as quais convertem a amônia a nitrito (NO₂-), e das Nitrobacter, que convertem nitrito a nitrato (NO₃-).

Por outro lado, a DQO envolve a oxidação tanto de matéria biodegradável quanto da inerte, presentes no despejo. Dependendo da matéria presente na amostra, pode haver uma superestimativa do oxigênio requerido no afluente em questão, quando ocorre também a oxidação de matéria inorgânica. A análise dos demais parâmetros pode auxiliar na confirmação ou não das estimativas feitas a partir desses valores.

O parâmetro SST_{afiu}, que quantifica os sólidos suspensos totais presentes no esgoto bruto e, portanto, a matéria orgânica total (fração biodegradável e fração inerte) e inorgânica da ETE de Barueri teve o valor médio de 195,4 mg/L, no período considerado.

O parâmetro SSV_{afiu} quantifica a matéria volátil. Caracteristicamente, a matéria orgânica volatiliza totalmente a 550 °C. O valor médio, de agosto a dezembro de 2002, foi de 150 mg/L. O valor médio encontrado para o SSV_{afiu} do esgoto bruto da ETE de Barueri é cerca de 76% do valor médio encontrado para o SST. Esse valor indica que cerca de 76% da quantidade total de sólidos suspensos corresponde à matéria orgânica.

A análise de DBO_{afiu} mostra que 48% da matéria orgânica total presente no esgoto bruto do afluente de Barueri não é biodegradável, o que corresponde próximo de 36,48% do total de sólidos suspensos totais. Isso indica que 39,52% do valor de SST_{afiu} é composto de matéria orgânica biodegradável, restando 24% que corresponde à fração inorgânica.

Para o efluente de Barueri, o valor médio da DQO foi de 70,4 mg/L. O valor máximo ocorreu no mês de setembro de 2002, chegando a 95 mg/L.

Para a DBO_{eflu}, o valor médio permaneceu por volta de 42 mg/L. O valor máximo foi de 55 mg/L e ocorreu

nos meses de setembro e outubro de 2002. Segundo o Decreto n. 8.468/76, para a DBO, o valor máximo permitido para lançamento no corpo receptor é de 60 mg/L.

A relação $DQO_{\text{eflu}}/DBO_{\text{eflu}}$ média foi de 1,67, que, segundo a literatura, é característico de esgotos domésticos brutos. No entanto, como enfatizado por von Sperling (1996b), o valor para essa relação deve aumentar após o tratamento biológico e, usualmente, é superior a 3,0 no efluente final do tratamento biológico, uma vez que a biodegradação leva à redução da matéria orgânica biodegradável, mantendo inalterada a quantidade de material inerte.

Comparando o valor obtido para a relação DQO/DBO do afluente e do efluente, houve uma diminuição de 1,9 para 1,67, quando se esperava um aumento desse valor.

Considerando que 41% do material é inerte, e observando que a remoção da DQO foi superior a 90% e a remoção de DBO foi em torno de 87%, há indicativos que embora tenha havido eficiência na remoção de material inerte, a remoção de matéria orgânica está sendo comprometida em algum ponto do processo biológico. Pode haver material tóxico comprometendo os processos bioquímicos, ou o mais provável é haver problemas operacionais, como, por exemplo, perda de lodo ou controle inadequado da idade do mesmo, levando a um desequilíbrio no qual há excesso de processo de degradação endógena em detrimento da exógena.

Para os valores de sólidos suspensos totais do efluente de Barueri, o valor médio obtido para o SST_{eflu} no período de agosto a dezembro de 2002, foi de 26,4mg/L. O valor máximo obtido no período foi de 44 mg/L, no mês de setembro de 2002.

O valor médio para SSV_{eflu} de Barueri, no mesmo período, foi de 20,6 mg/L. E o valor máximo ocorreu no mês de novembro e foi de 35 mg/L, no mês de setembro de 2002.

Observa-se que o valor médio encontrado para o SSV_{eflu} no período considerado, foi cerca de 78% do valor para SST_{eflu} , significando que perto de 78% dos sólidos totais presentes no efluente correspondem a material orgânico. Desse total, 46,02% correspondem à fração orgânica biodegradável e 31,98% a material orgânico não-biodegradável. A fração inorgânica corresponde a 22%.

Assim, o efluente final da ETE Barueri possui as seguintes características: 46,02% corresponde à matéria orgânica biodegradável; 31,98% material orgânico não-biodegradável, aproximadamente; e cerca de 22% corresponde a material inerte, que passou incólume pelo processo.

Para a verificação da eficiência na remoção do nitrogênio, a Tabela 5 mostra os valores obtidos na ETE Barueri.

A análise dos dados mostra que houve uma baixa eficiência na remoção do nitrogênio amoniacal. Particularmente, no mês de agosto de 2002, de acordo com o relatório da Sabesp (2003), somente 20% do nitrogênio total foi removido. A Sabesp, em seu relatório de 2003, enfatiza que esta ETE não foi projetada para a remoção de compostos nitrogenados e isso, certamente, vem causando problemas operacionais.

A amônia é o produto primário do nitrogênio em muitos processos de tratamento de esgoto. Isso acontece porque a ação das bactérias nitrificantes para oxidar a amônia a nitrito (NO_2^-) e, a partir daí, a nitrato (NO_3^-), requer abundância de O_2 e os sistemas de aeração encarecem o tratamento de esgotos (MANAHAN, 1994). Assim, se o processo de lodos ativados for operado sob condições que favoreçam a manutenção do nitrogênio na forma de amônia (NH_3), este pode ser retirado da água por arraste pelo ar, desde que o pH seja mantido em nível superior ao pK_a do íon amônio (NH_4^+), favorecendo a forma gasosa do NH_3 . Na prática, o pH é mantido em níveis superiores a 11, usualmente 11,5, pela adição de cal (MANAHAN, 1994). A desvantagem desse processo é a poluição atmosférica.

No caso específico da ETE Barueri, esse procedimento parece não ser a melhor solução. Talvez seja mais conveniente e tenha menor custo promover o processo completo, favorecendo o processo de desnitrificação, logo após a nitrificação. A desnitrificação é catalisada por bactérias desnitrificantes e ocorre em ambiente anaeróbio, podendo requerer uma fonte adicional de matéria orgânica – neste caso, o metanol pode ser adicionado. Contudo, o parâmetro, usualmente, utilizado para favorecer a remoção do nitrogênio é o tempo de retenção (Sludge retention time – SRT) (GRADY, 1999).

Tabela 5 – Valores médios para NTK, $N-NH_3$ e N-org. (valores em mg/L), na ETE Barueri

Forma	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Eficiência na remoção (%)
$N-NH_3$	31	10,6	61,2
N-org	16	02,6	80,0
$N-N_{TK}$	47	13,4	70,4

Fonte: Relatório elaborado pela Sabesp de Barueri, 2003

As concentrações de metais pesados que chegam ao reator (ou tanque de aeração) tiveram as seguintes médias, apresentadas na Tabela 6, para o período considerado.

A remoção de metais solúveis deve ser feita a partir de reações de oxidação que tornem o metal em questão insolúvel, facilitando sua retirada por outros processos.

No caso do ferro e do manganês, esse processo deve garantir oxidação próxima ao mais alto estado de oxidação insolúvel. A taxa de oxidação é pH-dependente, e, quanto maior for o pH, mais rapidamente ocorre a oxidação (MANAHAN, 1994).

Os metais pesados, tais como cobre, cádmio, mercúrio e chumbo são encontrados em águas residuárias de processos industriais. Devido à toxicidade de muitos metais pesados, há uma preocupação em removê-los ou, pelo menos, reduzi-los aos níveis mais baixos durante os processos de tratamento dessas águas.

A ação tóxica de muitos metais ocorre por haver afinidade com o enxofre, causando a quebra da cadeia protéica e formando ligações com o enxofre em muitas enzimas, comprometendo a ação enzimática. O grupo carboxila ($-\text{CO}_2\text{H}$) e amina ($-\text{NH}_2$), presentes em proteínas, é também atacado por muitos metais pesados.

Cádmio, cobre, chumbo e mercúrio se ligam à membrana celular, bloqueando o transporte celular. Os metais podem precipitar biocompostos fosforados ou participarem da catalisação dessas substâncias.

No afluente de Barueri, o zinco apresentou valores que comprometem os processos bioquímicos de degradação de matéria carbonácea e os processos de nitrificação. Dado isolado, do mês de agosto de 2002, apresentou um valor de 1,17 mg/L no afluente e,

Tabela 6 – Metais presentes no afluente e efluente da ETE Barueri

Metais	Concentrações médias limites (mg/L)*		Comprometimento (fonte: Metcalf & Eddy)**	
	Afluente	Efluente	Carbonáceo	Nitrificação
Cádmio	0,01	0,005	de 15 a 26	(nada consta)
Níquel	0,068	0,02	de 1,0 a 2,5	0,25
Prata	0,02	<< 0,01	5,0	nada consta
Zinco	0,638	0,124	de 0,8 a 10,0	0,08 a 0,5
Manganês	0,098	0,07	nada consta	nada consta
Chumbo	0,027	<0,010	nada consta	nada consta
Cobre	0,1088	0,0144	1,00	0,005 a 0,5
Ferro	4.0186	0,5882	nada consta	nada consta

* Valores obtidos a partir dos dados fornecidos pela Sabesp, 2003

** Valores a partir dos quais há o comprometimento dos processos bioquímicos
Fonte: METCALF & EDDY, 1991

Tabela 7 – Mostra os valores obtidos para compostos orgânicos, para a ETE Barueri

Composto orgânico	Concentrações médias limites (mg/L)*		Comprometimento (mg/L)**	
	Afluente	Efluente	Carbonáceo	Nitrificação
Fenol	0,276	0,038	200,0	4,0 a 16,0
Surfactantes	18,8	0,86	nada consta	nada consta
fósforo total	5,32	2,64	nada consta	nada consta
óleos e graxas	63	4,6	nada consta	nada consta

* Valores obtidos a partir do relatório técnico fornecidos pela Sabesp, 2003

** Valores a partir dos quais há o comprometimento dos processos bioquímicos
Fonte: METCALF & EDDY, 1991

correspondentemente, uma eficiência de 20% na remoção do nitrogênio amoniacal. Esses resultados, entretanto, não são conclusivos e dependem da avaliação de outros parâmetros. O cobre também apresenta concentrações de risco, com valores bem próximos dos limites comprometedores (Tabela 6).

O efluente final da ETE Barueri apresenta concentrações para metais (níquel, manganês, chumbo, cobre, cromo total e ferro) abaixo dos limites máximos de lançamento. Embora a eficiência na remoção de alguns desses metais esteja acima de 70%, a presença

deles no efluente é preocupante por serem cumulativos ao longo da cadeia alimentar.

Outro aspecto a requerer atenção são as condições dos corpos d'água que recebem esses efluentes os quais, segundo a Cetesb (2003), apresentam condições elevadas desses metais.

A Tabela 7 mostra os valores obtidos para compostos orgânicos, presentes no afluente e efluente da ETE Barueri, no período considerado.

A remoção ou a diminuição das concentrações dos compostos orgânicos presentes no efluente é importante pelo

fato de, na presença de cloro, ocorrer a cloração de alguns desses compostos encontrados na água, particularmente, substâncias húmicas, levando à formação dos trihalometanos.

A presença de estruturas fenólicas ocorre naturalmente no meio ambiente, como resultado da decomposição de vegetais no solo, no metabolismo secundário de plantas e aparecem como intermediários na formação de húmus (VILLAS BÔAS, 1999). O aumento nos níveis de fenol no ambiente é devido às atividades industriais, principalmente, naqueles efluentes provenientes de refinarias, siderúrgicas e indústrias de produtos químicos orgânicos (BASTOS et al, 1997 apud VILLAS BÔAS, 1999).

A presença desse e de alguns outros compostos no reator pode comprometer os processos bioquímicos envolvidos na degradação de material. Villas Bôas (1999) demonstrou, em seu trabalho, que ocorre uma seleção dos microrganismos presentes no lodo do reator biológico, quando submetidos a ambientes estressantes, necessitando de um certo tempo para que haja uma reconfiguração da microfauna presente nesse lodo. Em ambientes restritivos, observamos uma diminuição da diversidade desses microrganismos. Na presença de concentrações variáveis de fenol, Villas-Bôas mostrou que, à medida que a concentração aumenta, ocorre uma seleção em favor de alguns grupos, tais como as do grupo *Sporosarcina*, *Klebsiella* (por exemplo, a *Klebsiella pneumoniae*).

As vazões médias para esgoto bruto apresentadas pela ETE Barueri foi de 6.105 L/s e estão dentro dos valores de projeto. Assim, esse parâmetro não deve interferir no desempenho do sistema. A Tabela 8 mostra o IVL, a relação alimento/microrganismos (F/M) e idade do lodo (θ), para o lodo retirado do reator.

Jordão (1998), em seu trabalho, discute o valor para o IVL que melhor representaria uma boa sedimentabilidade para o lodo. Mostrou que em algumas situações nas quais o lodo apresentava altas concentrações e não sedimentava, o valor encontrado para o IVL estava ao redor de 130 mL/g. De acordo com a literatura clássica sobre operações de estações de tratamento, o autor cita o MOP-11 da WEF (1990), o qual sugere um valor acima de 200 mL/g, indicando um lodo de má qualidade. No entanto, Jordão (1998) demonstrou:

(i) a viscosidade e resistência do lodo não estão relacionadas aos valores de IVL;

(ii) a temperatura afeta a viscosidade da amostra, alterando os resultados do teste;

(iii) os ensaios devem ser feitos em proveta padrão.

A utilização do índice volumétrico de lodo diluído (Diluted Sludge Volume Index – IVLD) pode ser aplicado a lodos com altas concentrações de sólidos ou

em estado de intumescimento (JORDÃO, 1998). As relações entre o IVLD e IVL são da ordem de 0,58 a 0,77. Assim, para lodos com IVL de 149 mL/g, o IVLD correspondente foi de 86 mL/g.

Desse modo, o método utilizado para medição do índice volumétrico deve ser escolhido com precaução para evitar falsos resultados que possam levar a estratégias operacionais inadequadas.

Os dados fornecidos para o IVL da ETE Barueri mostram valores superiores a 200 mL/g para os meses de agosto/2002 (251 mL/g), setembro/2002 (288 mL/g), outubro/2002 (203 mL/g). Em média, o valor do IVL para a ETE Barueri foi de 198,8 mL/g, no período considerado. Esses resultados não são satisfatórios e indicam problemas operacionais.

A Tabela 9 mostra as concentrações de coliformes presentes no esgoto bruto e efluente, para a ETE Barueri.

Não há dados para avaliar os microrganismos que compunham o lodo do reator da ETE Barueri, para o período considerado.

Tabela 8 – Valores obtidos para os parâmetros IVL; F/M, idade do lodo θ da ETE Barueri

ETE	IVL (mL/g)	Relação (F/M) (kg DBO/kg SSV.d)	Idade do lodo (θ)(d)
Barueri	198,8	0,3586	10,2

Fonte: SABESP, 2003

Tabela 9 – Comparativa dos valores para coliformes na ETE Barueri

	Mês	Esgoto bruto (NMP/100 mL)	Efluente final (NMP/100 mL)	Coliformes termotolerantes
	Ago./2002	3,0E+08	1,3E+07	7,0E+05
	Set./2002	2,3E+07	1,3E+07	9,0E+05
	Out./2002	2,8E+08	1,7E+07	3,0E+05
	Nov./2002	2,3E+07	8,0E+06	9,0E+05
	Dez./2002	7,0E+07	7,0E+07	1,3E+04
	Média	1,40E+08	2,42E+07	5,626E+05

Fonte: SABESP, 2003

Condições operacionais da ETE de Franca

A temperatura média no local de coleta das amostras foi de 23,5° C, e o pH médio foi de 6,5. A DQO_{afllu} da ETE de Franca atingiu o valor médio de 728,6 mg/L entre os meses de agosto a dezembro. O valor máximo ocorreu no mês de agosto e chegou a 959 mg/L. A DBO_{afllu} apresentou um valor médio de 362,0 mg/L e atingiu um valor máximo no mês de agosto, chegando a 454 mg/L. A relação DQO/DDBO para o afluente da ETE de Franca resultou em 2,01, e, de acordo com a literatura, caracterizaria esgoto doméstico bruto (BRAILE e CAVALCANTI, 1979; VON SPERLING, 1996a).

O SST_{afllu} médio do afluente nos meses de agosto a dezembro ficou em 313 mg/L. O SSV_{afllu} médio do afluente para o mesmo período ficou em 261,8 mg/L. Esses valores mostram que, em média, 83% do esgoto bruto que chega à ETE Franca é constituído por: 41,6% de matéria orgânica biodegradável; 42,2% de matéria orgânica inerte e 17% de matéria inorgânica.

O valor médio para a DQO_{eflu} do efluente da ETE de Franca para os meses de agosto a dezembro apresentou o valor de 42,36 mg/L e atingiu valor máximo no mês de setembro com valor de 49 mg/L.

No mesmo período, o valor médio para a DBO_{eflu} foi de 9,9 mg/L e o valor máximo foi de 11,5 mg/L no mês de agosto. A relação DQO/DBO para o efluente da ETE apresentou valor 4,278. Observamos que a relação DQO/DBO do efluente é cerca de duas vezes maior que o valor obtido para o esgoto bruto. Esse resultado está de acordo com o esperado, segundo Braile e Cavalcanti (1979), uma vez que há uma diminuição da matéria orgânica biodegradada, sem que haja diminuição significativa da matéria inerte. Esse valor é bastante satisfatório e sugere boas condições dos processos biológicos. Outros parâmetros podem ser considerados para confirmação do observado.

A DBO foi próximo de 23% da DQO, no mesmo período considerado.

A avaliação dos sólidos totais (SST_{eflu}) para o efluente mostrou valor médio de 10,96 mg/L, para os meses de agosto a dezembro.

O valor para os sólidos suspensos voláteis (SSV_{eflu}) do efluente mostrou valor médio de 8,76 mg/L, no período considerado (agosto a dezembro de 2002). O SSV_{eflu} corresponde a 80% dos sólidos suspensos totais. Desses 80%, 23% correspondem à fração biodegradável, e o restante à fração inerte (77%). O SSV_{eflu} corresponde a 80% dos SST_{eflu}, restando cerca de 20% para a fração inorgânica. Assim, podemos caracterizar o efluente como tendo as seguintes frações: 20% de inorgânica; 18,4% de orgânica biodegradável; e 61,6% de matéria orgânica não-biodegradável.

Para o afluente, o valor médio para o nitrogênio total (NTK_{afllu}) foi de 59,2 mg/L. Para o nitrogênio orgânico o valor médio, no mesmo período, foi de 32 mg/L. Para o nitrogênio amoniacal, o valor foi de 27 mg/L, valores obtidos no período de agosto a dezembro de 2002.

A presença de nitrogênio amoniacal, em condições aeróbias e pH<8, está na forma do íon amônio (NH₄⁺), e na presença de bactérias nitrificantes reduz o nitrogênio a nitrito (NO₂⁻), e, posteriormente, a nitrato (NO₃⁻), em um processo que consome oxigênio.

A Tabela 10 mostra os valores medidos para NTK, N-NH₃ e N-org do afluente da ETE Franca.

Nitrogênio no efluente de Franca – os valores médios para o efluente da ETE de Franca estão mostrados na Tabela 11.

A eficiência na remoção do nitrogênio amoniacal manteve-se ao redor de 58%, em média, para o período de agosto a dezembro de 2002. Para o nitrogênio orgânico, esse valor ficou cerca de 66% e para o nitrogênio total esse valor foi de 56%.

Tabela 10 – Valores medidos para NTK, N-NH₃ e N-org do afluente da ETE Franca, (valores em mg/L)

Forma	Ago./2002	Set./2002	Out./2002	Nov./2002	Dez./2002	Média
N-NH ₃	34	22	32	18	29	27
N-org	25	41	26	42	26	32
NTK	60	63	58	60	55	59,2

Fonte: Relatório elaborado pela Sabesp de Franca, 2003

Tabela 11 – Valores medidos para NTK, N-NH₃ e N-org do efluente da ETE Franca

(valores em mg/L)						
Forma	Ago./2002	Set./2002	Out./2002	Nov./2002	Dez./2002	Média
N-NH ₃	14,3	17,3	17,2	10,0	20,0	15,76
N-org	12,0	6,0	7,0	23,0	5,0	10,6
NTK	33,0	19,0	30,0	27,0	30,0	27,8

Fonte: Relatório elaborado pela Sabesp de Franca, 2003

Tabela 12 – Valores médios para NKT, N-NH₃ e N-org, para a ETE Franca, período considerado (valores em mg/L)

Forma	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)
N-NH ₃	27	15,76
N-org	32	10,6
N-N _{pk}	59,2	27,8

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 13 – Valores para coliformes totais e Escherichia coli (10⁷ NMP/100 mL) no afluente geral

Microrganismo	Ago./2002	Set./2002	Out./2002	Nov./2002	Dez./2002	Média
Coliformes totais	5	8	28	24	5	14
Escherichia coli	3	0,17	3	2,8	2,30	2,25

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 14 – Valores para E. coli e coliformes no efluente final da ETE Franca

Coliformes totais (NMP/100 mL)	Escherichia coli (NMP/100 mL)	Meses
3,0E+06	5,0E+05	Ago./2002
1,7E+06	3,0E+05	Set./2002
0,8E+06	5,0E+05	Out./2002
1,7E+06	8,0E+05	Nov./2002
0,5E+06	1,1E+05	Dez./2002
1,54E+06	4,42E+05	Média

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 15 – IVL, idade do lodo para a ETE de Franca

ETE	IVL (mL/g)	Relação (F/M) (kg DBO/kg SSV.d)	Idade do lodo (θ)(d)
Franca	<100	0,552	4

Fonte: ETE Franca – Relatório Sabesp (2003)

Tabela 16 – Comparação entre as ETES Barueri e Franca*

Parâmetros considerados (mg/L)	ETE			
	Barueri		Franca	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
SST	195,40	26,40	313,000	10,960
SSV	150,00	20,60	261,800	8,760
DQO	473,20	70,40	728,600	42,360
DBO	247,40	42,00	362,000	9,900
DQO/DBO	1,90	1,67	2,010	4,278
NTK	47,00	13,40	59,200	27,800
N-NH ₃	31,00	10,60	27,000	15,760
N-org	16,00	2,60	32,000	10,600

* Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela Sabesp, 2003
Fonte: SABESP, 2003

A Tabela 12 mostra valores médios para NKT, N-NH₃ e N-org (valores em mg/L).

A Tabela 13 mostra valores para coliformes totais e Escherichia coli (10⁷ NMP/100 mL) no afluente geral.

As concentrações para Escherichia coli e coliformes totais, para os meses de agosto a dezembro de 2002, apresentaram como valores médios no afluente 2,25.10⁷ NMP/100 mL e 14.10⁷ NMP/100 mL, respectivamente. A Tabela 14 mostra a concentração de coliformes no efluente da ETE Franca.

Os valores do IVL, idade do lodo (θ) e relação F/M no lodo no reator da ETE Franca são mostrados na Tabela 15.

Análise comparativa entre as ETES de Barueri e Franca

A comparação das vazões para as ETES de Barueri e Franca mostra que, em média, os valores para o período compreendido entre os meses de agosto e dezembro de 2002 foram de 6.105 L/s e 308 L/s, respectivamente. A ETE de Franca possui uma vazão cerca de 20 vezes menor que a de Barueri. O valor para o SST de Franca é de 1,6 vez maior que o valor presente na ETE Barueri e o SSV de Franca é ao redor de 1,74 vez maior que o valor encontrado na ETE Barueri.

A DQO_{afiu} em Franca é 1,5 vez maior que a de Barueri. Para a DBO_{afiu}, o valor de Franca é de 1,4 vez maior que a de Barueri. A relação DQO_{afiu}/DBO_{afiu} para o esgoto bruto de Franca foi 2,01 e de Barueri foi 1,9. Para ambas, os valores permaneceram dentro da faixa característica para esgotos domésticos. No efluente, esses valores ficaram em 1,67 para Barueri e 4,278 para Franca. As Tabelas 16 e 17 resumem os valores apresentados pelas duas ETES.

A Tabela 16 mostra os parâmetros considerados para análise e os respectivos valores.

Tabela 17 – Compara a composição das frações orgânicas e inorgânicas nas duas ETES*

Tipo de material		SST (%)		SSV(%) (matéria orgânica)	
				(23%)	(77%)
		orgânico	inorgânico	biodegradável	Não-bio
Barueri	Afluente	76,0	24,0	39,52	36,48
	Efluente	78,0	22,0	46,02	31,98
Franca	Afluente	83,6	16,4	41,60	42,00
	Efluente	80,0	20,0	18,40	61,60

* Valores calculados a partir dos dados fornecidos pela Sabesp, 2003

A ETE Barueri apresentou um valor DQO/DBO bastante anormal, já que indica um aumento de matéria orgânica biodegradável no final do processo. Isso pode ser um indício de problemas operacionais, tais como ineficiência do processo bioquímico por causa de agentes contaminantes ou, muito mais provável, perda de lodo no processo. Comparando os valores do SSV para o afluente e efluente da ETE Barueri, verificamos um aumento ao final do processo, quando o esperado seria a diminuição da fração biodegradável. Uma provável solução seria aumentar a relação F/M, diminuindo a quantidade de lodo na linha de recirculação, de forma a garantir uma maior oferta de alimento a ser degradada pelos microrganismos. Contudo, devemos considerar que, nesse caso, sendo altas as concentrações de metais presentes no lodo do tanque de aeração, uma maior oferta de alimento significaria também uma maior atuação de compostos tóxicos sobre a microfauna do lodo do reator, o que provocaria uma piora nas condições de funcionamento da ETE.

O valor obtido para o SST do efluente de Barueri é em torno de 2,4 vezes maior que o valor verificado em Franca, embora o valor inicial do SST de Franca fosse maior que o de Barueri. Para o SSV, Franca obteve um valor 2,3 vezes menor que o de Barueri.

Verificamos que, embora, o esgoto bruto de Franca apresente uma quantidade de sólidos suspensos totais bastante superior ao da ETE Barueri, os valores apresentados no efluente de Franca são inferiores, sugerindo uma maior eficiência na remoção de sólidos na ETE Franca – devemos considerar que a relação entre os volumes de Franca e Barueri é cerca de 5%. Também para a DBO e DQO verificamos uma maior eficiência de remoção na ETE Franca.

O IVL apresentado pela ETE Barueri mostra um lodo com baixa capacidade de compactação. Dados da literatura mostram como possíveis causas o seguinte (JORDÃO, 1998):

- (i) baixas concentrações de oxigênio dissolvido;
- (ii) baixa carga de floco na entrada do reator;
- (iii) deficiência de nutrientes;
- (iv) óleos e graxas emulsionados.

Para identificar a causa do IVL elevado, seria necessária a observação de certas características, tais como: presença ou não de grumos de lodo no decantador secundário, presença ou não de bolhas de gás envolvidas no floco, baixa concentração de bactérias filamentosas ou grande concentração de bactérias filamentosas.

O afluente da ETE Barueri apresentou uma concentração de zinco,

cujo valor poderia estar comprometendo os processos de biodegradação carbonácea e a nitrificação.

De maneira geral, o desempenho da ETE Barueri se mostrou bastante comprometido. Os dados analisados para essa ETE não são suficientes para uma avaliação conclusiva, contudo, as inferências possibilitadas pela análise podem auxiliar na adoção de medidas corretivas que visem à melhora das condições operacionais dessa ETE.

O MONITORAMENTO E A EFICIÊNCIA EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

A função de uma ETE é tratar os esgotos que possam causar impactos ambientais nos corpos d'água os quais irão receber esses efluentes. Muito embora os processos de tratamento ofereçam alternativas diversas, um aspecto bastante preocupante é a dificuldade em determinar as características do esgoto que está chegando na estação de tratamento. Alguns aspectos são previstos no projeto, porém, o processo de urbanização e industrialização nem sempre seguem o que foi projetado. A poluição ambiental é, hoje, um dos grandes desafios que o homem do século 21 terá de enfrentar. Não basta tão-somente ter a noção do que seja gestão ambiental, mas é preciso criar mecanismos de ação que possibilitem não só a tomada de medidas preventivas, dentro de uma concepção *a priori* dos problemas ambientais, mas garantir que a legislação seja cumprida.

O monitoramento de parâmetros ambientais é uma ferramenta poderosa para a gestão ambiental sob vários aspectos:

- (i) possibilita localizar fontes poluidoras;
- (ii) possibilita identificar fatores de risco;
- (iii) possibilita a tomada de medidas preventivas;
- (iv) possibilita a tomada de medidas corretivas.

No que se refere à gestão dos recursos hídricos, um dos problemas enfrentados é justamente a identificação de fontes poluidoras.

Entre os fatores que causam grande variação nas características dos esgotos que chegam às ETEs para tratamento, podemos considerar os seguintes: temperatura, pressão, pluviosidade, aumento na concentração de substâncias que, normalmente, aparecem no esgoto, presença de substâncias não-usuais, presença intermitente de certas substâncias causando variações abruptas em suas concentrações, compostos tóxicos.

Esses fatores interferem grandemente no desempenho de uma ETE. Contudo, podem ser adotados procedimentos cujo objetivo seja identificar essas variações nas características de determinados aspectos do esgoto, as quais possibilitem as adequações operacionais convenientes, para garantir um efluente de qualidade.

Monitoramento bem planejado, visando caracterizar o esgoto antes que ele chegue à estação de tratamento, pode trazer os seguintes benefícios:

- (i) ao conhecer a composição do afluente, é possível propor mudanças operacionais antecipadamente;
- (ii) identificação dos possíveis poluidores;
- (iii) verificar o cumprimento da legislação;
- (iv) possibilita uma fiscalização ativa;
- (v) possibilidade de aplicar o princípio poluidor-pagador, para minimizar os custos com o tratamento do esgoto;

(vi) caso não seja possível localizar a fonte poluidora, pode-se pensar em alternativas, como, por exemplo, grupos de empresas custeando uma ETE projetada para tratamentos de lodos, com características mais específicas;

(vii) garantir o monitoramento a montante e a jusante da ETE;

(viii) promover estudos urbanísticos e econômicos para definir estratégias;

(ix) promover pesquisas para a escolha de parâmetros que sejam significativos;

(x) promover um aumento na eficiência das ETEs.

A ETE Barueri recebe esgotos de uma região da cidade de São Paulo bastante problemática, já que, além de esgotos domésticos, há os industriais e, com eles, os chamados compostos xenobióticos os quais comprometem, grandemente, o desempenho nessa estação. As mudanças necessárias para que esta ETE possa aumentar sua eficiência é dificultada por vários motivos. Podemos citar pelo menos dois principais. Por ser uma estação de grande porte, mesmo as soluções operacionais imediatas, como, por exemplo, correção de pH ou alcalinidade, exigem grandes quantidades de reagentes que, para atuarem de forma adequada, exigem um sistema de mistura eficiente – o que nem sempre é possível. Como observado no relatório da Sabesp (2003), essa estação não foi projetada para remover compostos nitrogenados. As soluções para amenizar esse problema devem evitar alterações

estruturais de projeto ou, se forem propostas e factíveis, devem considerar os custos envolvidos. Um programa de monitoramento bem projetado poderia ser uma alternativa, por possibilitar a identificação dos fatores que afetam a operação. Esse programa poderia também auxiliar na identificação dos agentes causadores e suas fontes.

Os problemas decorrentes da necessidade de alterações operacionais para a correção de parâmetros, tais como: pH, temperatura e outros, podem ser minimizados com a adoção de tratamentos específicos em estações de pequeno porte.

No que se refere à ETE de Franca, os dados mostraram uma maior eficiência no tratamento do esgoto recebido, cujas características eram bastante ruins. Esse fato reforça a idéia que estações de pequeno porte possibilitam um controle operacional mais eficiente.

Contudo, não dispomos de dados os quais possibilitem uma averiguação dos custos envolvidos para o funcionamento das duas ETEs e a correlação com o tipo de afluente recebido.

Os valores iniciais para os parâmetros, que caracterizam o esgoto recebido nessas ETEs, mostram que as condições iniciais de operação na ETE de Franca é pior que as de Barueri, ou seja, o esgoto recebido pela ETE Franca apresenta piores condições do que o recebido pela ETE Barueri.

Os valores finais os quais caracterizam o efluente nas duas ETEs estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – IVL, idade do lodo

ETE	IVL (mL/g)	Relação (F/M) (kg DBO/kg SSV.d)	Idade do lodo (θ)(d)
Barueri	198,8	0,3586	10,2
Franca	<100	0,552	4

Fonte: SABESP, 2003

A comparação entre os valores obtidos para o IVL (F/M) e idade do lodo.

A remoção de nitrogênio amoniacal mostrou-se bastante comprometida nas duas ETEs. Como a idade do lodo no reator pode influenciar na remoção do nitrogênio, talvez, para Franca, um aumento nesse parâmetro pudesse tornar mais eficiente a remoção de nitrogênio amoniacal. No caso de Barueri, talvez fosse recomendado diminuir o lodo na linha de circulação, de tal forma a promover um aumento na relação F/M. Contudo, não podemos deixar de considerar as altas concentrações de metais presentes no afluente do tanque de aeração, o que comprometeria todo o processo bioquímico. Também, ineficiência na aeração pode estar dificultando o processo de nitrificação, como discutido anteriormente.

CONCLUSÃO

A partir das considerações possibilitadas pela análise dos dados fornecidos pela Sabesp, referentes às estações de tratamento de esgotos de Barueri e de Franca, e considerando que um programa de monitoramento bem planejado seja capaz de identificar problemas em potencial, os quais possam comprometer o funcionamento de uma ETE e, conseqüentemente, contribuir para a degradação ambiental, foi possível verificar os seguintes aspectos:

(i) é preciso escolher um conjunto de parâmetros que possam, de fato, trazer informações úteis e eficazes na indicação de ações alternativas;

(ii) a análise de parâmetros que caracterizem o afluente e efluente são limitados, no sentido de não trazerem nenhuma informação sobre os aspectos operacionais da ETE em questão;

(iii) no entanto, esses parâmetros permitem que se façam avaliações dos riscos em potencial e, quando analisados conjuntamente aos parâmetros operacionais, auxiliam na orientação das ações corretivas dentro da ETE;

(iv) é preciso que os pontos de monitoramento se estendam por toda a região abrangida pela ETE;

(v) a partir desses dados mais gerais, dois caminhos podem ser adotados: primeiro, promover ações que auxiliem na mudança das características do afluente, identificando as fontes poluidoras e orientando quanto às alternativas possíveis de tratamento, ou quanto a processos de produção menos agressivos ao meio ambiente, possibilitando transferências de custos do tratamento. Como segundo caminho, é possível utilizar os indicativos do monitoramento do afluente ou mesmo efluente, para sugerir medidas preventivas de correções operacionais dentro da ETE;

(vi) o conhecimento das condições sociais, econômicas, políticas, ambientais são importantes para um planejamento de ações possíveis.

Assim, os parâmetros SST, SSV, DQO, DBO, presença de nitrogênio, fósforo, metais e compostos orgânicos, mostraram-se eficazes na identificação de afluentes problemáticos e, portanto, comprometedores dos processos bioquímicos envolvidos no tratamento por lodos ativados. Quando esses parâmetros são analisados levando-se em consideração também os parâmetros operacionais no reator, tais como oxigênio dissolvido (OD), pH, temperatura, índice volumétrico (IVL), idade do lodo (θ), relação alimento/microorganismo (F/M), constituição da microfauna do lodo do reator, é possível sugerir alterações em parâmetros operacionais, garantindo um efluente de qualidade.

O conceito de monitoramento de esgotos pode ser ampliado e não se limita apenas em verificar se os padrões legais estão sendo obedecidos. Mais do que isso, um efetivo monitoramento deve atender às necessidades de responder o que está sendo alterado, e por que essas modificações estão acontecendo.

A adoção de uma postura *a priori*, no que se refere à utilização do monitoramento, constitui uma poderosa ferramenta de orientação, já que identifica as causas de grande parte dos problemas enfrentados em uma estação de tratamento de esgotos. Esse conhecimento permite que sejam efetuadas não só as mudanças na rotina de operação da estação de tratamento, mas, principalmente, serve de suporte para a identificação das fontes de lançamento e, eventualmente, a transferência do aumento nos custos de tratamento, partindo da aplicação do princípio poluidor-pagador.

Dessa forma, é crucial a elaboração de medidas corretivas ou de controle a partir da identificação dos fatores da degradação ambiental.

BIBLIOGRAFIA

BARTH, F. T. *A nova política estadual de recursos hídricos: Princípio usuário pagador e recursos hídricos no meio urbano*. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, 1992.

BRAGA, B. (Org.). *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BEZERRA M. C. L.; MUNHOZ, T. M. T. (Coord.) *Gestão dos recursos hídricos naturais: Subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira*. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA). Brasília: Consórcio TC/BR/FUNATURA; 2000. Disponível em: <URL: <http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 20 maio 2002.

- CETESB. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo* – 2001. Disponível em: <URL: <http://www.cetesb.com.br>> Acesso em: 15 jun. 2003.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998. 602 p.
- GRADY JR., C. P. L.; DAIGGER, G. T.; LIM, H. C. *Biological wastewater treatment*. 2. ed. Nova York: Marcel Dekker, 1999.
- HEMOND, H. F.; FECHNER, E. J. *Chemical fate and transport in the environment*. USA: United Kingdom Edition, Academic Press Limited, 1993.
- HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: *III Enc. Águas*. Disponível em: URL:<http://www.aguabolivia.org/situacionaquaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos.htm>>. Acesso em: 27 mar. 2003.
- JORDÃO, E. P. *Pesquisas visando melhorias operacionais no processo de lodos ativados*. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- KALFF, J. *Limnology: Inland Water Ecosystems*. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 592 p.
- KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen inorganic fons. In: PAGE, A. L. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Part. 2. Madison: American Society of Agronomy, 1982.
- LANNA A. E. A inserção da gestão das águas na gestão ambiental. In: MUÑOZ, R. H. *Interfaces da gestão de recursos hídricos – Desafios da lei de águas em 1997*. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. Brasília: Governo Federal, SRH, Unesco, BIRD; 2000. Disponível em: <URL:<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 20 jun. 2002.
- MANAHAN, S. E. *Toxicological chemistry*. 2. ed. USA: Lewis Publishers, INC., 1992.
- MELO, G. S. L. de. *Investigação das oscilações diárias e transientes de vazão e qualidade em esgotos urbanos no estado de São Paulo*. Relatório científico – Processo Fapesp n. 00/11091-7. Orientador: Prof. Dr. André Luiz de Lima Reda. Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul, SP.
- METCALF & EDDY. *Wastewater engineer: Treatment, disposal, reuse*. Cingapura: McGraw-Hill, Book Company, 1991.
- MUÑOZ, R. H. (Org.). Razões para um debate sobre as interfaces da gestão dos recursos hídricos no contexto da lei de águas de 1997. *Interfaces da gestão de recursos hídricos – Desafios da lei de águas em 1997*. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. Brasília: Governo Federal, SRH, Unesco, BIRD; 2000. Disponível em: <URL:<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 20 jun. 2002.
- NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., 2003. 520 p.
- PINTO, A. L. A situação institucional dos recursos hídricos no Brasil: Uma visão analítico interpretativa. In: SEMINÁRIO PERSPECTIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO. São Paulo, 1986. *Anais...* São Paulo: DAEE/FCTH/FUNDAP, 1986. Disponível em: <URL:<http://www.dae.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2002.
- RIGHETTO, A. M. *Hidrologia e recursos hídricos*. 1 ed., São Carlos: Publicação São Carlos: EESCUSP, 1988. 819 p.
- ROCHA, G. A. *A construção do sistema paulista de gestão dos recursos hídricos*. Disponível em: <URL:<http://www.abrh.org.br>>. Acesso em: 14 jun. 2002.
- SABESP. *Relatório gerencial da estação de tratamento de esgotos de Barueri*. São Paulo: Sabesp, jul. 2003.
- _____. *Relatório Anual de Operação – 2002, Estação de tratamento de esgotos de Franca*. São Paulo: Sabesp, 2003.
- TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 547 p.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. *Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos/Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. Organização e coordenação científica: Aldo da C. Rebouças, Benedito Braga e José Galisia Tundisi. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.
- VILLAS BÔAS, D. M. F. *Estudo microbiológico de sistemas de lodos ativados com ênfase nas bactérias degradadoras de fenol*. 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- VON SPERLING, M. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias-Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2. ed., v.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- _____. *Princípios de tratamento biológico de águas residuárias – Lodos ativados*. V. 4. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- Website da ORSANCO. Disponível em: <URL: <http://www.orsanco.org>> Acesso em: 7 jul. 2003.
- Website da Sabesp. Disponível em: <URL: <http://www.sabesp.com.br>> Acesso em: 9 set. 2003.