

# Tratamento conjunto de águas residuárias domésticas e industriais

ANTÔNIO DOMINGUES BENETTI

Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento pelo IPH/UFRGS, engenheiro da Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente do RS

SÉRGIO JOÃO DE LUCA

Professor Titular do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**O** tratamento conjunto de águas residuárias domésticas e industriais é uma das alternativas técnicas e econômicas a serem consideradas na implantação de programas regionais de controle da poluição ambiental. Neste trabalho são discutidos aspectos econômicos, institucionais e técnicos de programas integrados de tratamento, sendo apresentados casos-estudos de sistemas de tratamento conjunto de águas residuárias.

Dentre as alternativas que dispõe uma indústria para tratamento de seus efluentes líquidos está o tratamento centralizado com outras indústrias ou com esgotos domésticos. Esta alternativa — provavelmente vantajosa em termos econômicos devido à economia de escala — será viável se os despejos forem compatíveis com os processos de tratamento disponíveis e as distâncias não forem muito extensas.

No Rio Grande do Sul, a tendência observada é a de implantação individual de estações de tratamento de esgotos, tanto a nível industrial como de novos loteamentos. Esta solução nem sempre tem trazido os resultados esperados, com prejuízos de ordem econômica e ambiental. No quadro 1 apresenta-se a comparação entre padrões de emissão estabelecidos pelo Departamento do Meio Ambiente do RS e resultados obtidos em quatro indústrias monitoradas através do sistema de automonitoramento de atividades poluidoras.

O tratamento integrado é uma alternativa que deve ser analisada quando do planejamento de programas de recuperação de recursos hídricos.

Neste trabalho descrevem-se alguns aspectos de ordem econômica, tecnológica e institucional a serem considerados, apresentando-se alguns exemplos de projetos integrados.

## A CARACTERIZAÇÃO DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL

Cada indústria produz despejos próprios e característicos, refletindo seus processos de produção. Mesmo em indústrias com processos semelhantes, os despejos não serão idênticos devido a fatores próprios de cada uma, como operação e manutenção dos equipamentos, matérias-primas utilizadas, bens produzidos e período de funcionamento.

Assim, torna-se necessário fazer uma investigação criteriosa para o conhecimento pleno da poluição gerada por cada indústria. O comitê técnico da Water Pollution Control Federation

(WPCF, 1976) apresenta as etapas a serem seguidas nesta investigação.

Uma vez que o efluente industrial não satisfaça aos padrões exigidos, medidas deverão ser tomadas para controlar a poluição.

Antes da adoção de soluções de tratamento convencionais, *end of pipe*, a indústria deverá avaliar a possibilidade de reduzir seus despejos na origem, isto é, no processo de produção (*in plant controls*).

WPCF (1976), Gurnham (1976) e Nemerow (1978) citam vários procedimentos para redução da poluição no interior da fábrica.

Migliano (1984) demonstra como medidas internas de controle são eficientes na redução de volume e concentração dos despejos, representando grande economia para as indústrias. Apresenta estudos de casos para indústrias farmacêutica, de processamento de margarina e derivados, de leite e derivados, têxtil, de fertilizantes, de refino de açúcar, de polpa e papel, cervejeira e cloro-álcali localizadas em São Paulo.

Uma vez concluídos os estudos referentes à caracterização da poluição industrial e de possibilidades de adoção de medidas *inplant* para abater a carga poluidora, restará definir o curso de ação a ser seguido para disposição final das águas residuárias.

## AS POSSIBILIDADES DE TRATAMENTO CONJUNTO INDÚSTRIA-MUNICÍPIO

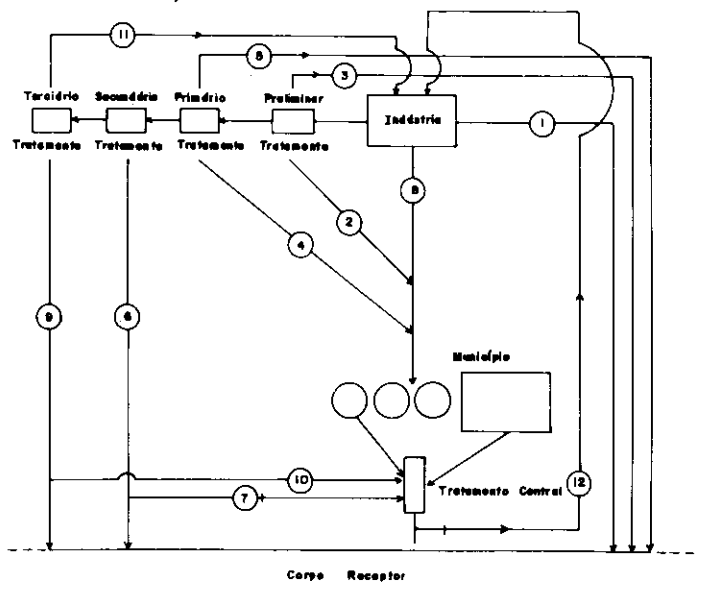
Os despejos líquidos industriais podem ser encaminhados de três maneiras para tratamento: a nível individual, centralizado com outras indústrias ou em conjunto com esgotos domésticos.

Na figura 1 apresentam-se as alternativas de disposição de efluentes industriais.

A indústria tenderá a escolher a alternativa mais econômica e que satisfaça os regulamentos do órgão ambiental.

FIGURA 1

Alternativas de disposição de efluentes industriais.  
Fonte: Nemerow, 1978



Na avaliação da possibilidade de implementação de um programa conjunto de controle da poluição devem ser analisados aspectos econômicos e de tratabilidade dos esgotos. Por outro lado, deve a indústria analisar, em sua óptica, a conveniência de entrar em um esquema de tratamento conjunto com o município.

### Aspectos econômicos

Como regra geral, ocorre economia de escala na construção, operação e manutenção de estações de tratamento de esgotos, isto é, o custo unitário de tratamento decresce à medida que aumenta o volume tratado (WPCF, 1976; Short, 1977; Imhoff, 1973).

Esta economia é particularmente vantajosa para estações na faixa dos 17.000 a 90.000m<sup>3</sup>/d (200 a 1.000 l/s). Para ETEs com capacidades maiores que 100.000m<sup>3</sup>/d (1.200 l/s), os custos unitários não decrescem tão rapidamente, já que a configuração da estação tenderá simplesmente a incluir unidades de tratamento idênticas (WPCF, 1976).

Estudos de avaliação de custos de estações de tratamento de esgotos concluíram que as funções de custo são de forma geral (Smith, 1968; Shah & Reid, 1970; Dajani e Gemmel, 1973):

$C = a Q^b$ , sendo

C = custo total de investimento, operação e manutenção;

Q = vazão de esgotos;

a = coeficiente empírico;

b = coeficiente empírico dependente de Q, representando a economia de escala.

QUADRO 1

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	INDÚSTRIA A <sup>1</sup> (Papel e Papelão)	INDÚSTRIA B <sup>2</sup> (Matadouro)	INDÚSTRIA C <sup>3</sup> (Curtume)	INDÚSTRIA D <sup>4</sup> (Galvanoplastia)	PADRÃO DE EMISSÃO
pH	-	6,5-7,5	6,5-7,0	4,4-8,3	7,6-9,4	6,0-8,5
Sólidos sedimentáveis	ml/l	0,0	2,2	3,8	0,15	< 1,0
Sólidos suspensos	mg/l SS	47,0	244	276	-	(5)
DBO	mg/l	91,0	387	359	-	(5)
DQO	mg/l	287,0	694	890	366	(5)
Óleos e graxas	mg/l	6,0	12,3	38,4	-	< 30
Fenóis	mg/l	0,51	-	0,04	-	< 0,1
Nitrogênio Amoniacal	mg/l N-NH <sub>3</sub>	-	101,7	-	-	< 0,5
Nitrogênio Total	mg/l N	21,5	-	13,1	34,1	< 10,0
Fósforo	mg/l PO <sub>4</sub>	1,23	5,2	0,63	0,10	< 1,0
Fluoretos	mg/l F <sup>-</sup>	-	-	-	24,9	< 10,0
Cianetos	mg/l Cu <sup>-</sup>	-	-	-	30,1	< 0,2
Sulfetos	mg/l S <sup>-</sup>	1,83	18,3	-	-	(5)
Cádmio	mg/l Cd	-	-	0,009	-	< 0,1
Cromo Trivalente	mg/l Cr <sup>3+</sup>	-	-	0,001	-	1,0
Cromo Total	mg/l Cr	-	-	-	1,89	< 0,5
Chumbo	mg/l Pb	-	-	0,02	-	< 0,5
Níquel	mg/l Ni	-	-	0,02	4,52	< 1,0
Mercúrio	mg/l Hg	0,007	-	0,004	-	(5)
Zinco	mg/l Zn	-	-	0,15	10,37	< 1,0

(1) Média de 16 amostras entre 01/08/88 a 30/11/88

(2) Média de 7 amostras entre 01/01/87 a 30/06/88

(3) Média de 4 amostras entre 01/01/87 a 30/09/88

(4) Média de 4 amostras entre 01/01/87 a 30/09/88

(5) Padrões de emissão:

- para sólidos suspensos:	indústria A < 63,0 mg/l	indústria C < 150,0 mg/l
	indústria B < 70,0 mg/l	indústria D < 135,0 mg/l
- para DBO	indústria A < 54,0 mg/l	indústria C < 150,0 mg/l
	indústria B < 60,0 mg/l	indústria D não fixado
- para DQO	indústria A < 180,0 mg/l	indústria C < 450,0 mg/l
	indústria B < 100,0 mg/l	indústria D < 400,0 mg/l
- para sulfetos	indústria A < 0,2 mg/l	indústria C < 1,0 mg/l
	indústria B < 1,0 mg/l	indústria D não fixado
- para mercúrio	indústria A < 0,009 mg/l	indústria C < 0,01 mg/l
	indústria B não fixado	indústria D não fixado

Em negrito . Valores acima do padrão de emissão estabelecido.

Segundo Whitlatch & Revelle (1976), para o processo de lodos ativados, o expoente  $b$  varia de 0,35 a 0,76 à medida que a vazão aumenta de 44 a 4.400 l/s.

O coeficiente  $b$  para a Região Metropolitana de São Paulo, em 1973 era de 0,62 (Pessoa & Jordão, 1982).

Para a Alemanha, Imhoff (1973) calculou os custos de construção e operação-manutenção anuais para tratamento biológico na faixa de 1.000 a 100.000 habitantes equivalentes (quadro 2).

## QUADRO 2

### Custos de construção e operação de estação de tratamento biológico na Alemanha Anos base: 1971-72 — Fonte: Imhoff, 1973

Equivalente Populacional	Custo de construção (marcos/eq.pop)	Custos anuais (marcos/eq.pop)	Custos totais (marcos/m <sup>3</sup> )
1.000	400	56,0	0,80
5.000	270	39,0	0,54
10.000	210	30,5	0,42
25.000	160	24,0	0,30
50.000	130	19,5	0,22
100.000	110	16,5	0,17

O autor acredita que para estações com capacidade maior que 100.000 habitantes, o decréscimo nos custos unitários não são tão acentuados devido à impossibilidade de disposição dos grandes volumes de lodo por métodos econômicos. Exemplifica com o caso de Dusseldorf, cujo projeto para 1 milhão de equivalentes populacionais custará pouco menos que 100 marcos por habitante.

No Brasil, Miglino (1984) apresenta uma curva de custos unitários para uma estação de tratamento centralizada da Sabesp, em São Paulo, para o mês de março de 1983. Atualizando-se esta curva com a inflação medida pela Fundação Getúlio Vargas (*Conjuntura Econômica* 1983-6. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas), no período de março de 1983 a junho de 1986 chega-se à curva mostrada na figura 2.

Uma restrição econômica à possibilidade de tratamento conjunto é o acréscimo no custo da rede de esgotos devido ao aumento da distância percorrida e maior vazão transportada, inclusive infiltração (WPCF, 1976; Hahn, 1974; Busch, 1971).

Os custos da rede de distribuição são difíceis de avaliar, já que são afetados pela forma e estrutura das áreas servidas. Economias de escala podem ser superadas por deseconomias de dispersão. Entretanto, para fins estimativos, a equação geral  $C = aQ^b$  ( $b < 1,0$ ) é utilizada (Whitlatch e Revelle, 1976).

Assim, a análise do tamanho e localização da estação deve ser realizada de modo que as economias obtidas com a implantação da estação central não sejam superadas pelo acréscimo no custo de transmissão (Wanielista & Bauer, 1972).

### Aspectos de tratabilidade dos despejos combinados

Poderá ocorrer uma melhora na tratabilidade de esgotos combinados devido aos seguintes fatores (WPCF, 1976; Short, 1977; Soria & Chavarria, 1978):

1.º) Esgotos combinados podem suprir a carência de nutrientes em esgotos industriais, necessários no tratamento biológico;

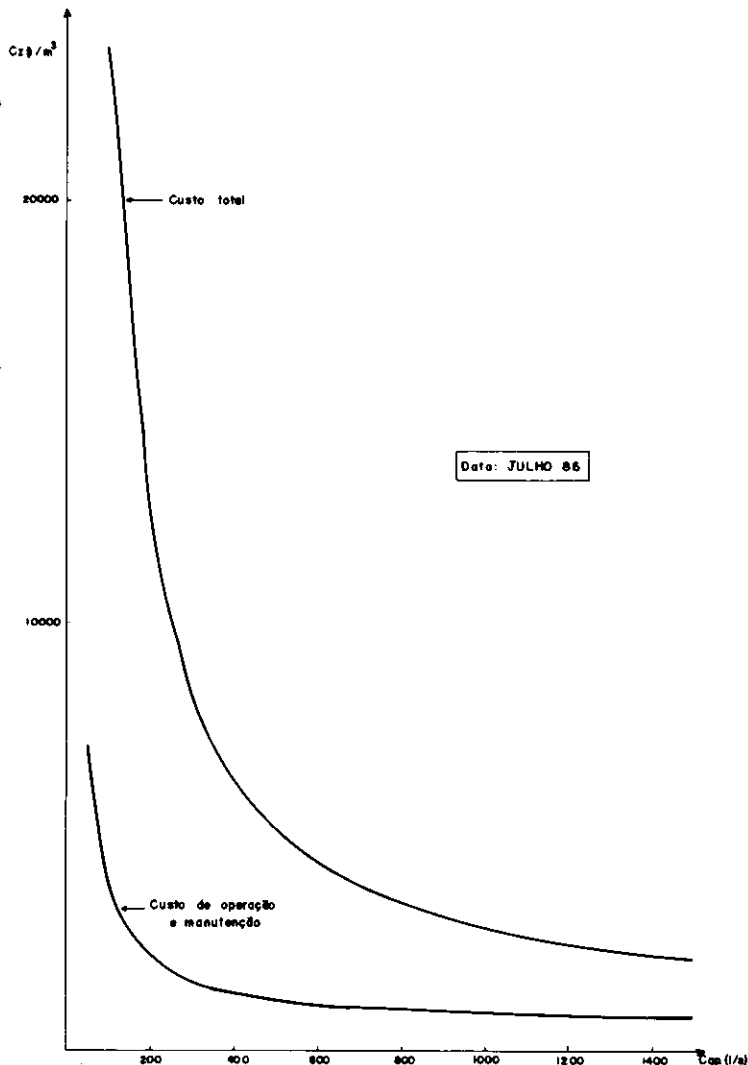
2.º) Sinergismo entre diversos efluentes, como águas ácidas e alcalinas, oxidantes e redutoras;

3.º) Algumas indústrias possuem carga orgânica tão elevada que torna-se difícil seu tratamento. A diluição com esgoto doméstico poderá torná-lo suscetível de tratamento biológico.

Outros aspectos importantes favoráveis ao tratamento conjunto referem-se à maior profissionalização da estação com a presença de pessoal especializado; operação mais eficiente; estações maiores são capazes de diminuir efeitos de problemas

FIGURA 2

Custos unitários para uma estação de tratamento centralizada da Sabesp em São Paulo. Fonte: adaptado de Miglino, 1984



operacionais de curta duração; possibilidade de escolha de local mais adequado para implantação da ETE; apenas um ponto de lançamento para monitoramento e licenciamento; possibilidade de implementação de técnicas mais modernas de tratamento, garantindo avanços uniformes nos níveis de remoção de poluentes.

Na avaliação da conveniência do tratamento conjunto há necessidade de determinar se o despejo industrial é compatível com o esgoto municipal. Segundo Monson (1978), isto dependerá da composição química e biológica do despejo, dos processos disponíveis de tratamento e limitações impostas aos efluentes.

O conteúdo orgânico de esgotos domésticos está presente especialmente na forma suspensa e coloidal, rapidamente removíveis na floculação biológica; contrariamente, muitos esgotos industriais contêm maior quantidade de orgânicos na forma solúvel, requerendo maiores tempos de aeração (Eckenfelder & Adams, 1972). Segundo Busch (1971), taxas de remoção de orgânicos diferentes resultarão em flocos difíceis de sedimentar.

### Ponto de vista da indústria

Normalmente, ao aceitar ingressar num esquema conjunto com o município, a indústria não necessitará dispender recursos próprios para a construção da estação, que ficará a cargo do órgão público. Este aspecto é especialmente importante para as

indústrias pequenas, para as quais os custos de tratamento são muitas vezes inibitivos. O investimento poderá ser recuperado através de taxas mensais ou anuais.

Empresas cujas vazões são muito pequenas ou intermitentes poderão entregar seus resíduos por caminhão na estação central (Alzenter, 1972; Miglino, 1984).

A indústria não necessitará utilizar área própria, muitas vezes escassa em regiões metropolitanas. Poderá concentrar-se em sua atividade principal, liberando-se do tratamento de efluentes, que ficará a cargo do órgão público; problemas individuais com o órgão de proteção ambiental serão diminuídos (Soria & Chavarria, 1978).

Os financiamentos para construção de estações de tratamento municipais contam, muitas vezes, com subsídios ou ajuda federal, não disponíveis às indústrias (WPCF, 1976; Yao, 1973).

Em São Paulo, existe o Programa de Controle da Poluição - Procop cujo objetivo básico é oferecer financiamento a juros baixos para indústrias localizadas na região metropolitana de São Paulo e que necessitem diminuir sua carga poluidora lançada na rede pública, seja por relocação de parte da indústria, pré-tratamento ou mudanças no processo (Miglino, 1984).

Por outro lado, a perda de controle da indústria sobre as operações de tratamento de esgotos pode trazer algumas desvantagens para ela (WPCF, 1976; Monson, 1978):

— perde o controle sobre os custos de tratamento exercidos pelo órgão público;

— perda de flexibilidade para atender às necessidades de crescimento rápido da indústria.

Um aspecto importante citado por Monson (1978) refere-se à diferença no ponto de vista de política financeira entre o órgão público e a indústria, refletindo-se em enfoques contrastantes em relação ao projeto, aquisição e materiais construtivos utilizados. O financiamento e ajuda federal incentivam a projetos de capital intensivo por parte do órgão de saneamento, enquanto que as indústrias preferem cobrir despesas correntes com a entrada de dinheiro de modo a minimizar os custos fixos, isto é, maiores despesas de operação e manutenção e menor capital (patrimônio). Assim, indústrias preferem bacias de terra ou tanques de aço que requerem manutenção constante a tanques de concreto; instalar controles manuais de baixo custo em contraste a processos de controle mecanizados e computacionais; a operação pode ser feita de um galpão ou trailer enquanto que estações municipais apresentam edifícios e escritórios bem construídos e equipados. Os projetos de plantas municipais são projetados para 30 a 50 anos de vida útil, enquanto que a indústria de 5 a 10 anos, implicando em períodos de amortização diferentes.

Uma pesquisa ilustrativa da preferência industrial sobre diferentes alternativas de tratamento disponíveis foi realizada pela Sabesp (Miglino, 1984). Este estudo concluiu que as indústrias consideram mais econômico entregar seus despejos à Sabesp e pagar as taxas correspondentes do que tratar isoladamente. As razões apontadas foram disponibilidade de área, escassez de capital, necessidade de mão-de-obra especializada, tecnologias de processos fora do interesse da firma e custos de capital e operacionais mais altos.

### **Regionalização de estações de tratamento de esgotos**

O tratamento conjunto poderá tomar a forma de regionalização. Neste caso, dada uma bacia hidrográfica, ou parte dela, com várias fontes poluidoras pontuais, podem-se determinar o número, tamanho, local e eficiência das estações de tratamento, de maneira a minimizar determinados objetivos, que podem ser custos, impacto na qualidade da água ou uso do solo pela disposição do lodo.

Esta determinação se faz com o auxílio de modelos matemáticos de otimização. Diversas técnicas são apresentadas por pesquisadores citados em Brill & Nakamura (1978).

Kansakar & Polprasert (1983) apresentam uma técnica de otimização que possibilita dar prioridades a objetivos conflitantes (custo X qualidade da água), chegando a soluções diferentes em função das prioridades dadas.

Este tipo de sistema regional deve ser adotado de maneira criteriosa, já que cargas poluidoras antes distribuídas ao longo do curso d'água serão concentradas em poucos pontos. Adams & Gemmel (1980) demonstram como estações altamente centralizadas podem ocasionar uma diminuição no nível de oxigênio dissolvido crítico do curso d'água em comparação com estações descentralizadas, especialmente em rios de pequena extensão e baixa vazão.

Yao (1983) apresenta um estudo de caso sobre os efeitos da regionalização sobre a qualidade da água de um trecho do rio Connecticut. Conclui que a adoção deste sistema pode ser necessária para se atingir níveis de qualidade da água desejados, especialmente em casos envolvendo a chegada de pequenos tributários em rios de maior capacidade.

### **EXEMPLOS TÍPICOS DE TRATAMENTO CONJUNTO**

O tratamento conjunto pode-se apresentar nas mais variadas formas. A seguir, apresentam-se alguns casos estudo.

#### ***Estação de tratamento de Kagerod, Suécia (Nilsson, 1975)***

Em Kageröd, foi desenvolvido um projeto conjunto entre o município e sua principal indústria produtora de leite e derivados. O projeto previu uma população de 2.000 habitantes para a cidade e 7.500 equivalentes populacionais para a indústria. A vazão média projetada foi de 39 l/s. A estação de tratamento utiliza o processo convencional de lodos ativados e precipitação química com sulfato de alumínio.

O processo de aquecimento central do laticínio, que produz ar quente para evaporação do leite, emite grande quantidade de fumaça. O conteúdo de calor dessa fumaça é suficiente para secar o lodo produzido na estação de tratamento diariamente. Os poluentes da fumaça (poeira, fuligem, etc) podem ser absorvidos pelo lodo. Além disso, o dióxido de enxofre da fumaça pode ser reduzido pela adição de cal no lodo, tornando possível a utilização de óleo combustível mais barato com maior conteúdo de enxofre.

Os resultados operacionais da estação, desde sua instalação em 1972, têm alcançado remoções de DBO, nitrogênio e fósforo de respectivamente 99, 89 e 99%. A emissão de compostos de enxofre e de nitrogênio para a atmosfera foi reduzida, mesmo utilizando-se óleos combustíveis mais baratos.

O exemplo mostra uma solução que trouxe vantagens técnicas e econômicas para a indústria e o município.

#### ***Estações de tratamento de despejos industriais Rollins-Purle, EUA (Alzenter, 1972)***

A Companhia Rollins-Purle, a partir de sua experiência no tratamento de despejos originados na limpeza de tanques no seu terminal de caminhões, idealizou estações regionais para tratar despejos industriais concentrados.

Até 1971, 3 estações estavam em operação: em Logan Township, N. J., Baton Rouge, La. e Houston, Tex. As estações operavam com processos similares.

As estações regionais estão localizadas em centros densa-

mente industrializados, projetadas para receber 760m<sup>3</sup>/dia de despejos. De cada veículo que chega com os despejos são tomadas amostras representativas para determinar: (1) se o despejo apresenta a composição contratada e (2) em qual bacia ou tanque ela será descarregada. As estações estão concebidas de modo a permitir que um despejo seja processado por uma combinação de métodos disponíveis ou por um simples processo.

Os despejos tratados são considerados de máximo potencial poluidor, como hidrocarbonetos clorados, pesticidas, metais, ácidos, soluções aquosas orgânicas de altas DEO e DQO e resíduos de fundo de tanques de refinarias de petróleo.

O tratamento dos despejos se dá por processos químicos, biológicos e térmicos.

Os métodos de tratamento químico incluem:

1. Neutralização de ácidos e bases inorgânicas para produzir sais insolúveis que podem ser colocados numa estrutura impermeável para disposição no solo ou sais solúveis de metais pesados para ser reintroduzidos num ambiente salino.

2. Oxidação ou redução de certos compostos para produzir resíduos e soluções estáveis, não tóxicos ou materiais reaproveitáveis, como lodos metálicos.

3. A separação de materiais coloidal e dissolvido para preparar o despejo para tratamento adicional.

O tratamento biológico aplica-se aos despejos contendo compostos orgânicos ou sais de fósforo e nitrato. Inicialmente são feitos ajustes no pH e concentração de DEO e DQO. O esgoto é introduzido em leitos de filtração orgânicos semelhantes a filtros biológicos, mas com 90% de volume ativo. O efluente é conduzido a um sistema de lodos ativados, sendo o efluente armazenado para reuso ou descarregado numa bacia de estabilização.

O sistema de incineração objetiva a queima de hidrocarbonetos líquidos e lodos de sólidos orgânicos. Os gases da combustão são lavados com água. Esta solução ácida é neutralizada com uma solução caústica antes da descarga.

### ***Estação de tratamento de Ukima, Japão (Kondo et alii, 1972)***

A estação de tratamento centralizada de Ukima foi projetada para tratar efluentes industriais e esgotos domésticos de modo a reduzir a poluição do rio Sumida, na Região Metropolitana de Tóquio.

O tratamento recebe despejos de uma população de 200.000 habitantes e 760 indústrias de pequena e média escala. Os ramos industriais que contribuem à estação são, principalmente, metalurgia, química, alimentar, papel e papelão, tintas e galvanoplastia.

A estação de tratamento aceita todo tipo de esgoto, independente de sua composição; nenhum pré-tratamento é exigido, a menos que o pH seja menor que 3. A vazão tratada é 1,58m<sup>3</sup>/s.

O processo utilizado é lodos ativados, coagulação e sedimentação; a coagulação foi, após algum tempo de uso, desativada.

A eficiência média de remoção de DEO é de somente 63,2%, muito abaixo do nível esperado de 80-90%; para DQO, a situação piora, sendo a remoção de 35,3%. Esta baixa eficiência é atribuída a dois fatores: (1) esgotos industriais contêm muitos materiais orgânicos que não são passíveis de degradação biológica e (2) cianetos e metais pesados interferem com o funcionamento normal do processo dos lodos ativados.

A faixa de remoção de metais pesados varia de 8,4% (para mercúrio) até 57,6% (para chumbo). Neste caso, grande carga de metais pesados é lançada na baía de Tóquio, para onde drena o rio Sumida. Cianeto é removido em 38,3% e AES em 8,6%.

Por outro lado, na rede de esgotos, segundo pesquisa do órgão responsável por sua manutenção, encontram-se várias substâncias tóxicas aos trabalhadores e cidadãos moradores nas proximidades da rede: cloreto de vinila, 1500 ppm; acetona, 1000 ppm; tricloroetileno, 100 ppm; sulfeto de hidrogênio, 10 ppm; cianeto de hidrogênio, 12 ppm; monóxido de carbono, 170 ppm e tetracloreto de carbono, 25 ppm.

A experiência de Ukima não teve bons resultados, concentrando poluentes e apresentando pouca eficiência na remoção dos mesmos.

Este seria um caso exemplar da falha do sistema de tratamento conjunto devido a substâncias tóxicas passíveis de serem removidas por tratamento físico-químico com polimento por adsorção/troca iônica.

### ***Plano Sanegran (Miglino, 1984; Hidroservice, 1978; Revista DAE, 1988)***

A região metropolitana de São Paulo compreende a cidade de São Paulo e 36 outras municipalidades com uma população de 15 milhões de habitantes e 11.000 indústrias. O Plano Sanegran previa que todos os despejos domésticos e industriais desta área devessem ser coletados e conduzidos a 3 estações de tratamento centralizadas e construídas em módulos à medida que a demanda aumentasse.

As indústrias são obrigadas por lei a lançar seus despejos na rede pública quando houver, atendendo aos padrões de descargas ditadas pelo Estado.

A opção atual é a de concluir as etapas iniciadas das estações de Barueri, ABC e Suzano, devendo ser construídas duas novas ETEs no Parque Novo Mundo e São Miguel Paulista.

O processo de tratamento utilizado é o de lodos ativados, o investimento previsto é de 1,2 bilhão de dólares.

No momento, está em funcionamento a Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, com capacidade para 3.500 l/s.

### ***Sistema integrado de tratamento de efluentes líquidos do Polo Petroquímico do Sul — Sitel (Rio Grande do Sul, 1988; Corsan, s.d.)***

Localizado no município de Triunfo, próximo a Porto Alegre, o Polo Petroquímico do Sul é constituído pela Central de Matérias-Primas da Copesul e seis indústrias de 2.ª geração já implantadas. Novas unidades estão se instalando ou em projeto, prevendo-se uma grande expansão deste Polo para os próximos anos. A Cemap produz os petroquímicos básicos (eteno, propeno, butadieno, benzeno e outros) a partir da nafta fornecida pela Refinaria Alberto Pasqualini da Petrobrás e os distribui às unidades de 2.ª geração, que produzem artigos petroquímicos intermediários ou finais.

Os despejos produzidos por estas indústrias são segregados, dentro de suas áreas, em orgânicos e inorgânicos, devendo sofrer pré-tratamento antes do lançamento na rede coletora condutora ao Sitel.

No Sitel, a corrente orgânica é submetida a três etapas de tratamento:

- 1.ª) Primário: gradeamento mecânico, separador de óleo tipo API, tanque de equalização e flotação por ar dissolvido;
- 2.ª) Secundário: tratamento biológico por lodos ativados, pelo sistema de aeração prolongada. O lodo produzido em excesso é espessado e injetado subsuperficialmente no solo;
- 3.ª) Terciário: remoção de sólidos suspensos por filtração de gravidade.

As correntes inorgânicas devem já sair das empresas com a qualidade exigida pelo órgão ambiental. Dentro do Sitel, passam por uma bacia de equalização, sendo encaminhadas, junto

QUADRO 3

Concentração média dos efluentes orgânico e inorgânico e efluente final do Sítel

PARÂMETRO	AFLUENTE ORGÂNICO	AFLUENTE INORGÂNICO	EFLUENTE FINAL	PADRÃO DMA EFLUENTE FINAL
pH*	7/8,7	7,6/8,4	9,2/9,8	6 - 9
T (°C)	30	26	ambiente	30
SST (mg/l)	138	39	10**	40
SDT (mg/l)	1471	929	1133	2000
COT (mg/l)	165	17	15	50
DQO (mg/l)	583	38	47	100
DBO (mg/l)	191	3,3	4	15
OG (mg/l)	45	6,9	6	10
Fenol (mg/l)	11	0,01	0,01	0,05
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	498	82	388	700
CN <sup>-</sup> (mg/l)	0,0009	0,0003	0,0002	0,05
NH <sub>3</sub> (mg/l)	5,8	0,5	0,28	-
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,01	2,3	ND	-
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0,08	0,02	ND	-
NKT (mg/l)	16,6	-	1,8	Nitrogênio Total=10
P (mg/l)	3,7	2,2	0,3	0,5
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	226	460	202	***
S <sup>-</sup> (mg/l)	0,16	ND	ND	0,2
Al (mg/l)	7,9	1,0	0,3	5,0
Cd (mg/l)	0,005	ND	ND	0,1
Cr Total (mg/l)	0,01	0,02	ND	0,4
Cu (mg/l)	0,02	0,01	ND	0,5
Fe (mg/l)	6,3	0,8	0,3	5,0
Hg (mg/l)	ND	ND	ND	5,0
Pb (mg/l)	ND	ND	ND	0,1
Ti (mg/l)	ND	ND	ND	5,0
Zn (mg/l)	0,2	1,1	0,09	1,0
Mn (mg/l)	0,3	0,1	0,06	0,5

\* valores mínimos e máximos.

\*\* valor fixado na entrada da Ll.

\*\*\* valor que fica limitado pelo parâmetro SDT.

com o efluente orgânico que saiu dos filtros, a oito lagoas de polimento, com área total de 50 ha e 83 dias de detenção.

O efluente final das lagoas é disposto sobre o solo, em uma área de 100 ha através de um sistema de aspersão e tubulação perfurada. A vegetação da área é composta por eucaliptos e arbustos de pequeno porte.

O tratamento integrado vem operando com bons resultados desde dezembro de 1982.

No Quadro 3 apresentam-se os valores médios dos efluentes orgânico e inorgânico e efluente final do Sítel, no período compreendido entre dezembro de 1982 a junho de 1988. Este quadro contém ainda os padrões estabelecidos pelo órgão ambiental para o efluente final.

Observa-se que todas as características apresentam concentrações finais abaixo dos limites estabelecidos pelo órgão ambiental, exceto pH, que se situa numa faixa bastante alcalina. Esta situação é decorrente de um desequilíbrio que ocorre nas lagoas de polimento entre consumo de CO<sub>2</sub> pelas algas e produção de bactérias. Os íons bicarbonatos são dissociados para produção de CO<sub>2</sub> e íon hidroxila OH<sup>-</sup>, com conseqüente aumento da alcalinidade e pH.

## CONCLUSÃO

O tratamento integrado de águas residuárias domésticas e industriais é uma alternativa que deve ser considerada em programas de controle de poluição.

Os casos-estudos apresentados mostram: (a) uma experiência onde os objetivos de controle da poluição não foram alcançados, com desperdício de recursos financeiros (Ukima); (b), outras experiências, como as de Kageröd, Sítel e outros, demonstram como objetivos comuns podem ser trabalhados pelo poder público e indústrias de modo a otimizar os investimentos com ótimos resultados do ponto de vista econômico e ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Adams, B.J. & Gemmel, R.S. 1980. "Water quality evaluation of regional wastewater management". *Journal of the Environmental Engineering Division*, New York, 106(2): 437-50, Apr.
- 2- Alzentzer, H.A. 1972. "Treatment of industrial wastes at regional facilities". *Chemical Engineering Progress*, New York, 68(8): 73-5, Aug.
- 3- Brill, E.O.Jr. & Nakamura, M. 1978. "A branch and bound method for use in planning regional wastewater treatment systems". *Water Resources Research*. Washington, 14(1): 109-18, Feb.
- 4- Busch, A.W. 1971. "Use and abuse of natural water systems". *Journal Water Pollution Control Federation*, Washington, 43(7): 1980-83, Jul.
- 5- Companhia Riograndense de Saneamento. *Tecnologias adequadas, vida preservada*. s.n.t.
- 6- Dajani, J.S. & Gemmel, R.S. 1973. "Economic guidelines for public utilities planning". *Journal of the Urban Planning and Development Division*. New York, 99(2): 171-82, Sep.
- 7- Eckenfelder, W. & Adams, Carl E. 1972. "Design and economics of joint wastewater treatment". *Journal of the Sanitary Engineering Division*, New York, 98(1): 153-67, Feb.
- 8- Gurnham, G.F. et alii. 1976. "Industrial wastewater handling". In: Gehm, Harry W. & Bregman, Jacob I. *Handbook of water resources and pollution control*, New York, Van Nostrand Reinhold. Chap. 13, p. 521-586.
- 9- Hahn, Hermann H. et alii. 1974. "Regional wastewater management systems". In: DEININGER, Rolf A. *Models for environmental pollution control*. Ann Arbor, Ann Arbor Science, p. 41-60.
- 10- Hidroservice Engenharia de Projetos Ltda. 1978. "Processo de tratamento adotado nas estações de recuperação da qualidade de água de Parueri e ABC". *Revista DAE*, São Paulo, 119: 112-133.
- 11- Imhoff, K.R. 1973. "Möglichkeiten und grenzen der gemeinsamen reinigung hauslicher und gewerblicher abwasser". *Verein Deutscher Ingenieure*, Dusseldorf, 207: 93-101.
- 12- Kansakar, E. & Polprasert, C. 1983. "Integrated wastewater management". *Journal of Environmental Engineering Division*, New York, 109(3): 619-30, Jun.
- 13- Kondo, J. et alii. 1973. "Some problems of the joint treatment of industrial wastes and sewage in the Ukima treatment plant". *Water Research*, New York, 7(3): 375-84.
- 14- Miglino, Luis C.P. 1984. *Industrial wastewater management in metropolitan São Paulo*, Cambridge, Harvard University, 187p. Tese de doutorado.
- 15- Monson, J.G. et alii. 1978. "Separate vs combined industrial and municipal wastewater treatment — an evaluation". *Water & Sewage Works*, Indianapolis, 125: 50-9, Apr.
- 16- Nemerow, Nelson I. 1978. *Industrial water pollution*. Reading, Addison-Wesley. 738p.
- 17- Nilsson, Lennart. 1975. "Industry and community in cooperation". *Journal Water Pollution Control Federation*, Washington, 47(4): 760-63, Apr.
- 18- Pessoa, C.A. & Jordão, E.P. 1982. *Tratamento de esgotos domésticos*. 2 ed. Rio de Janeiro, ABES. 528p.
- 19- "Região Metropolitana começa a se despoluir". 1988. *Revista DAE*, São Paulo, 48(151): 12-16, mar/jun.
- 20- Rio Grande do Sul. Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente. Departamento do Meio Ambiente, 1988. *Programa Polo Petroquímico*. Porto Alegre, SSMA. 33p.
- 21- Shah Kanti & Reid, George W. 1970. "Techniques for estimating construction cost of waster treatment plants". *Journal Water Pollution Control Federation*, Washington, 42(5): 776-793, May.
- 22- Short, Thomas E., Jr. 1977. "EPA's combined wastes program residual management studies". In: National Conference. *Treat. Disp. Wastewater Residues*. s.1. s.ed. p.294-9.
- 23- Smith, Robert. 1968. "Cost of conventional and advanced treatment of wastewater". *Journal Water Pollution Control Federation*, Washington, 40(9): 1546-74, Sep.
- 24- Soria, F.I. & Chavarria, J.M. 1978. "*Técnicas de defesa del medio ambiente*". Barcelona, Labor. 1334p.
- 25- Wanielista, M. & Bauer, C. 1972. "Centralization of waste treatment facilities". *Journal Water Pollution Control Federation*, Washington, 44(12): 2229-38, Dec.
- 26- Water Pollution Control Federation. 1976. *Joint treatment of industrial and municipal wastewater*. Washington, Lancaster, 34p.
- 27- Whitlatch, E.E., Jr. & Revelle, C.S. 1976. "Designing regionalized wastewater treatment systems". *Water Resources Research*, Washington, 12(4): 581-91, Aug.
- 28- Yao, K.M. 1973. "Regionalization and water quality management". *Journal Water Pollution Control Federation*, Washington, 45(3): 407-11, Mar.