CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO PARA RECEBIMENTO DOS
RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS PELOS
SISTEMAS PÚBLICOS DE ESGOTOS

JOCILDO TIBÚRCIO DA COSTA

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Saúde Pública da Univer-
sidade de São Paulo, Departamento de
Saúde Ambiental, para obtenção do tí-
tulo de Mestre em Saúde Pública.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Celso do Amaral e Silva

SÃO PAULO

1978

BIBLIOTECA
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
S.P. - 8

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Carlos Celso do Amaral e Silva, nosso orientador e com quem tivemos a grata satisfação de trabalhar sob sua chefia na Divisão de Estudos e Pesquisas do então Centro Tecnológico de Saneamento Básico (CETESB), no ano de 1972.

Aos professores da Faculdade de Saúde Pública da USP, responsáveis pela nossa formação no campo da saúde pública;

À Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, que nos proporcionaram meios para a consecução deste trabalho;

À Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), que nos permitiu pesquisar o material bibliográfico em sua biblioteca;

Ao Engenheiro Antônio Márcio de F. Freitas, Chefe da Divisão de Tratamento de Efluentes da CETESB, pelas valiosas sugestões apresentadas na elaboração deste trabalho;

À Srta. Daisy Pires Moronha, a quem devemos a correção das referências bibliográficas;

Agradecimento especial é consignado ao meu irmão José Tibúrcio da Costa, pelos muitos incentivos recebidos;

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha mãe

Naci

e

À minha esposa

Willions

ÍNDICE

	Pág.
RESUMO	1
SUMMARY	2
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Objetivo do trabalho	5
2. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS	6
2.1. Usos da água na indústria, quantidade e requisitos de qualidade	7
2.2. Medição de vazão	10
2.2.1. Métodos e equipamentos para descarga direta.	11
2.2.2. Métodos e equipamentos de área-velocidade ..	15
2.3. Amostragem	16
2.3.1. Considerações iniciais	17
2.3.2. Tipos de amostras	17
2.3.3. Amostragem manual	18
2.3.4. Amostragem automática	18
2.3.5. Frequência de amostragem	19
2.3.6. Manuseio das amostras	19
2.3.7. Preservação das amostras	21
2.4. Análises qualitativas	21
2.4.1. Parâmetros a serem analisados	21
2.5. Indicadores de poluição relacionados com a produ- ção	32
3. EFEITO DOS DESPEJOS INDUSTRIAIS NOS SISTEMAS DE ESGO- TOS	39
3.1. Perigos para o pessoal	41
3.1.1. Despejos inflamáveis e explosivos	41
3.1.2. Produtos tóxicos	42
3.2. Danos aos coletores	43

3.3. Efeitos nas estações de tratamento	44
3.3.1. Caixas de areia	44
3.3.2. Grades e trituradores	44
3.3.3. Decantadores	44
3.3.4. Digestores de lodo	45
3.3.5. Filtros biológicos	46
3.3.6. Lodos ativados	47
3.3.7. Desinfecção	48
4. CONTROLE DOS DESPEJOS NA INDÚSTRIA	49
4.1. Conservação, tratamento e recirculação das águas de processo	50
4.2. Mudanças de processo e/ou de materiais	51
4.3. Recuperação de materiais	51
4.4. Segregação dos despejos	52
4.5. Equalização dos despejos	54
4.6. Pré-tratamento dos despejos industriais	55
4.6.1. Processos físicos	56
4.6.2. Processos químicos	58
4.6.3. Processos biológicos	60
5. TRATAMENTO CONJUNTO DOS DESPEJOS INDUSTRIAIS COM OS ESGO TOS SANITÁRIOS	62
5.1. Fatores de decisão para destino dos despejos indus - triais	63
5.1.1. Regulamentos	67
5.1.2. Aspectos institucionais	68
5.1.3. Economia	70
5.1.4. Considerações técnicas	71
5.1.5. Outros fatores	74
5.2. Considerações básicas para o projeto das ETEs	75
5.2.1. Definição do uso a ser dado ao corpo receptor.	75

5.2.2. Definição das vazões e das cargas poluidoras totais	76
5.2.3. Determinação do grau de tratamento necessário	77
5.2.4. Escolha do processo de tratamento e ensaios de tratabilidade	79
5.2.5. Definição da capacidade das unidades de tratamento	80
5.3. Controle dos efluentes para descarga nos sistemas públicos de esgotos	81
5.3.1. Indústrias alimentícias	83
5.3.2. Indústrias de bebidas	86
5.3.3. Curtumes	87
5.3.4. Indústrias de papel e celulose	88
5.3.5. Indústrias têxteis	89
5.3.6. Lavanderias	90
5.3.7. Coquerias e usinas de gás	90
5.3.8. Indústrias químicas	91
5.3.9. Indústrias de borracha	92
5.3.10. Indústrias de vidro, cimento, gipsita e cerâmicas	93
5.3.11. Indústrias metalúrgicas	93
5.3.12. Indústrias de óleos e sabões	94
5.3.13. Despejos radioativos	95
5.3.14. Refinarias de petróleo	95
5.3.15. Indústrias de aço	97
6. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	99
6.1. Regulamentos	99
6.1.1. Regulamento para substâncias proibidas e limitadas	100

6.1.2. Outras considerações	106
6.1.3. Cláusulas de obrigações e penalidades	106
6.2. O contrato municipal-industrial	108
6.3. Cobranças das taxas e tarifas	111
6.3.1. Fórmulas baseadas na quantidade e qualidade .	114
6.3.2. Solução do comitê conjunto	117
7. CONCLUSÕES	122
BIBLIOGRAFIA	124
ANEXO 1	A-1
ANEXO 2	A-3

RESUMO

Este trabalho representa uma contribuição ao estudo para recebimento dos resíduos líquidos industriais pelos sistemas públicos de esgotos.

Inicialmente foram enfocados aspectos a serem considerados na caracterização dos resíduos líquidos industriais a apresentadas sugestões dos parâmetros a serem analisados por tipo de indústria e estudados os efeitos destes despejos nos sistemas de esgotos e, os meios de controle na indústria para reduzir ou mesmo eliminar o efeito da descarga de seus efluentes.

A seguir foram discutidos os fatores de decisão para destino dos despejos industriais, bem como considerações básicas para o projeto das ETEs e as medidas de pré-tratamento necessárias, por tipo de indústria, para lançamento de seus despejos nos sistemas de esgotos.

Finalmente, foram abordados aspectos administrativos, apresentando subsídios para elaboração de regulamentos, do contrato municipal-industrial e para cobrança de tarifas.

SUMMARY

This work is a presentation of a study concerning the disposal of industrial wastewater into a public sewage system.

The aspects to be considered in the characterization of industrial wastes have been discussed and suggestions have been made about the parameters to be analyzed for each type of industry. The effects of these wastes on the sewage system and the means of control by industry to reduce or eliminate the effect of its waste products have been considered.

The decision factors about the ultimate disposal of industrial waste have been analyzed, as well as basic considerations for the Sewage Treatment Plant project and the pretreatment steps to be taken by each type of industry before disposing of their wastes into public sewage system.

Finally, the administrative aspects have been discussed in terms of the elaboration of ordinances, of a contract between industrial and municipal management and of the establishment of schedules for charges.

1. INTRODUÇÃO

Até pouco tempo os rios, os lagos e as lagoas brasileiras, puderam preencher sua dupla função de fornecedores de água potável, para consumo e diluição, e de transportadores dos esgotos de maneira satisfatória, devido à capacidade natural de autodepuração de suas águas. Entretanto, algumas exceções foram observadas nos maiores núcleos populacionais e em regiões onde, por motivos climáticos, havia pouca disponibilidade de água. Já no ano de 1820, os irmãos Andrada constataram as más condições dos rios Tamanduateí e Tietê, em São Paulo ⁴⁴.

Depois da Segunda Guerra Mundial, o Brasil ingressou na era do desenvolvimento industrial ⁷², e as indústrias eram localizadas, inicialmente, em áreas próximas aos grandes centros urbanos. Esses centros, além do crescimento populacional normal, começaram a atrair o homem do campo e de regiões menos favorecidas que, em busca de melhores salários e condições de vida, para lá se deslocavam. A falta de um planejamento que regulamentasse o desenvolvimento desses centros favoreceu o seu crescimento desordenado. O fato é que, com o passar dos tempos, as indústrias foram envolvidas pelas cidades, passando a constituírem parte das mesmas.

Com o desenvolvimento industrial e o crescimento populacional dos centros urbanos, além de uma série de outros problemas, o lançamento indiscriminado dos despejos industriais e esgotos sanitários nos corpos d'água, sem qualquer tratamento ou com tratamento inadequado, passou a degradar suas condições sanitárias a ponto de comprometer os usos múltiplos pretendidos para os mesmos, causando inclusive riscos à saúde pública e uma série de danos à natureza, não só

de caráter social e econômico como também ecológico.

Em 1969, 40,1% dos municípios brasileiros eram servidos por sistemas de esgotos, onde, sem contar com o Distrito Federal e com o Estado de Roraima, que possuía dois municípios, e o ex-Estado da Guanabara, os que apresentavam maiores porcentagens de municípios servidos pelos sistemas de esgotos eram Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais, com 85,7%, 76,0%, 75,0% e 66,1%, respectivamente ⁵⁴. Apesar das porcentagens expressivas para estes Estados e até razoável para o Brasil (40,1%), pouquíssimas são as cidades servidas pelos sistemas de tratamento de esgotos. Menor ainda é o número das que dispõem de tratamento secundário, limitando-se muitas delas a efetuarem um simples gradeamento e, no máximo, um tratamento primário. Para que se tenha idéia da situação, em 1972 apenas 18,58% dos municípios do Estado de São Paulo servidos por sistema de esgotos eram dotados de tratamento (primário, secundário ou ambos). Em termos percentuais, 86,12% dos efluentes desses sistemas eram lançados "in-natura", 7,32% após tratamento primário (parcial ou total), e 6,55% após tratamento secundário (parcial ou total) ³⁷. Estas porcentagens são ainda menores nos demais Estados brasileiros.

Há, portanto, necessidade de estudos adequados para coleta, tratamento e disposição final dos resíduos líquidos industriais e domésticos, de modo a corrigir a degradação existente em muitos rios de nosso país e prevenir sua ocorrência em outros. Estes estudos não devem considerar as cidades e as indústrias isoladamente, mas sim como um todo.

Entre os meios de disposição dos efluentes líquidos industriais nos corpos d'água receptores, o lançamento indireto através dos sistemas públicos de esgotos dotados de esta -

ções de tratamento é considerado por muitos sanitaristas como um dos mais satisfatórios, desde que esses sistemas tenham capacidade suficiente para receber e tratar os resíduos líquidos industriais e que estes não seja prejudiciais aos coletores , ao pessoal ou às estações de tratamento de esgotos (ETEs) ou aos seus processos de tratamento.

1.1. Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como objetivo prestar uma contribuição às indústrias e, principalmente, às municipalidades ou empresas concessionárias dos serviços de esgotos, no sentido de orientá-las sobre os conhecimentos e providências que devem ser considerados num estudo para recebimento dos resíduos líquidos industriais pelos sistemas públicos de esgotos, tendo em vista a escassez de bibliografia sobre o assunto e a pequena experiência, em nosso meio, com relação ao tratamento conjunto dos resíduos líquidos industriais e esgotos sanitários.

2. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

As características das águas residuárias variam de uma indústria para outra e refletem as diferenças existentes nos processos de produção. Mesmo entre fábricas do mesmo produto, muitos fatores podem afetar sua natureza. A disponibilidade de água, as boas práticas de economia "doméstica", custos e até mesmo atitudes administrativas, podem afetar o efluente em qualidade e quantidade ⁷³.

Uma listagem de poluentes industriais, especialmente dos orgânicos sintéticos, seria tarefa difícil e relativamente transitória, pois as indústrias lançam no mercado, anualmente, centenas de novos poluentes e ao mesmo tempo, deixam de fabricar certos produtos. Por conseguinte, as revisões periódicas das listas apresentariam acrêscimos e omissões difíceis de serem tabulados e atualizados em datas previstas. Como as diferentes tecnologias empregadas na manufatura de um mesmo produto podem resultar na emissão de diferentes poluentes, ou em quantidades diversas de um mesmo poluente ou em volumes variáveis de despejos por unidade produzida, a composição qualitativa e quantitativa dos efluentes das várias indústrias que trabalham num mesmo campo de atividade é desigual ⁴⁵. É recomendável, portanto, que cada indústria seja considerada isoladamente.

Neste capítulo serão enfocados alguns aspectos julgados importantes num estudo para caracterização dos resíduos líquidos industriais, tendo em vista o seu recebimento pelos sistemas públicos de esgotos.

A fase de identificação do problema de caracterização das águas residuárias pode ser resumida em quatro estágios ⁷³:

- a) Determinação dos diversos usos de água na fábrica, da quantidade mínima requerida, dos requisitos de qualidade para os diversos usos, e da causa ou dos meios de contaminação;
- b) Estabelecimento da origem, quantidade e qualidade das águas residuárias, do modo e da frequência com que ocorrem as variações de vazão, e das características e dos fatores que originam estas variações;
- c) Estabelecimento da eficiência máxima de cada unidade operacional e da quantidade provável dos despejos gerados por unidade de produção;
- d) Comparação das características das águas residuárias (incluindo volume) com os requisitos para descarga na fonte ou com os requisitos de pré-tratamento para descarga nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) públicas, no caso de tratamento conjunto.

2.1. Usos da água na indústria, quantidade e requisitos de qualidade.

O primeiro passo para a caracterização das águas residuárias é determinar e tabular todos os seus usos na indústria e os requisitos de quantidade e de qualidade para cada uso. Embora estas informações possam parecer mais relevantes para o abastecimento de água às indústrias, elas também são essenciais ao controle do processo e à conservação ou ao reuso das águas residuárias no esforço para controle dos despejos.

A água é usada nas indústrias para uma variedade de propósitos, entre eles se incluem ¹³:

- resfriamento
- alimentação de caldeiras
- processos
- limpeza de equipamentos e de pisos
- necessidades "domésticas".

a) Água para resfriamento: Geralmente é limpa. A única característica poluente de seus efluentes reside no carreamento de substâncias e produtos químicos, adicionados para o controle da corrosão e para prevenir o crescimento de algas.

Os produtos adicionados são, em geral, inorgânicos e biocidas, normalmente incompatíveis com o tratamento biológico de resíduos.

Nas indústrias manufatureiras, o volume de água para resfriamento pode variar de 10 a 95% do total fornecido. Nos Estados Unidos, são utilizados aproximadamente 2/3 do total da água de alimentação das indústrias para fins de resfriamento ²⁹.

Quando são necessárias grandes quantidades para resfriamento, as indústrias se localizam normalmente próximas aos grandes rios, sendo, muitas vezes, a água usada apenas uma vez. Como o grau de contaminação é pequeno, a água usada pode retornar ao rio para reuso por outras indústrias localizadas a jusante, exceto no caso de temperaturas elevadas, quando há necessidade de resfriamento.

Alternativamente, onde a água é menos abundante, pode ser recirculada, depois de passar por torres de resfriamento ou lagoas, onde é resfriada por evaporação. A complementação, usualmente equivalente a menos de 10% do volume total circulado, é requerida para suprir as perdas por evaporação e

pela purga do sistema, para evitar deposição de sais dissolvidos ¹³.

b) Água para alimentação das caldeiras: De modo crescente, é necessário água de alta qualidade para alimentação das caldeiras de alta pressão. Esta não deve conter substâncias corrosivas (ácidas), gases dissolvidos (CO_2, O_2), cloretos, nitrato de cálcio e magnésio e sulfatos de alumínio e ferro ⁴⁰. Não são os sais de magnésio e cálcio mas também a sílica causam incrustações nas tabulações. Para reduzir os custos desta água efetua-se normalmente o reuso do condensado.

c) Água para processo: É usada, em sua maioria, para o transporte de produtos químicos ou de matérias-primas e para remover sujeiras ou subprodutos das máquinas e do equipamento, que constituem os principais resíduos líquidos industriais. Poucas indústrias, como as de conserva de alimentos e as de bebidas, incorporam parte desta água ao produto final ¹³.

A água para processo frequentemente tem que obedecer padrões rígidos. Por exemplo ⁴⁰, enquanto indústrias de papel branco e têxteis requerem água de qualidade semelhante à do abastecimento público, as de conservas alimentícias, de produtos farmacêuticos e lavanderias necessitam de água de baixa dureza, isenta de ferro e de turbidez.

À medida que a água é utilizada no processo, dever-se-ia efetuar um exame do seu escoamento pelas diversas unidades de produção, da maneira como ela é ou poderia ser contaminada e determinar os pontos de descarga. Estas informações assegurariam orientação adicional para determinação das análises das águas residuárias e poderiam comandar as idéias para as medidas de controle na indústria ⁶¹.

Quando os "flow sheets" dos processos são disponíveis, a quantidade e a qualidade dos efluentes podem ser identificadas mais facilmente.

d) Água para limpeza de equipamentos e de pisos: Grandes volumes de água são usados para limpeza entre os estágios de produção e no final dos turnos de trabalho. Entretanto, muitas vezes a limpeza pode ser efetuada com sucesso mediante o uso de água a alta pressão, através de nebulização ou jatos, com conseqüente redução do seu volume. Onde cabível, a vaporização ou o uso de água quente pode ser mais eficiente, resultando num menor consumo.

e) Água para necessidades "domésticas": Utilizada para o consumo dos funcionários, asseio corporal, cozinha, refeitórios e instalações sanitárias, deve obedecer aos padrões de potabilidade e, geralmente, é obtida da rede pública de água potável. Seus despejos têm as mesmas características dos esgotos sanitários.

2.2. Medição de vazão

A medição de vazão deve acompanhar o trabalho analítico de cada ponto de amostragem. Embora muitas vezes seja a parte mais difícil e mais cara da pesquisa, sua determinação deve seguir paralelamente às análises qualitativas.

O conhecimento das medições de vazão é fundamental para:

- Dimensionamento hidráulico dos coletores;
- Avaliação das cargas poluidoras que chegam diariamente às ETEs;
- Dimensionamento hidráulico das unidades de tratamento das ETEs;

- Auxiliar a escolha dos processos de tratamento;
- Estabelecer uma política tarifária adequada.

Existe uma série de métodos e equipamentos disponíveis para medição de vazão. A seleção do método mais adequado dependerá de fatores como ⁷¹:

- Sensibilidade;
- Facilidade de instalação;
- Necessidade ou não de aferimento;
- Facilidade de manutenção;
- Tipo de conduto e acessibilidade ao mesmo;
- Perdas de carga disponíveis;
- Características dos despejos;
- Custos.

Os métodos e equipamentos mais usadas para medição de vazão dos fluídos são os de descarga direta e os área-velocidade ⁶¹.

2.2.1. Métodos e equipamentos para descarga direta

Nesta categoria os mais usados são os seguintes ⁶¹:

- a) Medição volumétrica da descarga;
- b) Placas de orifício;
- c) Vertedores;
- d) Medidores Venturi;
- e) Bocais;
- f) Calhas Parshall;
- g) Calhas Palmer-Bowlus;
- h) Tubos califórnia;
- i) Fórmulas baseadas na altura da lâmina líquida e declividade dos coletores;
- j) Traçadores químicos e radioativos;

1) Medidores magnéticos de vazão.

Tendo em vista que a maioria destes métodos e equipamentos é normalmente encontrada na literatura técnica, serão discutidos apenas alguns aspectos julgados convenientes e, em particular, sua aplicabilidade.

a) Medição volumétrica da descarga: Este método só é recomendado para o caso de despejos de baixa vazão e geralmente com descargas intermitentes.

b) Placas de orifício: São medidores relativamente baratos, fáceis de instalar e apresentam boa confiabilidade na medição de vazão em tubos cheios. São úteis para acomodação de vazões variadas, através da regulação da abertura da garganta.

A principal desvantagem de seu uso é a grande perda de carga que ocorre na travessia da seção. Apresentam também problemas de aferimento e facilidade de obstrução do orifício por sólidos grosseiros ⁷¹.

c) Vertedores: São dispositivos baratos, de instalação e leitura fáceis e apresentam boa confiabilidade. Podem apresentar-se sob forma triangular, trapezoidal ou retangular. Os vertedores triangulares são utilizados para vazões baixas, enquanto os retangulares são recomendados para as maiores. São os dispositivos mais utilizados, principalmente para medição em canais com escoamento livre. Foram utilizados juntamente com as calhas Parshall e as Palmer-Bowlus na medição dos esgotos da Região Metropolitana de São Paulo ⁷¹.

A principal restrição ao seu uso é a deposição de sólidos sedimentáveis a montante, requerendo limpezas periódicas.

d) Medidores Venturi: São freqüentemente empregados em tubula

ções cheias onde é essencial a recuperação de alta pressão . Podem ser usados para despejos com grandes quantidades de sólidos em suspensão que tendem a se depositar em frente a uma placa de orifício ²⁷.

e) Bocais: São dispositivos de medição com características entre os Venturi e as placas de orifício. Podem ser usados para águas residuárias com moderadas quantidades de sólidos em suspensão.

f) Calhas Parshall: São medidores bastante conhecidos e utilizados com muita frequência nas linhas de esgotos onde é requerida a medição contínua da vazão. Podem ser moldadas " in loco " ou pré-fabricadas. São recomendadas para medições de líquidos com escoamento livre. Juntamente com os vertedores , são os dispositivos de medição mais usados. As calhas pré-fabricadas podem ser instaladas em poços de visita.

A principal vantagem deste tipo de calha sobre os vertedores é a auto limpeza. Medições precisas podem ser obtidas até mesmo se o escoamento estiver submerso a jusante ²⁷.

g) Calhas Palmer-Bowlus: São facilmente instaladas em coletores existentes quando se requer perdas de carga mínimas. Geralmente construídas em aço inoxidável, fibra de vidro ou concreto e não apresentam necessidade de calibração. Sua precisão se compara a da calha Parshall.

h) Tubos califórnia: São usados para medições em tubos horizontais, parcialmente cheios com descarga livre na atmosfera. Se o tubo não é horizontal, uma seção deste tipo pode ser adicionada, proporcionando-se assim condições de entrada de ar nesta porção.

i) Fórmulas baseadas na altura da lâmina líquida e declivida

de dos coletores: A determinação da vazão por estes métodos requer o conhecimento da lâmina no coletor e sua declividade. São aplicados em tubos e canais com escoamento livre, através de fórmulas hidráulicas bastante usadas no dimensionamento das redes coletoras.

A inconveniência do seu uso está na adoção do coeficiente de rugosidade, requerendo às vezes medições experimentais em virtude das condições das paredes dos coletores. Imperfeições de acabamento dos canais dos poços de visita também podem limitar o seu uso.

j) Traçadores químicos e radioativos: São empregados apenas em casos particulares. São de grande valor na medição de água potável, mas devem ser usados com cuidado na medição de águas residuárias, pois os despejos industriais podem influenciar na dissolução de sais ⁷¹.

Onde devem ser efetuadas medidas de velocidade, os traçadores químicos ou os radioativos são usualmente injetados à montante de dois pontos de controle com distância conhecida e mede-se o tempo de passagem do prisma de água entre os mesmos, obtendo-se deste modo a velocidade ⁶¹. Podem ser aplicados em tubos ou canais abertos.

1) Medidores magnéticos de vazão: Estes operam em consonância com a lei da indução de Faraday, que estabelece que a voltagem induzida num condutor que se move em ângulo reto, através de um campo magnético, será proporcional à velocidade com a qual este condutor atravessa o campo. No medidor magnético, o líquido é o condutor ⁷¹.

Podem ser usados com sucesso nos lugares onde outros tipos de medidores poderiam ser obstruídos devido aos sólidos em suspensão ²⁷. A limitação de seu uso é o seu custo e

o fato de sô apresentarem resultados confiáveis quando as tubulações funcionam a seção plena.

2.2.2. Métodos e equipamentos de área-velocidade

Nesta categoria os mais comuns são ⁶¹:

- a) Molinetes;
- b) Flutuadores;
- c) Traçadores colorimétricos;
- d) Velocidade de soluções salinas.

a) Molinetes: Adaptam-se melhor à medição precisa de velocidades em coletores ou canais abertos de grande porte, não podem ser utilizados em fluxos com pequena profundidade.

A presença de trapos, papéis e lodo pode reduzir a precisão das leituras ou até mesmo obstruir os equipamentos. Líquidos corrosivos podem danificá-los ⁷.

b) Flutuadores: As medições com flutuadores são raramente realizadas, exceto em canais retangulares ou na determinação aproximada da velocidade do fluxo entre dois poços de visita. Também é praticável o seu uso em coletores relativamente pequenos ⁶¹.

O método dos flutuadores deve ser evitado pois oferece pouca precisão devido a muitas causas, como ação perturbadora dos ventos e irregularidade dos coletores e dos canais. Sô deve ser usado quando todos os outros métodos e equipamentos são impraticáveis.

c) Traçadores colorimétricos: O emprego de corantes para medir a velocidade do fluxo nos coletores, particularmente em pequenos tubos, é um dos métodos mais simples e eficaz ⁶¹. Uma vez escolhida uma seção do coletor em que o fluxo é praticamente constante e uniforme, lança-se o corante no extremo

superior e mede-se o tempo de sua chegada ao extremo inferior. Como a distância entre as seções é conhecida, obtem-se a velocidade do líquido.

Tem-se utilizado com sucesso os seguintes corantes: fluoresceína, vermelho-congo, permanganato de potássio e rodamina B.

d) Velocidade das soluções salinas: Baseia-se na condutividade elétrica da água, a qual se eleva quando um sal é dissolvido⁷. Através de dois pares de eletrodos colocados entre dois pontos de um coletor com distância conhecida, mede-se o tempo de percurso da solução salina e, a seguir, a velocidade.

A limitação deste método é que a presença de outros sais ou produtos químicos pode interferir na dissolução dos sais ou aderir às paredes dos eletrodos prejudicando a leitura.

2.3. Amostragem

Um passo importante no desenvolvimento de uma pesquisa para caracterização dos resíduos líquidos industriais repousa no resultado das informações obtidas pela amostragem. Assim, todas as decisões posteriores podem ser baseadas em informações incorretas se este passo não for seguido corretamente. Muitos problemas podem ocorrer devido uma amostragem efetuada com pouco cuidado ou de maneira simplista. Se alguns princípios básicos forem seguidos e se os responsáveis por sua execução estiverem prevenidos, pode-se obter resultados confiáveis, sem a necessidade de amostragens adicionais, às vezes demoradas e de custos elevados.

A obtenção de bons resultados dependerá de certos fatores, como²⁷:

- Segurança de que a amostra é realmente representativa dos despejos;
- Uso de técnicas de amostragem apropriadas;
- Proteção das amostras até que sejam analisadas.

2.3.1. *Considerações iniciais*

Os despejos industriais são amostrados e analisados para determinar os constituintes que podem causar dificuldades no tratamento, ajudar na seleção do tipo e grau de tratamento das instalações e controlar e determinar a eficiência do processo de tratamento ⁶⁵. Assim, as técnicas de amostragem usadas na pesquisa de um despejo devem proporcionar amostras representativas do mesmo.

É necessário o conhecimento de todas as fases do processo industrial para que se programe a coleta das amostras. São necessários procedimentos especiais no caso de despejos que variam consideravelmente em composição. A disponibilidade dos locais deve ser cuidadosamente selecionada, e a frequência e o tipo de amostra devem ser determinados com base nestes conhecimentos ⁶¹.

O exame dos desenhos indicando os coletores e os pontos de visita na área industrial ajudará a local os pontos apropriados para amostragem das águas residuárias.

2.3.2. *Tipos de amostras*

Estas podem ser simples ou compostas, e os dois tipos podem ser obtidos por processos manuais ou automáticos.

a) Amostras simples

Servem para determinar as características do despejo no instante da coleta. O seu uso é recomendado quando ²⁷:

- O despejo não é contínuo tal como ocorre numa descarga de processo intermitente ou quando tanques de processos contaminados são descarregados periodicamente;
- As características dos despejos são relativamente constantes;
- Se deseja verificar se uma amostra composta obscurece ou não as condições extremas dos despejos . Um exemplo clássico é a possibilidade de variações do pH.

São também usadas para análise de determinados parâmetros como gases dissolvidos, cloro residual, sulfetos, temperatura e pH.

b) Amostras compostas

São realizadas para minimizar o número de amostras a serem analisadas.

Enquanto as amostras simples podem ser úteis para detectar características anormais e uma série das mesmas determina variações de concentrações, as amostras compostas eliminam essas variações. Resultam da soma de uma série de amostras individuais (não inferiores a 120 ml), coletadas com intervalos frequentes, durante um dado período, com volume proporcional à vazão ³⁸.

2.3.3. *Amostragem manual*

É recomendada durante as pesquisas preliminares , pois nesta fase o coletor pode observar condições não usuais. Também as amostragens simples de processos intermitentes podem ser efetuadas manualmente.

2.3.4. *Amostragem automática*

O seu uso é conveniente quando vários pontos devem ser amostrados a freqüentes intervalos de tempo, ou quando é requerido um registro contínuo das características dos despejos. Os custos da instalação podem ser compensados pela economia de pessoal e pela possível redução de erros inerentes à coleta manual.

Existem, comercialmente, equipamentos automáticos que compõem a amostra com base na vazão ou no tempo. Para se efetuar a seleção deles, deve-se levar em consideração o tipo de amostragem e os parâmetros a serem analisados.

2.3.5. Freqüência da amostragem

Depende da vazão e das características das águas residuárias. Na maioria das vezes se efetua uma coleta por hora, nas amostras simples. Para pequenas variabilidades dos despejos, elas podem ser tomadas em intervalos maiores, variando de 2 a 24 horas ²⁷.

Em caso de alta variabilidade, as amostras individuais coletadas para uma composição (amostra composta) poderão ser tomadas de uma a cada três minutos e até uma por hora. O tempo máximo para composição não deve ser superior a vinte e quatro (24) horas.

No caso de determinação de parâmetros importantes para os critérios biológicos de tratamento, como DBO e DQO, as amostras compostas poderiam se estender por um período de 8 a 12 horas, se as características dos despejos forem relativamente constantes, e um período de 2 a 4 horas, se elas têm variações significantes ²⁷.

2.3.6. Manuseio das amostras

A fim de se obter uma amostra representativa, algu-

mas precauções e regras gerais são necessárias. A seguir enumeramos algumas ²⁷:

- a) A amostra deverá ser tomada num lugar onde o despejo é bem misturado. Exemplo: perto de uma calha Parshall ou num coletor com turbulência hidráulica; todavia, não é aconselhável se ela é destinada à análise dos gases dissolvidos ou do material volátil.
- b) O volume da amostra deverá ser suficiente não só para permitir todas as análises requeridas, mas também uma quantia adicional para repetir algumas análises duvidosas.
- c) Em alguns casos, pode ser desejável acumular um número de amostras individuais para composição em determinados instantes, como no fim dos turnos de trabalho ou no fim do dia. Todavia, é necessário que elas sejam representativas da vazão no instante da coleta, de modo que a integridade do total da amostra composta seja mantida.
- d) As amostras deverão ser guardadas de modo a assegurar a manutenção das características dos despejos até serem analisadas. A refrigeração em alguns casos pode ser necessária. Em outros, há necessidade de técnicas especiais de preservação. As amostras para estes casos deverão ser tomadas separadamente.
- e) Os depósitos e os equipamentos de amostragem deverão ser mantidos limpos. Antes da coleta, os depósitos deverão ser lavados várias vezes com o líquido a amostrar.

f) Cada amostra deverá ser identificada com um cartão contendo, pelo menos, as seguintes informações:

- 1) Identificação do local de coleta;
- 2) Data e hora de coleta;
- 3) Indicação de se a amostra é simples ou composta, com hora certa e informações de volume;
- 4) Anotação de informações que podem mudar antes que as análises de laboratório sejam realizadas. Estas informações incluem temperatura, pH e aparência.

2.3.7. *Preservação das amostras*

As amostras deveriam ser analisadas o mais breve possível, logo após a coleta; entretanto, na prática, a análise imediata raramente é possível ou por questões analíticas ou por dificuldades de se dispor de laboratório no local. Assim, elas deverão ser preservadas de modo a manter suas características físicas, químicas e biológicas até o momento de suas análises, pois de nada valerá um bom programa de amostragem se não se conseguir isto.

2.4. *Análise qualitativas*

As análises específicas a serem efetuadas devem ser selecionadas com base no conhecimento dos processos de produção, das matérias-primas utilizadas e do propósito da pesquisa.

2.4.1. *Parâmetros a serem analisados*

Considerando-se o propósito deste trabalho, serão apresentados e discutidos os parâmetros de especial significação para a análise dos resíduos líquidos industriais:

- a) pH, alcalinidade e acidez
- b) Temperatura
- c) DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)
- d) DQO (Demanda Química de Oxigênio)
- e) Sólidos totais (ou resíduo total)
- f) Sólidos em suspensão (ou resíduo não filtrável)
- g) Sólidos dissolvidos (ou resíduo filtrável)
- h) Sólidos sedimentáveis (ou resíduo sedimentável)
- i) Nutrientes: Nitrogênio e fósforo
- j) Metais pesados e produtos tóxicos
- l) Óleos e graxas
- m) Cor e turbidez

a) pH, alcalinidade e acidez

O pH é importante no controle dos coletores de águas residuárias e das estações de tratamento, pois uma súbita mudança do mesmo pode acarretar sérios danos às suas estruturas e aos microrganismos essenciais ao tratamento biológico.

Os limites do pH são normalmente fixados por legislação, tanto para lançamento direto nos corpos d'água como para lançamento nos sistemas de esgotos.

A alcalinidade e a acidez determinam as quantidades de bases ou ácidos presentes na água e são medidas em ppm de CaCO_3 ⁷⁶. Não devem ser confundidas com o pH que é uma medida de intensidade da qualidade do ácido ou da base.

A alcalinidade se deve à presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonato de cálcio e magnésio, principalmente. O conhecimento da concentração da alcalinidade é importante quando se deve efetuar um tratamento químico⁶¹.

A acidez é causada principalmente pela presença de

CO_2 , ácidos minerais e sais hidrolisados. Os despejos ácidos constituem um problema devido às suas características corrosivas ³.

b) Temperatura

Temperaturas elevadas causam um efeito nocivo às águas porque afetam as atividades biológicas e bioquímicas ³. Sua elevação nas águas residuárias aumenta a capacidade tóxica de certas substâncias. Todavia, a temperatura tem um efeito positivo nas estações de tratamento biológico, quando as águas aquecidas à temperatura de 30 a 37°C são descarregadas nos sistemas de esgotos, pois a atividade dos microrganismos aumenta com a elevação da temperatura a estes níveis.

c) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Os produtos orgânicos biodegradáveis contidos nas águas residuárias causam a utilização ou depleção do oxigênio dissolvido devido à atividade dos microrganismos aeróbios. A taxa de tal depleção é geralmente avaliada pelo teste da DBO que é uma medida da biodegradabilidade do conteúdo orgânico dos despejos. Assim, a DBO mede a quantidade de oxigênio necessária à biodegradação dos despejos orgânicos.

Este teste geralmente é efetuado a uma temperatura de 20°C, em ambiente apropriado, durante um período de 5 (cinco) dias. A DBO medida neste período e nesta temperatura é conhecida por DBO_5 . É a determinação mais importante dos resíduos orgânicos, sendo usada para ⁶⁰:

- . Determinar o efeito da descarga dos resíduos na depleção de oxigênio dos cursos d'água;
- . Determinar, de maneira aproximada, o grau de tratamento das águas residuárias;

- . Dimensionar a capacidade de certas unidades de tratamento;
- . Controlar os processo de tratamento e medir sua eficiência;
- . Determinar a "população equivalente" com relação à DBO conhecendo-se os seus valores e as respectivas vazões;
- . Ajudar no estabelecimento de tarifas para tratamento das águas residuárias.

d) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO mede o conteúdo de matéria oxidável, geralmente orgânica, dos despejos biodegradáveis e refratários. Sua vantagem é de se poder avaliar a carga orgânica em poucas horas, enquanto para a DBO são necessários, pelo menos, 5 dias para que o teste seja efetuado.

O teste da DQO, apesar das fontes de erros possíveis de serem introduzidos, é bastante empregado. Há casos de despejos que apresentam uma correlação entre DQO e a DBO_5 . Quando isto ocorrer é possível substituir esta última pela anterior. Esta medida requer entendimentos com o órgão controlador dos despejos mas não deve ser abandonada.

e) Sólidos totais (Resíduo total)

Medem quantitativamente a massa total de sólidos em um despejo nas formas de substâncias dissolvidas, coloidais e em suspensão.

O conhecimento do teor de sólidos totais de um despejo é de reduzido interesse. Importantíssimos são seus desdobramentos em ¹⁴:

$$\text{- Sólidos fixos + sólidos voláteis = sólidos totais}$$

- Sólidos em suspensão + sólidos dissolvidos = sólidos totais.

f) Sólidos em suspensão (Resíduo não filtrável)

São todos os sólidos presentes nas águas residuárias, exceto os solúveis, e, geralmente, em forma coloidal. Podem ser subdivididos em sólidos sedimentáveis e não sedimentáveis.

Este parâmetro permite verificar a eficiência da remoção de sólidos em suspensão sedimentados nos decantadores primários e determinar certos parâmetros de operação (Índice de lodo, idade do lodo, por exemplo). Também é fundamental para a correta operação dos tanques de aeração ⁶⁹.

São removidos parcialmente nos decantadores primários (aí ficam especificados os sólidos sedimentáveis). As partículas em suspensão que não se sedimentam naturalmente podem ser removidas em alta porcentagem por coagulação ou oxidação biológica, seguida de sedimentação.

g) Sólidos dissolvidos (ou resíduo filtrável)

Apresentam-se sob as formas de solução verdadeira, incluindo na maioria das vezes os sólidos em estado coloidal.

O tratamento convencional das águas residuárias tem pouco efeito na contenção de sólidos dissolvidos inorgânicos. Os sistemas de tratamento biológico são vulneráveis a concentrações destes sólidos acima de 10.000 mg/l ²⁷.

Elevadas concentrações estão associadas a altos níveis de sulfatos e/ou cloretos ⁷⁶. Assim, sempre que um despejo apresentar elevadas concentrações de sólidos dissolvidos, deve-se procurar os seus componentes individuais pois estes

são os que mais interessam, pelos problemas que podem causar em relação ao uso da água. Exemplo disto são: dureza devido a cloreto de cálcio, corrosão nos coletores devido a sulfatos . Os produtos químicos tenso-ativos, incluindo os detergentes sintéticos também se encontram dissolvidos nos despejos e têm causado problemas às ETEs, quando eles não são biodegradáveis.

h) Sólidos sedimentáveis (ou resíduo sedimentável)

A deposição de sólidos nos coletores pode ocasionar a obstrução dos mesmos. Cobertores de lodo contendo sólidos orgânicos podem sofrer decomposição progressiva resultando na produção de gases nocivos.

Por sua simplicidade de determinação, os sólidos se dimentáveis são normalmente usados na legislação antipoluição como uma das características dos despejos que devem ser limitadas ¹⁴. Geralmente são removidos por decantação primária.

i) Nutrientes (Nitrogênio e fósforo)

A presença de nutrientes à base de nitrogênio e fósforo é fundamental ao desenvolvimento biológico nos sistemas de tratamento de águas residuárias por processos convencionais. Despejos pobres em nitrogênio e fósforo (indústria de papel e celulose e fecularias de mandioca, por exemplo) requerem a adição destes nutrientes.

Por outro lado, quando os efluentes são descarregados nos cursos d'água, a presença de nitrogênio e fósforo é particularmente indesejável pois favorece a eutrofização e o crescimento de algas que podem ser prejudiciais a estes cursos d'água.

As determinações de nitrogênio e fósforo nas águas residuárias para tratamento conjunto devem ser efetuadas para

se verificar se o balanço da relação $DBO:N:P = 100:5:1$ é mantido, pois é de fundamental importância ao tratamento biológico. Normalmente o nitrogênio é analisado nas formas de nitrogênio total, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitratos e nitritos.

O fósforo aparece sob a forma de compostos orgânicos (proteínas, por exemplo) e de compostos minerais (principalmente nos polifosfatos e ortofosfatos).

j) Metais pesados e produtos tóxicos

Alguns despejos industriais contêm metais pesados que são tóxicos ao tratamento biológico por sua ação inibidora ou destruidora sobre os microrganismos dos quais dependem tal tratamento. Os mais comuns nas águas residuárias são: Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, Zn.

A objeção principal contra o ferro ou sais ferrosos é quanto ao problema da cor. Fábricas de papel, tecidos e conservas, por exemplo, não podem empregar água com qualquer vestígio de ferro¹⁶.

As concentrações máximas admissíveis para um grande número de metais pesados têm sido limitadas por legislação.

Gases como o metano (CH_4), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e ácido cianídrico (HCN) são muito tóxicos ao tratamento biológico. O íon cianeto (CN^-) é muito tóxico e sua combinação com águas ácidas forma o HCN que é extremamente tóxico.

O H_2S além de tóxico é corrosivo, causa problemas de odor e de sabor. Os sulfetos dificultam a floculação nas estações de tratamento de água. São encontrados principalmente nos despejos de fábricas de papel, refinarias de óleo, usi

nas de gás de cidade e curtumes.

Outros produtos tóxicos que devem ser analisados , quando presentes nas águas residuárias são os pesticidas em suas formas inorgânicas, como fluoretos e compostos de arsênico e de mercúrio, e nas formas orgânicas, como fosfatos orgânicos, hidrocarbonetos clorados, etc ¹⁶.

1) Óleos e graxas

Estes são objetáveis pelo aspecto estético e por problemas que podem causar aos coletores e ao tratamento biológico.

Os óleos e graxas podem ser de origem animal, vegetal ou mineral. Os dois primeiros são geralmente biodegradáveis e em forma de emulsão podem ser tratados com sucesso nas unidades biológicas de tratamento. Já os de origem mineral são relativamente resistentes à biodegradação e podem requerer outros métodos diferentes de tratamento. Infelizmente ainda não existe um método satisfatório que distinga os óleos e graxas de origem animal dos de origem vegetal e/ou mineral ²⁷.

m) Cor e turbidez

O principal problema ligado à cor e à turbidez de um despejo é o aspecto estético. As variações de cor e turbidez são devidas, respectivamente, à presença de pigmentos e de partículas e suspensão. Distingue-se uma da outra pelo caráter filtrável da primeira, isto é, os compostos responsáveis pela cor encontram-se dissolvidos ou, pelo menos, em forma coloidal, enquanto a turbidez é provocada por partículas em suspensão que são insolúveis ¹⁹.

As principais indústriais cujos despejos apresentam problemas de cor são as têxteis (anilinas), de papel e celulo

se (taninos), curtumes e fecularias. É difícil a remoção da cor pelos processos convencionais de tratamento.

Outro problema da cor e turbidez é a limitação da penetração da luz nos corpos d'água, podendo causar distúrbios ecológicos neste meio.

Apresentamos a seguir algumas sugestões para caracterização qualitativa das águas residuárias de determinadas indústrias, obtidas das referências 21 e 27 com algumas modificações:

1) Indústrias de produtos alimentícios

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, DBO_5 , DQO, óleos e graxas (sólidos dissolvidos, sólidos totais, série nitrogenada, fósforo, produtos tóxicos, cor, turbidez) *.

Nesta relação estão incluídas as indústrias de conservação e enlatados de frutas e vegetais, de laticínios, de moagem de cereais e de carnes.

2) Indústrias de bebidas

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, DBO_5 , DQO, óleos e graxas, produtos tóxicos (sólidos dissolvidos, sólidos totais, série nitrogenada, fósforo, cor, turbidez).

3) Indústrias de curtição e de acabamento de couros

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em

* Os parâmetros dentro de parênteses () são informações adicionais que deverão ser analisadas em função da observação do responsável pelo levantamento industrial e coleta de dados sobre as matérias-primas utilizadas, e das características individuais de cada indústria.

suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos totais, DBO_5 , DQO, óleos e graxas, cromo total (alcalinidade, cor, série nitrogenada, cloreto de sódio, sulfetos).

4) Indústrias de produtos químicos orgânicos

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, DBO_5 , DQO, óleos e graxas (cloretos orgânicos, fósforo, série nitrogenada, metais pesados, fenóis, cianetos).

5) Refinarias de petróleo

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, DBO_5 , DQO, óleos livres e emulsionados, cromo, série nitrogenada, fenóis, sulfetos (cloretos, metais pesados, produtos tóxicos, fósforo, cor, turbidez).

6) Indústrias de papel e celulose

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, DBO_5 , DQO, cor, turbidez, metais pesados, série nitrogenada, óleos e graxas, fenóis, sulfetos, cloretos, fósforo.

7) Indústrias têxteis

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, DBO_5 , DQO, cromo, fenóis, sulfetos, alcalinidade (metais pesados, cor, óleos e graxas, produtos tóxicos).

8) Indústrias de materiais plásticos e sintéticos

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, DBO_5 , DQO, óleos e graxas, fenóis (sulfatos, fósforo, série nitrogenada, cianetos, zinco, materiais aromáticos polinucleares).

9) Indústrias de fertilizantes

. Nitrogenados

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, série nitrogenada, cloretos, cromo total, zinco (DQO, óleos e graxas, sulfatos, ferro, sódio, cálcio, sólidos totais).

. Fosfatados

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, cálcio, fluoretos, fósforo (arsênico, ferro, mercúrio, série nitrogenada, fosfato, acidez).

10) Indústrias de produtos químicos inorgânicos, de álcalis e de cloro

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos totais, acidez e/ou alcalinidade, cloretos, sulfetos (DBO_5 , DQO, óleos e graxas, metais pesados, produtos tóxicos, fósforo).

11) Indústrias siderúrgicas

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, óleos e graxas, DQO, cloretos, sulfatos, amônia, cianetos, fenóis, ferro, estanho, cromo, zinco.

12) Indústrias metalúrgicas

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, DQO, óleos e graxas, metais pesados, cianetos.

13) Indústrias de vidro plano, cimento, cal, gipsita e asbestos

. Vidro plano

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em

suspensão, DQO, fósforo, sulfatos (DBO_5 , metais pesados, substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, resinas sintéticas, sólidos dissolvidos).

. Cimento, concreto, cal, gipsita e asbestos

Temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, DQO (alcalinidade, cromatos, fosfatos, zinco, sulfatos, sólidos dissolvidos, DBO_5).

2.5. Indicadores de poluição relacionados com a produção

Vários estudos têm sido desenvolvidos procurando estabelecer índices que relacionem a produção à poluição, com base na matéria-prima, no produto acabado ou no número de empregados da produção total. Amostras desses indicadores são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Os índices da Tabela 1 referem-se a valores obtidos no trabalho de "Medições reais em efluentes industriais, no Estado da Guanabara", em 1973⁵⁵.

Estes indicadores podem ser expressos em termos de "População Equivalente" (ou "Equivalente Populacional"), que indica a força poluidora dos despejos referida ao número de habitantes. É utilizada quando o material presente nos despejos industriais apresenta características semelhantes àsquelas dos esgotos sanitários.

O "Equivalente Populacional" normalmente é estabelecido em relação a dois parâmetros:

- Teor de matéria orgânica medido em termos de DBO (para 5 dias e 20°C);
- Teor de sólidos em suspensão.

"População Equivalente" (em termos de DBO) de uma indústria é aquela que seria capaz de produzir a mesma quantidade de poluição que produz a indústria, medida em carga orgânica

TABELA 1 - INDICADORES DE POLUIÇÃO INDUSTRIAL
POR MATÉRIA ORGÂNICA

Tipos de Indústria	Características de produção	Unidade de produção	Vazão (m ³ /un. prod.)	DBO ₅ (Kg/un. prod.)
Cervejaria	De grande porte c/ lavagem de frasco	1.000 l	-5,5	-6
Abatedouro	De aves s/recuperação de sangue e partes	1 t	-2,5	1,5-4,0
Usina de leite	Diversificada	1.000 l	0,5-2,3	0,8-5,2
Papel	A partir de aparas, pasta mecânica e celulose	1 t	70-150	9-27
Graxaria	Extração de sebo em osso e em rama	1 t	-1-2	100-180
Sabões e gorduras	A partir de sebo industrial de graxarias	1 t	-2	0,3-1,3
Matadouro	70 a 90% de bovinos; restante de suínos e vitelos	1 t "in vivo"	-1	2 - 6

FONTE: JORDÃO, E.P.; FERREIRA, R.Q.; MARCONDES, P. 55.

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DAS DESCARGAS DE RESÍDUOS DE ALGUMAS INDÚSTRIAS TÍPICAS

Indústria	Unidade de Produção	Volume de resíduo p/unidade (l)	Sólidos em suspensão (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Características especiais
1. Aço	1 t aço	4.000 - 9.100	100 - 1.000		Sólidos em suspensão
2. Galvanoplastia	100 m ² material acabado		5,0 - 95		Cianetos, Ni, Zn, Cr, acidez e alcalinidade fortes
3. Papel	1 t fibra	45.000 - 270.000	150 - 1.000	20-100	Fibra, argila
4. Lavanderia	100 kg roupa	1.000 - 4.000	400 - 1.000	300-1.000	Detergentes
5. Tintura e acabamento de tecidos	1 Kg tecido	45 - 1.000	200 - 2.000	100-1.000	Sais minerais, corantes, sulfetos
6. Lanifício	100 Kg lã	490 - 2.000	2.000 - 20.000	500-10.000	Óleos e graxas acima de 10.000 mg/l
7. Curtume	1 Kg pele	20 - 200	1.000 - 5.000	500-5.000	Cabelo, sulfetos
8. Abatedouro	1 rês 1 porco, cordeiro ou carneiro	220 - 1.300 90 - 540	400 - 1.500	800-2.000	Gorduras
9. Leite	10 l leite	10 - 55	100 - 300	300-2.000	Gorduras
10. Frutas e vegetais enlatados	1 t material	910 - 3.200	200 - 3.000	300-3.000	
11. Cervejaria	10 l cerveja	55 - 290	250 - 650	400-1.200	
12. Produtos farmacêuticos (vitaminas e produtos biológicos)	100 Kg produtos químicos	1.000 - 2.900	pouco	500-10.000	Fenóis ou produtos orgânicos; sólidos dissolvidos de 5.000 - 50.000 mg/l
13. Gás de carvão	1 t carvão	680 - 1.600	200 - 3.000	1.000-6.000	Fenóis, cianetos, amônia

nica (DBO_5) e admitindo-se que um habitante produz 54 g DBO_5 /dia ⁵⁴. A Tabela 3 mostra alguns exemplos de Populações Equivalentes em termos de DBO_5 .

O "Equivalente Populacional" em termos de teor de sólidos em suspensão assume maior interesse quando se quer relacionar, por exemplo, a produção de lodo de um despejo industrial com a do despejo doméstico ¹.

Geralmente a "População Equivalente" referida a DBO e aos sólidos em suspensão é diferente uma da outra e são eventualmente são iguais.

Os "Equivalentes Populacionais" são também usados para dimensionar unidades de tratamento, utilizando-se os mesmos parâmetros para dimensionamento de ETEs, admitindo-se que os despejos industriais e domésticos têm a mesma tratabilidade, o que muitas vezes pode ser fonte de erros grosseiros.

No Estado de São Paulo, tem-se utilizado para os despejos domésticos os seguintes valores ¹:

. Vazão	- 180 l/hab x dia
. DBO_5	- 300 mg/l
. DBO_5	- 54 g/hab x dia
. Sólidos em suspensão	- 300 mg/l
. Sólidos em suspensão	- 54 g/hab x dia

O uso destes indicadores num estudo de poluição tem sua importância para uma primeira aproximação da avaliação das cargas poluidoras de uma indústria ou de um complexo industrial. A sua aplicação requer experiência dos usuários, adquirida através de trabalhos anteriores, para que se obtenha resultados mais confiáveis.

TABELA 3 - POPULAÇÕES EQUIVALENTES REFERIDAS

A DBO_5 DE 54g/HAB x DIA

Tipo de Indústria	Unidade base	População equivalente p/unidade (hab.)
Lacticínio s/queijaria	1.000 l leite	30 - 80
Lacticínio c/queijaria	1.000 l leite	100 - 250
Matadouro	1 rês = 2,5 porcos 1 t de peso em pē	70 - 200 150 - 450
Granja de galinhas	1 ave	0,13 - 0,25
Silo para rações	1 t ração diária	4 - 12
Cervejaria	1.000 l cerveja	300 - 2.000
Destilaria	1.000 l cereais	1.500 - 2.000
Amidonaria	1 t milho ou trigo	800 - 1.000
Curtume	1 t peles	1.000 - 4.000
Lanifício	1 t lã	2.000 - 5.000
Alvejamento de tecidos	1 t tecido	250 - 350
Tinturaria c/corantes sufurados	1 t celulose	2.000 - 3.500
Celulose ao sulfito	1 t celulose	4.000 - 6.000
Pasta mecânica p/papel	1 t madeira	50 - 80
Fábrica de papel	1 t papel	100 - 300
Viscose (sêda artificial)	1 t produto	300 - 500
Lavanderias	1 t roupa	370 - 1.000
Fecularia de mandioca	1 t mandioca	150 - 250
Amidonaria de mandioca	1 t mandioca	200 - 300

FONTE: IMHOFF, K. 51.

Pelas razões apresentadas no início desta Seção, seria ideal que cada indústria fosse estudada separadamente. Todavia, como isto requer grandes investimentos no caso dos grandes complexos industriais, poderia ser selecionada uma amostra representativa das indústrias potencialmente poluidoras e efetuado o levantamento industrial de cada uma tendo em vista a caracterização de seus efluentes e a avaliação das cargas poluidoras totais. Como metodologia de levantamento e avaliação das cargas poluidoras, sugerimos a descrita por Loureiro ⁵⁷ (1974). O anexo 1 apresenta um modelo de questionário para levantamento industrial.

Com os resultados obtidos nesses levantamentos, por extrapolação se avaliaria as cargas poluidoras e as vazões das demais indústrias do complexo industrial. Estas poderiam ser avaliadas por áreas de contribuição a cada ETE e por sub-bacia das redes coletoras. Estas informações são imprescindíveis ao dimensionamento dos sistemas de esgotos.

Todavia, sugere-se que, por ocasião da ligação de cada indústria ao sistema público de esgotos, se efetue o seu levantamento, principalmente no que se refere às medições de vazão e análises dos parâmetros de real significância da particular indústria. Esta medida é importante, pois permitirá:

- a) Comparar os efluentes com os padrões de emissão para seu lançamento nos sistemas de esgotos;
- b) Determinar as medidas de controle na fábrica (em particular, o grau de pré-tratamento necessário) de modo a compatibilizar seus despejos com os que podem ser recebidos pelos sistemas de esgotos;
- c) Verificar se os coletores e ETE têm capacidade para receber e tratar os despejos. Isto é funda-

mental, principalmente no caso de sistemas já existentes;

- d) Por ocasião de transtornos operacionais da ETE e redes coletoras, ajudar na identificação das causas e dos possíveis responsáveis;
- e) Principalmente, permitir o estabelecimento de tarifas justas uma vez que elas devem ser calculadas com base nas vazões e nas cargas poluidoras de certos parâmetros (geralmente DBO e sólidos em suspensão). Por outro lado, sabendo a indústria que o pagamento das tarifas será proporcional às vazões e às cargas poluidoras dos despejos produzidos, adotará medidas de controle interno com vistas a reduzir estes custos;
- f) Verificar a eficiência de cada unidade de produção com relação aos despejos produzidos. Este aspecto é particularmente de interesse da indústria.

3. EFEITO DOS DESPEJOS INDUSTRIAIS NOS SISTEMAS PÚBLICOS DE ESGOTOS

Os sistemas públicos de esgotos podem proporcionar um conveniente meio para disposição dos despejos industriais, se os coletores e estações de tratamento tiverem capacidade a dequada e se as empresas concessionárias dos serviços de esgoto permitirem o seu uso ⁴⁷. Todavia, algumas indústrias apresentam certos constituintes nas suas águas residuárias, que de vem ter as descargas proibidas e outros que podem ser permitidos apenas dentro de certos limites, por serem danosos aos coletores, às ETEs e ao pessoal que trabalha nestes serviços ou por interferirem nos processos de tratamento.

O conhecimento desses constituintes ajudará no estabelecimento de padrões e diretrizes para a concessão das descargas dos efluentes industriais.

Os possíveis efeitos dos despejos objetáveis e normalmente regulamentados por leis federais, estaduais e/ou municipais são devido principalmente a ²⁷:

- a) Substâncias inflamáveis - Como gasolina pura, benzina, nafta, óleo combustível e óleo mineral. São substâncias in solúveis na água e tendem a criar poças nos coletores e poços de visita favorecendo às condições de perigo de explosões. O gás metano dos esgotos quando misturado com óleos inflamáveis pode elevar o seu poder de explosão.
- b) Gases tóxicos - Como H_2S , CH_4 e HCN estão sempre presentes nos coletores ou podem ser formados durante as descargas industriais. Águas residuárias com grandes quantidades de sulfatos podem causar problemas de decomposição anaeróbica devido a formação do H_2S .

- c) Óleos e graxas - Em geral uma ETE municipal não tem instalações para remover quantidades significantes de óleos e graxas. O pré-tratamento na fábrica pode ser desejável para reduzir a concentração total a níveis admissíveis, principalmente se esses são de origem mineral.
- d) Sólidos sedimentáveis - Causam obstrução dos coletores pela sedimentação e acumulação. Nos lugares onde os sólidos se acumulam, a decomposição anaeróbia pode originar produtos indesejáveis como H_2S e CH_4 . Altas concentrações de sólidos sedimentáveis podem sobrecarregar as estações de tratamento.
- e) Ácidos e álcalis - São corrosivos e podem interferir no tratamento biológico. Até mesmo sais de sulfato neutralizados podem causar corrosão desde que o sulfato seja reduzido biologicamente a sulfeto e a seguir oxidado a ácido sulfúrico.
- f) Metais pesados - Podem ser tóxicos aos processos biológicos de tratamento ou à vida aquática dos corpos d'água receptores e, conseqüentemente, afetar os sistemas de abastecimento de água, quando encaminhados aos cursos d'água que servirão de mananciais a estes sistemas.
- g) Cianetos - São tóxicos às bactérias e podem causar a formação de gases perigosos nas redes coletoras.
- h) Produtos orgânicos tóxicos - Pesticidas e outras substâncias extremamente tóxicas são objetáveis, exceto em pequenas concentrações. Quando os sistemas biológicos de tratamento não estão preparados para tratar produtos orgânicos tóxicos a certas concentrações, eles podem passar para os corpos d'água receptores causando danos à qualidade de

suas águas.

Outros aspectos que podem ser considerados e que dependem da capacidade das instalações dos sistemas de esgotos são as vazões e as cargas orgânicas biodegradáveis (expressas em termos de DBO).

A seguir, serão discutidos os efeitos ~~deletérios~~ destes constituintes sobre o pessoal que trabalha nos coletores e estações de tratamento.

3.1. Perigos para o pessoal

A segurança dos trabalhadores dos coletores e dos operadores das estações de tratamento é o aspecto mais importante a considerar na descarga dos despejos industriais. Estes perigos são devido a: danos de fogo e explosões e de produtos tóxicos, especialmente gases tóxicos ⁴⁷.

3.1.1. Despejos inflamáveis e explosivos

A descarga intencional ou acidental de produtos inflamáveis pode provocar explosões e romper os próprios tubos ou suas juntas. Algumas vezes as correntes de ar resultantes removem os tampões dos poços de visita, ferindo pessoas e danificando propriedades vizinhas.

O gás metano (CH_4) dos coletores, produzido pela decomposição anaeróbia dos esgotos sanitários e despejos industriais, tem provocado incêndios e explosões causando ferimento nos trabalhadores.

Outros gases inflamáveis que podem ser introduzidos numa atmosfera dos coletores, em combinação com os despejos industriais, podem apresentar um perigo igual ou maior que o das concentrações usuais de gás metano.

3.1.2. Produtos tóxicos

O principal dano aos trabalhadores dos coletores, devido aos gases venenosos ou aos líquidos que podem liberar gases e vapores venenosos, não é usualmente a toxicidade em si, mas o seu poder asfixiante, como o dióxido de carbono e o metano que eliminam o oxigênio da atmosfera dos coletores.

Nos coletores onde se verifica uma ativa produção de sulfetos em presença de pH baixo, tal como ocorre quando da descarga ácida de despejos industriais, pode gerar rapidamente uma atmosfera tóxica. Muitas mortes já ocorreram em condições dessa natureza. A Tabela 4 mostra níveis de toxicidade e de explosão de alguns gases.

TABELA 4 - GASES TÓXICOS E EXPLOSIVOS NA ATMOSFERA DOS ESGOTOS

Gás	Níveis de toxicidade			Níveis de explosão %
	Seguro	Perigos de envenenamento	Letal	
H ₂ S	20ppm; 8 horas 200-300ppm; 60 min.	100ppm; perda de olfato	100ppm; expos. demorada 600-1.000ppm ; poucos min.	4,3 - 46
CO	100ppm; 8 horas	400ppm; 60 min.	1.600ppm; 20 min.	12,4 - 74
CH ₄	10.000ppm	20.000-40.000 ppm		5 - 15
vapor de gasolina	-	1,2 - 2,2%	2,4	1,3 - 6

FONTE: GARBER, W. F. 39

Deve-se notar que a concentração na atmosfera é bem diferente da do esgoto. Por exemplo, uma concentração de 1ppm de H_2S no esgoto pode produzir uma concentração de 300 ppm na atmosfera de uma área não ventilada ³⁹.

3.2. Danos aos coletores

- a) Perigos de explosão - Já comentado no item anterior;
- b) Corrosão - Causada por ácidos, sais, sulfeto de hidrogênio e agentes similares. Os ácidos corroem os equipamentos de aço e a estrutura de concreto dos coletores e das unidades de tratamento. Andrade ⁴ (1972) cita exemplos de casos de corrosão em tubos de concreto para esgotos, entre os quais um na Avenida Brigadeiro Luiz Antonio, S. Paulo, onde em escavações efetuadas pela então SAEC (Serviço de Água e Esgotos da Capital) para verificar o estado da tubulação constatou-se que ela simplesmente não mais existia;
- c) Obstrução - Gorduras e ceras aderem às paredes dos coletores reduzindo suas seções e, conseqüentemente, a capacidade de escoamento. Sólidos sedimentáveis também reduzem a capacidade dos coletores, além dos inconvenientes da decomposição anaeróbia da matéria orgânica com geração de gases nocivos;

Sólidos grosseiros como papéis, tecidos, lixo e pedaços de madeira são especialmente problemáticos e podem obstruir ou danificar coletores, bombas, válvulas e mecanismos de remoção de lodo das estações de tratamento;
- d) Sobrecarga hidráulica - Pode ser resultante do subdimensionamento dos coletores que recebem os despejos industriais, ou de descargas instantâneas de grandes volumes destes despejos, ou ainda de descargas súbitas ou intermitentes dos

tanques de processo;

- e) Problemas nas juntas - Efluentes quentes além de acelerar a decomposição da matéria orgânica com produções de gases , como H_2S , podem danificar as juntas dos coletores como resultado de choques térmicos.

3.3. Efeitos nas estações de tratamento

3.3.1. Caixas de areia

- a) Descargas intermitentes podem sobrecarregar as caixas de areia e os decantadores, diminuindo o tempo de retenção nestes, com conseqüente redução da eficiência na remoção da areia e dos sólidos sedimentáveis, respectivamente;
- b) Matéria orgânica removida juntamente com areia pode sofrer decomposição anaeróbia desprendendo gases mal-cheirosos. Seu aumento nas caixas de areia é devido principalmente a resíduo das indústrias de carne, de frutas e vegetais enlatados e de moagem de cereais;
- c) Altas concentrações de areia, oriundas principalmente das fábricas de papel e celulose sobrecarregam equipamentos de limpeza (pás removedoras, bombas parafuso, por exemplo).

3.3.2. Grades e trituradores

- a) Sobrecarga das grades e trituradores por excesso de concentração de sólidos grosseiros;
- b) Desgastes excessivos das superfícies cortantes dos trituradores, devido a materiais abrasivos como areia, pedras e pedaços de metal.

3.3.3. Decantadores

- a) Sobrecarga hidráulica, conforme já visto;

- b) Óleos e graxas em quantidades excessivas são problemas porque formam lodos e espumas flutuantes que não sedimentam e de difícil remoção nos decantadores das ETEs públicas. Do óleo removido, comumente uma alta proporção se juntará ao lodo interferirá no seu subsequente tratamento;
- c) Sólidos em suspensão finamente divididos são difíceis de remoção nos decantadores primários, diminuindo assim, a qualidade de seus efluentes. Adição de coagulantes onera o custo do tratamento mas auxilia bastante. Alguns sais de metais contidos nos despejos, como sais de ferro e de alumínio, ajudam na coagulação dos sólidos em suspensão formando um lodo mais denso e auxiliando em sua secagem,
- d) Sólidos sedimentáveis em altas concentrações dão origem a quantidades excessivas de lodo, que podem sobrecarregar os equipamentos de limpeza. A disposição dos sólidos, por sua vez, pode ser difícil, pois volumes maiores podem requerer um aumento da capacidade dos tanques de digestão, dos leitos de secagem, dos filtros e dos equipamentos de transporte do lodo.

3.3.4. Digestores de lodo

- a) Espumas vindas dos decantadores primários formam camadas espessas que sobrecarregam os digestores e interferem na digestão de outras substâncias orgânicas. Estas espumas podem ser causadas por sólidos orgânicos excessivos ou por óleos de hidrocarbonatos de origem mineral;
- b) Sólidos inorgânicos como areia e silte que chegam aos digestores tendem a depositar-se nos mesmos, diminuindo sua capacidade, obstruindo as tubulações e requerendo limpezas mais frequentes;

- c) Sobrecargas causadas por excesso de sólidos sedimentáveis reduzem a qualidade do lodo digerido;
- d) Problemas de pH originados por despejos com altos teores de açúcar e/ou amido, conferindo características ácidas ao lodo, são indesejáveis aos digestores;
- e) Produtos tóxicos no lodo dos digestores retardam a ação das bactérias e podem atrasar a complementação das reações de digestão ou mesmo interrompê-las totalmente. Entre estes, os mais comuns são os compostos de metais pesados como sais de cobre, zinco, níquel e cromo hexavalente. O cromo hexavalente é normalmente reduzido à forma trivalente que é relativamente insolúvel ao nível do pH dos digestores e, consequentemente, não é muito tóxico.

Não são os sulfetos como também os metais pesados são muito tóxicos ao tratamento anaeróbio. Todavia, quando eles se combinam, formam sais insolúveis que não tem efeitos prejudiciais. Este fenômeno, conhecido por "antagonismo", é a completa eliminação dos efeitos tóxicos ou redução da toxicidade quando duas ou mais substâncias tóxicas estão presentes no mesmo ambiente.

3.3.5. Filtros biológicos

- a) Sólidos finamente divididos podem obstruir os filtros e/ou os braços e bocais. Como os sais de ferro que enquanto ajudam a sedimentação podem obstruir completamente os leitos dos filtros biológicos ou os difusores de ar dos lodos ativados, se altas taxas de ferro atingirem estas unidades;
- b) Sobrecargas orgânicas (medidas em termos de DBO) podem reduzir a qualidade do efluente ou mesmo causar obstrução e condição anaeróbia nos filtros biológicos, a menos que ha-

ja pré-tratamento dos despejos. Exemplos de indústrias com altas concentrações de matéria orgânica em seus despejos são as de leite, as de conservas enlatadas, lavanderias e outras que processam matéria orgânica;

- c) Produtos tóxicos insolúveis normalmente são removidos nas operações de sedimentação e não afetam o tratamento biológico. Já as substâncias tóxicas que estão em solução não são removidas na sedimentação e podem retardar ou parar a atividade biológica dos microrganismos, dos filtros biológicos ou dos lodos ativados.

É conveniente lembrar o fenômeno do "sinergismo" de certas substâncias tóxicas. É definido como o aumento da toxicidade acima daquela comumente expressada, quando o agente tóxico é utilizado em combinação com outras substâncias. É o oposto do antagonismo. Por exemplo, numa estação de tratamento pode ser permitido descarregar zinco abaixo dos níveis de toxidez, enquanto em outra pode ser permitido fazer o mesmo com cobre. A combinação resultante de ambas descargas terá efeito sinérgico e pode causar efeito deletério no sistema de tratamento.

3.3.6. Lodos ativados

- a) Sobrecarga orgânica reduz a qualidade do efluente final medida em termos de DBO. Sobrecargas transitórias também podem causar deterioração da qualidade do efluente;
- b) Carboidratos em concentrações excessivos podem causar entumescimento ou lodo pobremente sedimentado;
- c) Produtos tóxicos que têm efeitos deletérios nos lodos ativados já foram comentados juntamente com os filtros biológicos.

- d) Espumas causadas pelas descargas de detergentes sintéticos causam problemas aos tanques de aeração devido a formação de cobertores de espuma na superfície, dificultando a penetração de oxigênio do ar atmosférico.

3.3.7. Desinfecção

Os resíduos orgânicos e alguns inorgânicos dos despejos industriais reagem com o cloro; e sua mistura com os esgotos sanitários pode resultar numa demanda de cloro maior que aquela normalmente requerida para estes sozinhos ⁶⁰.

Por último vale lembrar que alguns constituintes dos despejos industriais podem passar pelos processos convencionais de tratamento sem afetá-los e sem serem afetados em certa extensão com conseqüentes efeitos poluidores sobre os corpos d'água receptores. Isto se dá porque esses constituintes geralmente se encontram dissolvidos.

4 CONTROLE DOS DESPEJOS NA INDÚSTRIA

As indústrias normalmente adotam medidas de controle "in loco" com o objetivo de recuperar as matérias-primas ou os subprodutos valiosos que poderiam se perder em seus despejos. Além disso estas medidas podem ser necessárias para reduzir as vazões ou as concentrações de seus poluentes, de modo a torná-los compatíveis com os padrões de emissão para recebimento pelos sistemas públicos de esgotos ou de qualidade para lançamento nos corpos d'água receptores. Hã de considerar-se ainda a capacidade dos coletores e das estações de tratamento.

Muitos métodos de minimização dos volumes dos despejos e das quantidades de materiais poluentes podem ser incorporados por ocasião da elaboração do projeto de novas instalações ou pela modificação das existentes. Os métodos podem ser diferentes não sã para os diferentes tipos de indústria mas também para os tipos de materiais poluentes descarregados nos sistemas de esgotos ¹³.

Entre as várias medidas de minimização, as mais usadas são:

- Conservação, tratamento e recirculação das águas processo;
- Mudanças de processo e/ou de materiais;
- Recuperação de materiais;
- Segregação dos despejos;
- Equalização dos despejos.

Além destas medidas, o "pré-tratamento" pode ser considerado como uma medida de controle na indústria.

4.1. Conservação, tratamento e recirculação das águas de processo

Água conservada é água economizada. A conservação começa quando a indústria muda o uso da água de um sistema de circuito aberto para um de circuito fechado ⁶⁴. Isto significa também uma minimização dos despejos. À parte uma mudança maior efetuada no próprio processo, o meio mais eficaz para reduzir as necessidades de água é através do seu reuso. Em alguns processos ela pode ser reusada até que a qualidade dos produtos ou a eficiência de funcionamento dos equipamentos não seja afetada por tal medida ⁷³. Algumas vezes, águas relativamente pouco poluídas podem ser recirculadas sem nenhum tratamento ou com um tratamento mínimo dependendo do uso pretendido e dos custos envolvidos.

O reuso da água pode significar ainda:

- a) Redução dos custos de tratamento dos despejos, porque os torna mais concentrados. Os despejos concentrados geralmente têm menores volumes e podem ser tratados com maior eficiência, desde que não causem transtornos aos coletores ou às ETEs;
- b) Recuperação de subprodutos.

Exemplos de conservação e/ou recirculação da água:

- Recirculação das águas brancas das fábricas de papel. Requerem geralmente apenas um gradeamento fino para o reuso;
- Lavagem a contracorrente;
- Recirculação das águas de resfriamento e dos condensados de caldeiras;
- Uso de água nebulizada para lavagem de pisos;

- Automação de modo que os aparelhos reguladores tam bẽm ajudem a conservar a água;
- Recirculação da água de lavagem.

4.2. Mudanças de processo e/ou de materiais

As indústrias muitas vezes estão interessadas em mudanças nos processos que reduzam ou eliminem os despejos não apenas para impedir a poluição mas também para torná-los mais econômicos ⁷³. Em algumas ocasiões é necessária a substituição de certos materiais por outros menos poluentes de modo a tornar os despejos suscetíveis de tratamento pelos processos convencionais.

Hã indústrias que têm resolvido esses problemas pela mudança do processo ou substituição de certos produtos. Exemplos disto podem ser observados nas indústrias têxteis e metalúrgicas:

- Nas indústrias têxteis ²³:
 - . Substituição de detergentes sintéticos por sa-bões;
 - . Menor uso de NaOH.
- Nas indústrias metalúrgicas ⁶⁴:
 - . Mudança do cianeto de cobre das soluções de galvanoplastia por soluções de ácido cúprico;
 - . Substituição do H_2SO_4 pelo HCl nos banhos áci-dos para reduzir a acidez dos despejos;
 - . Uso de jateamento com materiais abrasivos nas partes menos complexas, em lugar de H_2SO_4 nas operações de decapagem do aço;
 - . Outros.

4.3. Recuperação de materiais

É inevitável que certas porções da matéria-prima e também dos produtos venham a ser despejados juntamente com os resíduos de uma atividade industrial qualquer ².

A recuperação dos materiais poderia ser sempre considerada quando se tornar necessária a redução do poluente . Embora não se possa dar uma orientação fixa que governe a economia da recuperação de materiais dos vários despejos, há muitos exemplos bem sucedidos ⁴¹.

Exemplos de materiais recuperáveis ⁸:

- Na indústria de papel: fibras miúdas de celulose;
- Nos curtumes: sebo, retalhos de peles não curti - das, pêlos, cal e matéria orgânica para fertili - zantes;
- Nos lacticínios: lactalbumina do soro e despejos do leite;
- Nas fecularias de mandioca: amido para fins industriais;
- Nas oficinas de galvanização: metais, principal - mente cobre e cromo;
- Nas cervejarias: fermento seco para fins de ali - mentação;
- Nos matadouros: sebo, sangue, farinha protéica;
- Nas indústrias de gás e coque: fenóis;
- Nos lanifícios: graxas da limpeza da lã;
- Nas metalúrgicas: sulfato ferroso.

4.4. Segregação dos despejos

A segregação de volumes relativamente pequenos de despejos altamente concentrados ou de grandes volumes de á - guas relativamente limpas pode resultar em uma das opções mais

importantes no controle dos resíduos industriais. Esta medida não deve ser abandonada, e os possíveis benefícios poderiam ser estudados cuidadosamente.

Águas de resfriamento, como já visto na Seção 2, geralmente apresentam grandes volumes são relativamente pouco contaminadas. Estas quando não estão sendo recirculadas deveriam ser separadas do restante dos despejos, para descarga direta nos corpos d'água ^{41,53}. Águas de caldeiras também deveriam ser separadas para descarga direta.

Em indústrias que usam operações intermitentes, os despejos concentrados podem representar uma pequena fração do seu volume total. Quando estes requerem tratamento especial, pode ser mais fácil e econômico tratá-los antes de serem misturados e diluídos com os outros despejos da fábrica ⁷³. Por exemplo, muitos despejos provenientes das indústrias de tinta podem ser tratados com maior eficiência e economia quando em soluções concentradas. Embora este tipo de segregação possa aumentar a concentração para a fase pré-tratamento, ele normalmente produz um efluente final contendo menor quantidade de material poluente.

Outro tipo de segregação é a separação dos despejos de um processo particular dos demais despejos de uma indústria, a fim de facilitar o pré-tratamento do restante. Exemplo disto pode ser praticado nas metalúrgicas que produzem despejos contendo cromo, cianetos e outros metais. Em quase todos os casos é necessário segregar os efluentes com cianetos, tornando-os alcalinos e oxidando-os. Os que contêm cromo, por outro lado, devem ser acidificados e reduzidos. Os dois efluentes podem então ser reunidos e precipitados em solução alcalina

para remover os metais pesados. Sem esta medida, poder-se-ia desenvolver um gás venenoso resultante da acidificação ⁶⁴.

4.5. Equalização dos despejos

A equalização dos despejos e o controle de suas descargas constituem provavelmente a maneira mais prática de se obter uma mistura dos despejos com aspecto uniforme. Os tanques de equalização deveriam ser projetados para não reterem o lodo. Caso contrário, este pode enchê-los, diminuindo a eficiência e criando situações incômodas ⁴¹. A equalização é necessária quando variações na concentração, composição e volume das águas residuárias podem causar sobrecargas inesperadas nos coletores e ETEs. Em termos de carga orgânica, para uma estação de lodos ativados, uma variação máxima na taxa de DBO de 3 para 1 minimizará certos problemas, como entumescimento do lodo e efluente com DBO excessiva ²⁴.

O armazenamento para descarga controlada nos sistemas públicos durante certos períodos (muitas vezes à noite), quando as contribuições dos esgotos sanitários são mínimas, é uma técnica ligada à equalização. O período de detenção pode variar, dependendo da natureza da indústria e do tipo dos despejos. Alguns são orgânicos e não podem ser armazenados por mais do que poucas horas, para evitar o desenvolvimento de condições sépticas ⁷³.

Despejos tóxicos que seriam prejudiciais aos microrganismos nas concentrações que são produzidos em certas operações industriais poderiam ser misturados e equalizados com outros, de modo a torná-los suscetíveis de tratamento pelos processos convencionais.

Através de instrumentação e de controles automáti -

cos, as indústrias podem regular as descargas com precisão . Um sistema de controle igualmente eficiente pode ser instalado para regular os despejos e manter um relatório contínuo da vazão e do período em que os mesmos são descarregados. A descarga controlada é de grande importância se a carga poluidora industrial representar uma porção significativa da carga total dos despejos ¹¹.

Embora a equalização e descarga controlada sempre simplifique o tratamento da mistura despejo doméstico-industrial nem sempre é possível proporcionar proteção suficiente, ou porque o segundo é particularmente nocivo ou porque seu volume é grande em relação ao primeiro ⁴⁴. Neste caso, é necessário efetuar o "pré-tratamento" na indústria, de modo a torná-lo compatível com os padrões de emissão para recebimento pelos sistemas públicos de esgotos, quando estes forem utilizados pela indústria.

4.6. Pré-tratamento dos despejos industriais

O "pré-tratamento" significa uma operação ou série de operações usadas para mudar a qualidade de um despejo industrial, a fim de torná-lo aceitável para descarga em águas navegáveis ou nos sistemas públicos de esgotos, projetados principalmente para receber esgotos sanitários ⁷³. É usado de pois que todas as medidas de controle na fábrica, anteriormente descritas, tiverem sido introduzidas e antes da descarga nos sistemas de esgotos. Para seu desenvolvimento é necessário o conhecimento do grau de pré-tratamento requerido pelas empresas concessionárias dos serviços públicos de esgotos. Este conhecimento é também necessário num estudo econômico para disposição final dos efluentes pela indústria, que decidirá

descarregá-los ou não nos sistemas de esgotos, quando a descarga for permitida.

A extensão e o tipo de pré-tratamento depende dos padrões de emissão para lançamento nos sistemas de esgotos e da capacidade dos coletores e ETEs. Em alguns casos, as ETEs podem ser projetadas para receber grandes volumes de determinados despejos e o grau de pré-tratamento necessário pode ser mínimo.

Os processos de pré-tratamento normalmente mais usados e que podem ser empregados isoladamente ou associados são classificados em: físicos, químicos e biológicos.

4.6.1. Processos Físicos

As operações físicas ou mecânicas comumente usadas envolvem a remoção de certos constituintes por gradeamento, sedimentação, flotação, filtração, incineração, adsorção. Outras operações físicas mais avançadas, como destilação e evaporação, são usadas para um tratamento relativamente completo. Como os processos físicos são geralmente menos dispendiosos que os de natureza química e/ou biológica, necessários à remoção de materiais dissolvidos ou em estado coloidal, eles são, portanto, bastantes empregados.

Serão discutidos apenas alguns aspectos dos mais usados:

a) Gradeamento - é a forma mais simples de pré-tratamento e é particularmente aplicável às indústrias de vegetais e conservas enlatadas, curtumes, indústrias têxteis e fábricas de papel.

O material gradeado algumas vezes possui valor comercial.

As grades variam de redes de barras grosseiras com 4 a 6

polegadas de abertura a telas finas de 40 mesh ou menos. Devem ser mantidas livres de acumulação de sólidos para evitar perdas de carga excessivas ⁴⁶.

- b) Sedimentação - levada a efeito em tanques especialmente projetados ou em lagoas naturais. Nesta operação deve ser levado em conta o problema do lodo e de sua posterior remoção ².

Tanques de sedimentação convencionais são úteis em certas indústrias. Pode-se obter vantagem da floculação natural, resultante da mistura dos despejos de diferentes departamentos da mesma indústria ⁴⁶.

- c) Flotação - usada para remoção de sólidos finos ou de material particulado com densidade próxima à da água e que não são prontamente removidos por sedimentação simples como óleos, graxas e alcatrão.

A formação de bolhas de ar e o emprego de agentes tenso-ativos (sabões, por exemplo) são os aspectos mais importantes desta operação, que no final permite a retirada de impurezas da superfície líquida do sistema de tratamento ². As graxas removidas pela quebra da emulsão com sabões na limpeza da lã são recuperadas.

- d) Filtração - é geralmente mais cara que a sedimentação como meio de remover matéria em suspensão, mas permite uma remoção maior e requer menos espaço ⁴⁶. Pode ser usada em indústria com problemas de espaço e com pequenos volumes de despejos. Outra aplicação é na secagem do lodo removido por sedimentação através de filtros a vácuo ou leitos de secagem feitos de areia. O lodo seco deve ser removido para destino final. A filtração não é recomendável para despejos concen-

trados e em grandes volumes, dada a possibilidade de obstrução mais rápida dos poros e a necessidade de limpezas mais frequentes do leito filtrante.

- e) Incineração - é empregada para reduzir o volume dos lodos secos das estações de tratamento, quando estes são em grandes volumes e há problemas de espaço para sua disposição final. Pode ser utilizada para despejos orgânicos industriais.
- f) Adsorção - usualmente efetuada por meio do carvão ativado ou argilas coloidais. Serve para remover vestígios de concentrações de contaminantes particularmente problemáticos. O carvão ativado geralmente é muito caro para o uso rotineiro. Despejos fenólicos das indústrias de coque e de produtos plásticos podem ser tratados por carvão ativado. Alguns materiais adsorventes são recuperáveis, outros regeneráveis e outros nem recuperáveis nem regeneráveis ⁴⁰.

4.6.2. Processos Químicos

As operações químicas mais usadas para pré-tratamento dos despejos industriais são neutralização, oxidação e redução, coagulação e precipitação química e, algumas vezes, a troca iônica para remoção de metais pesados. Processos como cloração, eletrólise, extração por solventes são usados ocasionalmente.

- a) Neutralização - A ajustagem do pH com alta acidez ou alcalinidade para valores entre 5 e 9 é comumente necessária para evitar danos aos coletores, às ETEs e aos microrganismos dos processos biológicos. A neutralização ácida e básica pode ser aplicada para um despejo total ou apenas para uma porção dele, antes da sua mistura com os outros. Em

algumas situações é produzido um despejo ácido e outro básico, e uma porção pode ser usada para neutralizar a outra sem necessidade de produtos adicionais. Alguns despejos neutralizados com adição de produtos químicos podem produzir um precipitado que deverá ser removido antes da descarga nos coletores públicos ⁷³.

b) Oxidação e redução - Vários despejos orgânicos e alguns inorgânicos podem ser tratados por materiais oxidantes. A oxidação pode ser usada para vários propósitos, entre os quais tem-se:

- Reduzir a carga orgânica;
- Remover gases odoríferos ou impedir a sua remoção retardando o crescimento rápido das bactérias anaeróbias dos despejos, de modo a assegurar que estes atinjam as ETEs municipais sem se tornarem sépticos;
- Aumentar a remoção de graxas na flotação e unidades de sedimentação;
- Oxidar componentes específicos, como os cianetos.

O oxidante mais barato é o oxigênio em forma de aeração, porém sua eficiência é limitada. Outros usados são o cloro, peróxido de hidrogênio e, até certo ponto, o ozônio.

c) Coagulação e precipitação química - é amplamente usada na remoção de partículas coloidais e finamente divididas que se precipitam após coagulação química. A cal é bastante usada na precipitação química. O volume de lodo resultante é relativamente grande, mas geralmente de fácil tratamento.

d) Troca iônica - é usada para certos despejos industriais, especialmente quando os contaminantes existem em pequenas

quantidades e quando sua recuperação tiver algum valor econômico. Metais de valor contidos nas águas de lavagem de metalúrgicas podem ser recuperados pela troca iônica ⁴⁶.

4.6.3. *Processos biológicos*

Podem ser usados no pré-tratamento para reduzir a carga orgânica biodegradável de despejos concentrados, quando as ETEs municipais não estão capacitadas para tratá-los nas concentrações em que são produzidas. Os processos biológicos utilizam a energia dos microrganismos aeróbios e/ou anaeróbios presentes em alguns despejos industriais e domésticos, para a degradação biológica da matéria orgânica biodegradável aí presente. Estes microrganismos requerem a presença de determinados nutrientes (geralmente nitrogênio e fósforo) para exercerem sua ação com eficiência.

Os filtros biológicos e as lagoas são os processos biológicos mais comumente usados para pré-tratamento, embora os sistemas de lodos ativados venham sendo usados com crescente frequência. As unidades biológicas requerem projetos grandes e habilidades operacionais, sendo por isso usados com menor frequência que os processos físicos e químicos. Os processos biológicos podem ser utilizados para tratamento completo de certos despejos industriais, embora possam ser projetados e operados para promover apenas tratamento parcial ⁷³.

A Tabela 5 apresenta exemplos de processos de pré-tratamento e dos tipos de alguns efluentes tratados pelos mesmos.

TABELA 5 - EXEMPLOS DE PROCESSOS DE PRÉ-TRATAMENTO E DE TIPOS DE EFLUENTES TRATADOS

Processos de pré-tratamento	Tipos de processos industriais ou de produtos	Materiais removidos ou reduzidos
<u>Físicos</u>		
Adsorção-(carv. ativ.)	tinturaria	cor
Destilação	extração de solvente	recuperação de solv.
Evaporação	polpa de papel	sulfito
Filtração	mineração	sól. em suspensão
Flotação	carvão, argila de porcelana	sól. em suspensão
Gradeamento*	vegetais enlatados, têxteis	sólidos grosseiros, fibras
Incineração	prod. quím., farmac.	hidrocarbonos orgân.
Sedimentação	mineração	sólidos em suspensão
<u>Químicos</u>		
Coagulação e precipitação	petroquímicas	óleo
Cloração	água de resfriamento água de lavagem final	vestígios de contaminantes
Eletrolise	acabamento de metais	cobre, cianeto
Troca iônica	anodização, galvaniz. metais	ácido crômico, cromatos, cianetos de prata e ouro.
Neutralização	muitos efluentes que requerem ajuste do pH	
Oxidação e redução *	acabamento de metais	cianetos, cromo
Extração por solventes	plásticos	fenol
<u>Biológicos</u>		
Digestão anaeróbia	abatedouro, produção de vinho	
Lodos ativados	produtos de leite substâncias farmacêuticas	redução de matéria orgânica e algumas subst. inorgânicas
Filtros biolôg.	queijo, antibióticos, cervejaria, maioria dos despejos c/com -	
Lagoas*	postos orgân. não tóxicos a microrgan.	

FONTE: BOON, A.G. & BORNE, B.J. 12

* Dados acrescentados à Tabela original.

5 - TRATAMENTO CONJUNTO DOS DESPEJOS INDUSTRIAIS COM OS ESGOTOS SANITÁRIOS.

O meio mais satisfatório e eficiente de disposição dos despejos industriais é descarregá-los nos sistemas públicos de esgotos, contanto que (a) as redes coletoras e estações de tratamento tenham capacidade adequada para recebê-los, e (b) os efeitos dos despejos não sejam prejudiciais aos coletores, às estações de tratamento ou aos processos de tratamento ¹². Esta afirmação concorda com o pensamento de Imhoff e cols ⁵³. (1971), Woodruff ⁷⁵ (1965), Watson ⁷⁴ (1974), Braile ¹⁷ (1975).

Em 1951, aproximadamente 2/3 (69%) de todas as indústrias dos Estados Unidos descarregavam todos ou parte de seus efluentes nos sistemas públicos de esgotos, segundo estudos efetuados pela "National Association of Manufacturers" ⁶³. O mesmo estudo mostrou que o restante (1/3) jogava seus efluentes diretamente nos cursos d'água, sendo que 82% dele sem nenhum tratamento.

O tratamento conjunto pode apresentar vantagens e desvantagens tanto para a comunidade como para a indústria.

a) Vantagens para a comunidade ^{48,66}

- Centralização da responsabilidade e controle da disposição final das águas residuárias através do serviço público de esgotos. Com isto, também se evita a necessidade de um órgão fiscalizador hipertrofiado;

- Economia

- . O aumento da vazão usualmente reduz os custos básicos por unidade de volume;

. Aumento da arrecadação de tarifas industriais às vezes consideráveis;

- Com o aumento da arrecadação, a comunidade disporá de maiores recursos e assim poderá melhorar ou ampliar as instalações de tratamento e manter uma equipe técnica de alto nível nos sistemas de esgotos com conseqüente melhora na qualidade dos efluentes.

b) Desvantagens para a comunidade ⁶⁶

- Os despejos industriais podem conter substâncias tóxicas ou químicas que podem inibir ou destruir completamente a operação normal do sistema de esgotos. Quanto maior o seu volume em relação aos domésticos, maior a possibilidade de problemas;
- Altas cargas de DBO dos despejos industriais podem requerer aumentos consideráveis dos custos das instalações de tratamento secundário;
- Aumento dos problemas de tratamento, pois os despejos industriais são muito mais complexos que os domésticos, demandando assim, pessoal melhor qualificado;
- Quando os despejos industriais são grandes em relação aos domésticos, a comunidade tem que arcar com a responsabilidade de um custo de capital muito maior que aquele necessário ao controle dos seus despejos. Ao mesmo tempo há riscos de que a indústria possa fechar ou, por outro lado, possa encerrar o contrato para descarga no sistema público.

A Tabela 6 apresenta as vantagens e desvantagens para a indústria.

5.1. Fatores de decisão para destino dos despejos industriais

Ao decidir a respeito do curso de ação que deve to-

mar para o recebimento dos despejos industriais em seu sistema, uma municipalidade ou empresa concessionária poderia considerar, entre outras, as seguintes possibilidades ⁶⁸:

- a) Excluir os efluentes industriais ou apenas aqueles que pela natureza de seus constituintes (como toxicidade, acidez, etc.) prejudicam o funcionamento do sistema;
- b) Exigir o pré-tratamento na fonte de todos os efluentes até alcançarem o nível dos constituintes dos esgotos, ou o pré-tratamento de apenas alguns constituintes que pela sua composição podem ser prejudiciais ao sistema;
- c) Receber todos os efluentes, exceto aqueles que não são suscetíveis de tratamento ou que poderiam causar sérias dificuldades à operação do sistema.

O estudo para tratamento conjunto requer não só considerações de ordem política, legal, econômica e financeira bem como de assuntos técnicos e dos requisitos dos órgãos reguladores. As decisões tomadas, influirão no problema financeiro que a cidade ou a empresa enfrentar.

Com a magnitude dos problemas de disposição dos despejos existentes em algumas capitais do país e visando a sua prevenção em outras, em fase de desenvolvimento industrial, todo esforço deve ser feito para obter a redução máxima dos poluentes a um custo mínimo. Os projetos dos sistemas públicos de esgotos (novos ou ampliações) deveriam ser desenvolvidos considerando a possibilidade de recebimento dos efluentes industriais. Exemplo disto está sendo efetuado para tratamento e disposição final dos despejos industriais e domésticos da Região Metropolitana de São Paulo, onde a vazão e a carga de DBO dos primeiros estão estimadas em aproximadamente

TABELA 6 - VANTAGENS E DESVANTAGENS PARA A INDÚSTRIA
NO TRATAMENTO CONJUNTO

Vantagens	Desvantagens
<ol style="list-style-type: none"> 1. Economia potencial de capital e de custos de operação <ul style="list-style-type: none"> . Economia de escala . Menores taxas de juros para os órgãos públicos do que para as indústrias . Menor despesa de capital . Eliminação da necessidade de terreno para construção de estação de tratamento 2. Tratabilidade melhorada dos despejos combinados 3. Presença de especialistas em tratamento com tempo integral nas ETEs 4. Conveniência de tratamento conjunto: a indústria pode concentrar seus esforços na produção e permitir a empresa pública ou a municipalidade dirigir o tratamento dos despejos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os despejos industriais podem ser incompatíveis com os domésticos e causar problemas de operação e manutenção 2. Perda do controle industrial nas operações das estações de tratamento 3. Resposta mais lenta para obter o aumento da capacidade de tratamento necessária, no caso de rápida expansão da indústria 4. Perda potencial da confiança dos processos de operação e fabricação 5. Efluente não disponível na indústria para reuso da água 6. Operações sazonais podem requerer modificações especiais no processo 7. Pode ocorrer o fechamento da indústria se seus despejos são proibidos de descarga nos sistema público

25% da vazão e da carga de DBO totais, com valores de $24\text{m}^3/\text{s}$ e 670 t/dia , respectivamente ⁴⁹.

Assim, a indústria poderia contar com quatro caminhos básicos para destinar seus efluentes aos corpos d'água receptores ^{57, 64, 73}:

- a) Descarregar diretamente sem qualquer tratamento;
- b) Tratar para descarga direta;
- c) Prê-tratar para descarregar no sistema público de esgotos;
- d) Descarregar no sistema público de esgotos sem qualquer tratamento.

Poderia ser considerado ainda o tratamento dos despejos de várias indústrias numa estação central para descarga direta no corpo receptor. Exemplo disto foi feito para tratamento dos efluentes líquidos do Complexo Petroquímico de Camaçari (COPEC), na Bahia, no ano de 1975. Esta estação também tratará os esgotos sanitários das cidades de Dias d'Ávila e Camaçari.

A descarga direta sem qualquer tratamento será possível quando as características dos despejos não alterarem as propriedades físicas, químicas e biológicas do corpo receptor além dos limites estabelecidos para os múltiplos usos do mesmo, regulamentados por leis federais, estaduais e/ou municipais e, de preferência, quando a indústria se situar próxima ao corpo d'água receptor.

Quanto aos demais itens (b, c e d), a alternativa a ser adotada normalmente dependerá dos seguintes fatores ⁷³: regulamentos; aspectos institucionais, economia, considerações técnicas e outros fatores.

5.1.1. Regulamentos

As leis municipais, estaduais e federais estabelecem a política e proporcionam as diretrizes para o desenvolvimento e aplicação dos regulamentos. O controle pode ser exercido pelas empresas concessionárias dos serviços de esgotos ou municipalidades, com poder para emitir e revogar a permissão para o uso de seus sistemas e de apelar para as várias censuras e penalidades no caso de violações intencionais ou inadvertidas.

A Portaria nº 13, de 15/01/1976, da Secretaria Especial do Meio Ambiente ²⁰ (SEMA), Ministério do Interior, classifica os usos da água no Território Nacional em quatro classes e fixa os padrões de qualidade para cada uma delas. O Decreto nº 8.468, de 8/9/1976, do Governo do Estado de São Paulo que "dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente" no Estado, entre outras medidas, classifica as águas situadas no território do Estado em 4 classes, fixa os padrões de qualidade para cada uma delas e estabelece os limites máximos de poluentes que poderão ser lançados nos sistemas públicos de esgotos ⁴⁸; e o Decreto nº 10.755, de 22/11/1977, enquadra os corpos de água do Estado, de acordo com os usos pretendidos para os mesmos ⁴³.

5.1.1.1. Padrões de pré-tratamento

As descargas dos efluentes industriais nos sistemas de esgotos são dependentes, de modo geral, dos padrões de pré-tratamento. Estes devem ser estabelecidos em função das leis vigentes e da capacidade dos coletores e das ETEs e podem variar de um sistema para outro. O grau de pré-tratamento requerido pode ser diferente para os diferentes tipos de in-

dústrias e até mesmo para as do mesmo tipo. Despejos semelhantes em tudo aos esgotos sanitários dispensam pré-tratamento, enquanto outros poderão requerer vários graus, dependendo da dissimilaridade.

5.1.1.2. Padrões de qualidade

Determinam a qualidade mínima pretendida para as águas dos corpos receptores, de acordo com seus usos múltiplos. Variam de rio para rio e têm precedência sobre os padrões dos efluentes se surgirem conflitos. Por exemplo, se uma dada descarga satisfaz aos padrões de emissão mas provoca no rio níveis de poluição acima dos padrões de qualidade estabelecidos para suas águas, serão necessárias certas medidas antes de seu lançamento, de modo a permitir que o rio conserve os seus padrões.

5.1.2. Aspectos institucionais

O bom relacionamento da indústria com o município e com os órgãos reguladores federais e estaduais é vantajoso para os projetos de tratamento conjunto. A indústria deve reconhecer que a poluição existe e adotar medidas para aliviar as descargas excessivas. O controle da poluição deve ser considerado como parte do produto e, assim, deve ser incorporado ao seu custo.

Em algumas comunidades, os governos tentam persuadir as indústrias a se localizarem em suas áreas proporcionando-lhes vantagens, como serviços de água e de esgotos; enquanto em outras áreas, elas podem ser desencorajadas por interesse sobre valores próprios ou pela falta de afluência de trabalhadores. O conhecimento da atitude predominante é importante no planejamento dos sistemas de esgotos, para que sejam consi

deradas ou não as contribuições de seus despejos.

É fundamental a cooperação completa da indústria na avaliação de suas cargas poluidoras atuais e futuras para o planejamento do projeto das estações para tratamento conjunto e para as futuras ampliações. São desejáveis projeções de grande alcance e acordos a longo prazo. Ocultar informações sobre as cargas poluidoras e fornecer dados otimistas para as novas instalações, resultará numa deterioração do relacionamento indústria-município, se as ETEs forem sobrecarregadas depois de iniciadas as operações. A indústria deve reconhecer que os benefícios e a conveniência do tratamento conjunto são parcialmente compensados pela falta do controle sobre as operações das estações de tratamento. Conseqüentemente, a descoberta das mudanças de processo para compatibilizar os despejos, pode ser uma necessidade de maior vantagem para ambas as partes.

O dimensionamento das estações de tratamento conjunto com base nas análises dos despejos existentes, sem o conhecimento dos planos futuros e sem a cooperação completa entre as partes indústria-município, pode resultar em limitações da descarga nos sistemas de esgotos, podendo ocasionar transtornos à primeira. Por outro lado, reduções posteriores de suas vazões podem resultar num sério transtorno ao plano financeiro da comunidade. Assim, deveriam ser salvaguardadas ambas as partes se for adotado o tratamento combinado. Por outro lado, deveria ser assegurada à indústria capacidade suficiente do sistema para receber seus despejos atuais e futuros e, por outro, a comunidade necessita ser protegida contra um possível fechamento da indústria, sua transferência para outra cidade ou a paralização do uso de seu sistema.

5.1.3. *Economia*

As medidas dos órgãos públicos com vistas ao controle da poluição deveriam promover um clima favorável ao tratamento conjunto dos despejos, através de subvenções federais, estaduais e/ou municipais e financiamentos com menores taxas de juros para construção de sistemas públicos de esgotos. Medidas desta natureza já têm sido praticadas no Brasil, e os melhores exemplos são o do Complexo Petroquímico de Camaçari (COPEC), já concluído, e o da Região Metropolitana de São Paulo, cujo projeto se encontra em fase de elaboração.

Embora as operações industriais tendam a serem economicamente mais eficientes que as públicas, considerações de ordem econômica favorecem o tratamento conjunto nas ETEs municipais se os custos das redes coletoras não forem excessivamente altos. Via de regra, os custos de capital e de operação de uma estação de tratamento por unidade de capacidade decrescem com o aumento do volume a ser tratado.

Devido às maiores taxas de juros que prevalecem nas operações industriais bem como às considerações sobre impostos, as indústrias tendem a selecionar as alternativas com menores despesas de capital. Mesmo que não haja subvenção em dinheiro, o tratamento conjunto pode proporcionar uma solução mais econômica se a municipalidade tiver uma boa arrecadação de impostos. Além do mais, as ETEs municipais são projetadas para permitir ampliações futuras o que nem sempre é possível em algumas indústrias.

Outro fator a considerar é o custo da disponibilidade de terreno. Para muitas indústrias, o terreno é escasso e o espaço para tratamento é difícil e até mesmo impossível

de conseguir. A descarga no sistema público elimina este problema e preserva o valioso bem para as expansões futuras.

5.1.3.1. Comparação de estudos econômicos

De maneira geral, pode-se afirmar que todos os fatores num estudo para tratamento conjunto ou não estão direta ou indiretamente relacionados com os custos. Uma análise econômica do problema poderia ser feita para comparar os custos do tratamento separado com os do tratamento conjunto. Ela poderia indicar a extensão do seu valor tanto para a comunidade como para a indústria ⁶⁶.

5.1.4. Considerações técnicas

5.1.4.1. Tratabilidade

Muitos despejos industriais possuem certas características que os tornam difíceis de serem tratados por si sós. Muitas vezes os despejos orgânicos necessitam de nutrientes para o tratamento biológico. Alguns destes nutrientes são nitrogênio e fósforo que podem ser supridos total ou parcialmente pelos esgotos sanitários, no caso de tratamento conjunto e, conseqüentemente, um alto nível de remoção de DBO e de outros poluentes pode ser obtido pelo tratamento nas ETEs públicas. Outros despejos têm concentrações de DBO tão altas que o tratamento separado em estações convencionais é bastante difícil. A diluição nos despejos domésticos pode torná-los amenos ao tratamento biológico, embora deva ser evitada a diluição de poluentes incompatíveis com este tipo de tratamento, além de certos limites.

5.1.4.2. Requisitos de pré-tratamento

Como se sabe o tratamento dos despejos domésticos é principalmente efetuado pela atividade dos organismos biológicos. Este não é o caso de todos os despejos industriais. In-

dústrias metalúrgicas, de óleos, químicas, de tintas e outras, basicamente requerem outro tratamento diferente do biológico ou, pelo menos, de tratamento adicional. A natureza dos despejos deve ser determinada como um passo preliminar na decisão de se haverá ou não necessidade de algum pré-tratamento. Uma pesquisa e um programa de amostragem proporcionarão os dados necessários para determinar o grau de pré-tratamento requerido se for o caso ⁶⁶. Este dependerá dos regulamentos para descarga nos sistemas municipais de esgotos e nos corpos receptores e da capacidade das ETEs municipais. Devem ser evitadas descargas de poluentes que podem interferir ou passar através das ETEs municipais.

O pré-tratamento pode ser efetuado pelos processos já descritos na Seção 4 ou por medidas de controle na indústria, o que, de certo modo, não deixa de ser um pré-tratamento.

5.1.4.3. *Existência de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)*

Quando existirem ETEs com tratamento secundário e estas tiverem capacidade suficiente, elas poderiam ser usadas para tratar não só os despejos domésticos, mas também os orgânicos biodegradáveis das indústrias. Para isto torna-se necessário um estudo cuidadoso a fim de determinar a adequação das instalações existentes, de modo a evitar situações incômodas posteriores.

Entre os fatores que requerem considerações das instalações existentes tem-se ⁷³:

- a) Tipo do processo de tratamento incluindo instalações de tratamento de lodo;

- b) Característica dos despejos e "performance" da estação;
- c) Treinamento e experiência do pessoal da estação;
- d) Condições atuais e futuras da estação;
- e) Capacidade para aumento de cargas atuais e para expansão;
- f) Controle do odor dos despejos industriais recebidos pela ETE e de outros problemas típicos do tratamento conjunto;
- g) Limitações dos regulamentos locais.

Um importante fator no controle da poluição, além da disponibilidade de fundos para a construção, é a operação e manutenção adequadas das instalações existentes e das novas a fim de se obter maior eficiência das unidades de tratamento. Operadores bem treinados estarão melhor equipados para dominar os transtornos nos processos de tratamento, causados pelas descargas das indústrias. A adequabilidade das operações existentes na estação usualmente pode ser determinada por inspeções na mesma, discussão com o pessoal dos serviços de tratamento e revisão dos métodos de operação, preferivelmente depois de um ano de sua adoção.

O efeito dos despejos industriais sobre cada processo unitário poderia ser determinado, e as necessidades para as mudanças futuras, como capacidade adicional e melhora da eficiência de tratamento e da disposição do lodo, deveriam ser quantificadas. Deveria ser considerada ainda a disponibilidade de terreno para expansões futuras.

É necessário também se efetuar uma estimativa das características dos despejos, para se determinar se estes podem gerar efeitos prejudiciais ao sistema de coleta e de tratamento. Uma pesquisa efetuada na própria indústria pode proporcio-

nar a melhor fonte de informação.

A situação presente da ETE, a relação entre a vazão presente e a de projeto e capacidade para expansão afetarão a conveniência ou não do tratamento conjunto. Outros fatores a serem considerados são o planejamento do crescimento futuro da cidade e das indústrias.

5.1.4.4. Existência de sistemas públicos de coleta

Nos sistemas de coleta já existentes, pode ser requerida uma pesquisa detalhada para se determinar se os coletores dispõem de capacidade hidráulica suficiente para receberem os despejos industriais. Esta pode incluir as dimensões dos coletores, as velocidades e declividades mínimas e a capacidade das estações elevatórias e das linhas de recalque, se existirem. Poderiam ainda ser determinadas as vazões de pico encaminhadas às redes coletoras e relacionadas com suas capacidades nas áreas que poderiam ser afetadas, bem como poderiam ser determinadas as características das descargas.

O conhecimento das condições físicas e da vida estimada dos coletores é importante, como o é também a possibilidade de recebimento dos despejos industriais e domésticos no mesmo sistema de coleta. A sua mistura pode resultar na formação de gases nocivos e na coagulação, com conseqüente deposição de sólidos em suspensão.

5.1.5. Outros fatores

A presença de especialistas em tratamento nas ETEs públicas é outro fator que favorece o tratamento conjunto. A principal preocupação da indústria é o produto que fabrica. Ali, geralmente o pessoal responsável pelas instalações de tratamento tem outras atribuições e pode dedicar apenas uma

pequena porção de seu tempo às questões dos despejos. O mesmo não acontece nas ETEs públicas, onde há especialistas em tempo integral, cujo único interesse é a operação e manutenção dos sistemas. Portanto, deve-se esperar que o tratamento nos sistemas públicos seja melhor efetuado que nas instalações industriais.

5.2. Considerações básicas para o projeto das ETEs

No projeto de um sistema público de esgotos que também irá receber despejos industriais, devem ser considerados os seguintes aspectos para dimensionamento de cada estação de tratamento:

- Definição do uso a ser dado ao corpo receptor do efluente final da ETE e dos padrões de qualidade estabelecidos para o mesmo;
- Definição das vazões e das cargas poluidoras totais afluentes a cada ETE;
- Determinação do grau de tratamento necessário;
- Escolha do processo de tratamento e ensaios de tratabilidade;
- Definição da capacidade das unidades de tratamento.

5.2.1. Definição do uso a ser dado ao corpo receptor

Muitos Estados brasileiros já possuem legislações que classificam suas águas de acordo com os usos múltiplos pretendidos para as mesmas, estabelecem padrões de qualidade e enquadram os corpos receptores.

A Portaria nº 13 da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) ²⁰, classifica as águas interiores do Território Nacional, mas não estabelece o enquadramento das mesmas.

Esta portaria e o Decreto nº 8.468 do Governo do Estado de São Paulo são coincidentes no que se refere à classificação dos corpos d'água, cujos usos preponderantes são^{20,42}:

Classe 1: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento ou com simples desinfecção;

Classe 2: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);

Classe 3: Águas destinadas ao abastecimento, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais;

Classe 4: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e aos usos menos exigentes.

5.2.2. *Definição das vazões e das cargas poluidoras totais*

As vazões e as cargas poluidoras das indústrias cujos despejos afluirão às ETEs públicas são avaliadas por levantamentos industriais, enquanto as dos esgotos sanitários, são avaliadas com base na vazão e na carga de DBO "per capita" e na população contribuinte.

A vazão "per capita" no Brasil tem variado de 150 a 300 l/hab. dia⁵⁹, onde os valores mais altos são adotados para as maiores cidades, e a carga de DBO tem sido estimada em 54g/hab.dia, para efeito de projeto.

A Seção 2 deste trabalho apresenta alguns aspectos que devem ser considerados num estudo para caracterização dos efluentes industriais e faz referência à bibliografia que pode ser utilizada na avaliação das suas cargas poluidoras. Também deve ser comparada a relação entre a quantidade de seus efluentes e a dos esgotos sanitários tendo em vista a possibilidade de diluição de substâncias tóxicas. A Tabela 7 apresenta uma relação de indústrias cujos despejos têm sido tratados com sucesso nas ETEs públicas e as respectivas concentrações.

Há de considerar-se ainda a taxa de retorno dos esgotos sanitários e de infiltração na avaliação das vazões afluentes às ETEs, estabelecidas em 0,8 e 1,0 l/s.km, respectivamente, para as redes coletoras ⁶. Para os interceptores a taxa de infiltração é fixada pelas Normas Brasileiras P-NB-568 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) em 6 l/s.km, quando não se dispuser de medições adequadas ⁵.

As vazões e as cargas poluidoras devem ser avaliadas por bacias e sub-bacias contribuintes a cada ETE.

5.2.3. Determinação do grau de tratamento necessário

O grau de tratamento requerido será determinado a partir do conhecimento da definição da classe do corpo receptor, dos padrões de qualidade e das cargas poluidoras afluentes à ETE, geralmente expressas em termos de DBO. Necessita-se ainda conhecer a vazão mínima, as concentrações de poluentes (DBO e OD, principalmente) e os valores dos coeficientes de autodepuração (normalmente os coeficientes de desoxigenação e de reaeração, K_1 e K_2 , respectivamente) do corpo receptor a montante do lançamento do efluente da ETE, para se determinar a capacidade de assimilação das cargas poluidoras pelo mes

TABELA 7 - CONCENTRAÇÃO DE DESPEJOS INDUSTRIAIS TRATADOS COM SU-
CESSO EM ESTAÇÕES PÚBLICAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Indústria	Processo de tratamento	Porcentagem do desp. p/ peso* ou volume	Necessidade de pré-tratamento
Enlatados (ervilha)	Digestão do lodo Digestão do lodo c/controle do pH Lodos ativados	20* 40* 12,5	Gradeamento Gradeamento Gradeamento, precipitação química
Destilaria	Sedimentação e filtração no terreno	1	-
Tinturaria	Filtração no terreno	0,9	-
Tinturaria (branqueamento sulfurado)	Lodos ativados	3	Pré-aeração
Látex	Filtração biológica	2	Coagulação em H_2SO_4
Artigos de couro	Filtração no terreno	20	-
Lacticínio	Sedimentação e digestão do lodo Filtração biológica Lodos ativados	10 50 50	- - -
Salmoura de poço petrolífero	Biológico	10	-
Empacotadora de alimentos	Qualquer processo	100	Gradeamento, remoção de graxa
Seda	Sedimentação e filtração biológica	67	-
Curtume	Digestão do lodo Filtração biológica Lodos ativados Filtração no terreno	40* 15 15 67	- - - Remoção de pêlos e de pedaços de carne
Lanifício	Filtração no terreno Digestão do lodo	1 10	Sedimentação e depois remoção da cal Sedimentação por 24 horas -
Produtos fermentados	Filtração no terreno	5,5	-

FONTE: IMHOFF, K. & FAIR, G.M. 52

* Porcentagem por peso de sólidos secos do despejo na mistura.

mo, sem conflitar com seus padrões de qualidade. Não temos conhecimento de normas que estabeleçam o período de retorno para determinação da vazão mínima no caso de rios perenes. Todavia, em projetos que tivemos oportunidade de trabalhar, este foi de finido para 10 anos.

Assim, conhecidos todos os elementos acima, determina-se o grau de tratamento necessário e com isto procura-se adotar um processo adequado para o caso. A metodologia de avaliação do grau de tratamento e de determinação dos parâmetros de projeto foge ao propósito deste trabalho.

5.2.4. *Escolha do processo de tratamento e ensaios de tratabilidade*

A escolha dependerá do grau de tratamento necessário, conforme foi visto anteriormente, pois haverá sempre o interese em se fazer o mínimo em tratamento, por razões financeiras.

Os processos biológicos têm uma acentuada habilidade a de adaptarem aos despejos tóxicos, especialmente quando a concentração das substâncias tóxicas é aumentada gradualmente durante um período de tempo suficientemente longo. Cargas de choque, entretanto, podem ser fatais. Dos crescimentos biológicos, os lodos do filtro biológico são bastante resistentes às cargas variáveis, enquanto os dos lodos ativados não o são ²⁸. Estes são os processos biológicos mais empregados para tratamento conjunto dos despejos domésticos-industriais, muito embora outros, como digestão do lodo e filtração no solo, tenham sido empregados com sucesso em alguns casos, como se pode constatar na Tabela 7.

Escolhido o processo, é recomendável que se efetuem ensaios de tratabilidade em uma estação-piloto, no caso de gran

des estações, ou em laboratório, no caso de estações menores, a fim de se determinar os parâmetros de projeto para dimensionamento das unidades de tratamento e se verificar a eficiência do processo. Estes parâmetros podem variar de uma estação para outra, dependendo dos tipos de indústrias que contribuem para cada ETE e das relações entre as vazões e as concentrações de seus poluentes e as dos despejos domésticos. Para se obter valores expressivos desses parâmetros, deve-se tomar amostras proporcionais dos despejos industriais, que contribuirão para cada ETE, e dos domésticos, de modo que sejam representativas das condições reais dos despejos globais e, a seguir, efetuados os ensaios de tratabilidade. A utilização de parâmetros para dimensionamento de estações apenas para tratamento de esgotos sanitários, pode levar a resultados falso, e a consequência pode ser um efluente inadequadamente tratado.

5.2.5. *Definição da capacidade das unidades de tratamento*

Nos projetos de ETEs para tratamento conjunto dos despejos domésticos-industriais, devem ser consideradas capacidades adicionais para assegurar o tratamento das vazões de pico e para manter o tratamento adequado durante os períodos de manutenção ou de avarias. A Tabela 8 apresenta uma sugestão dos fatores pelos quais devem ser multiplicadas as capacidades calculadas para as unidades de tratamento, de modo a assegurar estas providências, no caso de projetos para vazões variando entre $3.800 \text{ m}^3/\text{dia}$ e $380.000 \text{ m}^3/\text{dia}$ ²⁴.

TABELA 8 - FATORES DE MULTIPLICAÇÃO PARA A CAPACIDADE ADICIONAL DOS PROCESSOS UNITÁRIOS

Processo	Fator (Q em m ³ /dia)
Preliminar	1,0
Decantação primária	2,0 - 0,0000020
Lodos ativados	1,3 - 0,0000005
Aeração	1,8 - 0,00000050
Retorno do lodo	2,0 - 0,00000130
Decantação secundária	2,0 - 0,00000180
Cloração	1,0
Espessamento	1,5 - 0,0000010
Digestão aeróbia	1,5 - 0,00000070
Digestão anaeróbia	2,0 - 0,00000130
Centrifugação	2,0 - 0,00000130
Filtração a vácuo	2,0 - 0,00000130
Secagem do lodo em leitos	1,0

FONTE: ECKENFELDER Jr., W.W. & ADAMS Jr., C.E. ²⁴

5.3. Controle dos efluentes para descargas nos sistemas públicos de esgotos

A aceitação dos efluentes líquidos industriais nos sistemas públicos de esgotos, requer um efetivo controle da qualidade e quantidade de cada lançamento, tendo em vista a:

- Proteção do pessoal de operação e manutenção;
- Proteção dos coletores de esgotos;
- Proteção das ETEs contra agentes tóxicos aos processos biológicos ou nocivos ao bom desempenho das unidades de tratamen-

to.

Para serem descarregados nos sistemas de esgotos, os efluentes industriais devem apresentar em geral, as seguintes características ²⁵:

- Devem ser tão uniformes quanto possível em vazão e composição. Descargas intermitentes de despejos concentrados, como os de curtumes e de metalúrgicas, devem ser evitadas;
- A carga de sólidos em suspensão não deve ser muito alta. São indesejáveis grandes quantidades de areia, silte, folhas, grãos e outros materiais, como os que são descarregados das fábricas de papel e das destilarias;
- Os despejos ácidos ou alcalinos, como os dos banhos ácidos e da galvanização das indústrias metalúrgicas, são indesejáveis;
- Devem estar livres de substâncias tóxicas. São indesejáveis fenóis, cianetos, metais pesados e outras substâncias químicas além dos limites toleráveis pelos microrganismos dos processos biológicos;
- O conteúdo de carboidratos deve ser baixo. Os resíduos da fabricação de algumas conservas, produtos de leite, amido e outros, têm alto conteúdo de carboidratos, que dão origem a DBO elevada;
- Os despejos devem ter baixo conteúdo de óleos e graxas. São indesejáveis óleos de garagens e de refinarias e graxas dos frigoríficos, das indústrias têxteis, das lavanderias e outras.

Embora estas características sejam indesejáveis, nem por isso se vai concluir que os despejos de algumas indústrias

não podem ser tratados juntamente com os domésticos. A diluição pode ser tal que o efeito não pode ser notado. As descargas intermitentes podem ser controladas. Despejos ácidos ou alcalinos podem ser neutralizados em parte ou totalmente. Através de certas medidas de controle, os resíduos líquidos industriais, em sua grande maioria, podem ser acondicionados para serem recebidos pelos sistemas públicos de esgotos.

As águas de resfriamento e de condensados de caldeiras são relativamente limpas e podem representar volumes consideráveis do total dos despejos industriais. Podem ser jogadas diretamente nos cursos d'água sem qualquer tratamento, ou mesmo nas galerias de águas pluviais. Deve-se evitar a descarga destes despejos nos sistemas de esgotos com vistas a reduzir os custos dos coletores e das ETEs.

5.3.1. *Indústrias alimentícias*

5.3.1.1. *Laticínios*

Aqui estão incluídas as indústrias de pasteurização e de embalagem do leite e de derivados como creme, manteiga, queijo, leite em pó e condensado, sorvetes, sobremesas e outros congelados. Seus despejos, provenientes principalmente das lavagens de vasilhames, de pisos e dos equipamentos, são de natureza altamente orgânica. Em média, a DBO é igual a 1.000 mg/l.

As altas taxas de DBO desses despejos requerem revisão da capacidade das ETEs antes de suas ligações aos sistemas de esgotos. Usualmente é dispensável o pré-tratamento; entretanto, pode ser requerido algum se as capacidades das ETEs forem inadequadas.

Nos Estados Unidos há a tendência de descarregar os despejos das indústrias de leite e derivados nos sistemas pú-

blicos de esgotos sempre que possível, para simplificar as operações do dia-a-dia e para minimizar os investimentos de capital. Em 1950, 1% das indústrias de manteiga, queijo e leite em pó jogavam seus despejos nos sistemas de esgotos; em 1967, 10%; e, para 1977, a estimativa era de 53%. Para as indústrias de sorvetes, sobremesas congeladas e leite pasteurizado, as porcentagens eram maiores: em 1950, 50%; em 1967, 80% e, para 1977, a estimativa era de 98% ³⁵.

5.3.1.2. *Matadouros e produtos de carne*

Aqui estão incluídos os matadouros, os processamentos da carne de gado e de porco e os produtos derivados como carnes defumadas, conservas, salsichas, transformação de gorduras comestíveis em banha e sebo e das gorduras não comestíveis em graxas. As indústrias de processamento de aves domésticas serão consideradas como um caso particular.

Os despejos dos matadouros e das indústrias de produtos de carne contêm normalmente sangue, gorduras, esterco, lixores de processamento da banha e águas de lavagem dos pisos ¹⁶. O sangue normalmente é recuperado e os esterco podem ser usados como adubos do solo ou enterrados, pois não devem entrar nas redes coletoras.

Como pré-tratamento, pode ser necessário tanque de equalização com período de retenção de 20 a 40 minutos, equipados com removedores de graxas e gorduras. A flotação com ar tem sido usada para a remoção de gorduras ²³.

Sangue, penas e águas de limpeza constituem os despejos das indústrias de processamento de aves domésticas. Recomenda-se o gradeamento como pré-tratamento, para a remoção de penas e das partes não aproveitadas.

Nos Estados Unidos muitas indústrias de carne usam

os sistemas públicos de esgotos, sendo que algumas necessitam de pré-tratamento e outras, não. Em 1950, 35% jogavam seus despejos nos sistemas de esgotos; em 1966, 70%; e, para 1977, a estimativa era de 85%. Com relação às indústrias de processamento de aves os dados eram os seguintes: em 1950, 50% ; em 1967, 72%; e, para 1977, a estimativa era de 80% ³⁴.

5.3.1.3. *Indústrias de conservas e de frutas e vegetais enlatados*

Os despejos variam em características e volumes, dependendo da matéria-prima, da extensão do transporte hidráulico do produto, da recirculação das águas do processo e do tipo de transporte dos resíduos sólidos. Significantes poluentes podem resultar das operações de descascamento e seleção das frutas e vegetais, de preparação das fatias, de lavagem e resfriamento das latas e limpeza das fábricas.

As descargas nos sistemas públicos de esgotos devem ser precedidas de pré-tratamento, usando-se peneiras rotativas para remoção de cascas, pêlos e sementes, gradeamento e equalização dos despejos concentrados. Na maioria dos casos, as peneiras são instaladas entre os equipamentos da linha de produção. As cascas, pêlos e sementes removidos podem ser empregados na fabricação de compostos ou como forragem na alimentação de animais.

Os principais inconvenientes da descarga dessas indústrias nos sistemas de esgotos são a sua natureza sazonal, que, em alguns casos, pode sobrecarregar as ETEs, e as cargas de choque, que podem transtornar os processos biológicos ²³. Todavia, um projeto desenvolvido na cidade de Dallas, Estados Unidos, em 1971, para tratamento combinado de despejos indus-

triais-domésticos, com contribuições de muitos despejos de enlatados, pelo processo dos lodos ativados, mostrou que a qualidade do efluente da ETE era boa e que as operações sazonais não afetavam significativamente a ETE, que tinha flexibilidade e estabilidade adequadas para resistir às cargas de choque e hidráulicas ²⁶.

Em 1950, apenas 20% das indústrias de enlatados dos Estados Unidos utilizavam os sistemas públicos de esgotos ³²; e, em 1970, a porcentagem era superior a 60% ²³. Alguns desses efluentes são deficientes em nutrientes e isto pode ser resolvido pelo tratamento combinado com os esgotos sanitários.

5.3.1.4. *Fecularias*

Os principais despejos são originados da lavagem e descascamento dos tubérculos ou dos grãos e das águas da extração do amido, sendo estas constituídas de soluções e suspensões de matérias ricas em proteínas ⁸. As águas da lavagem contêm terra, um pouco de amido, proteínas vegetais, ácido cianídrico e diversos produtos da decomposição da matéria celular, originando altas concentrações de matéria orgânica. Podem conter também cianetos.

O pré-tratamento pode ser constituído do uso de peneira para remoção de cascas e sólidos grosseiros, e em alguns casos deve-se acrescentar tanque de equalização com descarga controlada. Pode ser necessária a oxidação dos cianetos e isto pode ser efetuado por cloração.

5.3.2. *Indústrias de bebidas*

5.3.2.1. *Cervejarias*

A maior parte dos despejos é originada das opera -

ções da fabricação da cerveja, incluindo fermentação, enquanto significantes porções são originadas das operações de engarrafamento, pasteurização e enchimento dos barris ²³. Eles contêm grãos perdidos, lúpulo, rótulos velhos e vidros de garrafas quebradas e não podem ser descarregados nos coletores. Os vidros podem ser coletados em uma bacia de sedimentação de vidros; os grãos perdidos podem ser recuperados e são removidos por filtração e dispostos como material sólido; os rótulos podem ser removidos por gradeamento. Podem ser usadas peneiras cilíndricas giratórias ou peneiras vibratórias para remoção dos rótulos velhos ⁵⁶.

5.3.2.2. Destilarias

Os cereais usados nos processos preliminares produzem despejos semelhantes aos das cervejarias, além de resíduos dos processos de destilação. Estes despejos contêm matéria orgânica, como também grãos perdidos, vidros de garrafas quebradas e rótulos já usados. O pré-tratamento pode ser o mesmo adotado para as cervejarias ¹².

Pode-se requerer equalização e a descarga controlada, para prevenir as flutuações das cargas orgânicas, tanto das destilarias como das cervejarias.

5.3.3. Curtumes

Os despejos contêm gorduras, pêlos de animais, fragmentos de carne e outros sólidos que podem sedimentar e obstruir os coletores e gerar problemas de odores. Contêm também pH elevado e íons de cromo e sulfetos que podem afetar o tratamento biológico.

O pré-tratamento requerido pode constar de gradeamento fino para remoção dos pêlos, pedaços de couro, sólidos

grosseiros; flotação para remoção de gorduras e, em alguns casos, neutralização. Em Milwaukee, Estados Unidos, são usadas peneiras rotativas com abertura das malhas de 1/4 de polegada. Em algumas indústrias, os pêlos são queimados ainda nos couros com uma forte solução de sulfito de sódio. Esta medida apresenta a vantagem de reduzir o tempo de remoção dos pêlos de 10 dias para 6 horas e elimina os inconvenientes de obstruções periódicas das grades e peneira ⁵⁶.

Em 1950, 60% dos curtumes dos Estados Unidos utilizavam os sistemas públicos de esgotos; em 1967, 75%; e, para o ano de 1972, a estimativa era de 80%.

5.3.4. *Indústrias de papel e celulose*

Os principais despejos resultam da maioria dos processos de fabricação da celulose e do papel. A maioria deles é originada das operações de preparação da polpa, de branqueamento e de fabricação do papel. Contêm pH elevado, sólidos em suspensão (polpa e fibras), matéria orgânica do cozinhamento dos licores, cor devida aos licores e outros produtos químicos dos processos de preparação da madeira ²³. Os despejos da fabricação do papel contêm ainda argila, plásticos, cola ou amido e outros materiais de enchimento. Estes efluentes são pobres em nutrientes que podem ser supridos total ou parcialmente pelos esgotos sanitários quando tratados conjuntamente, podendo-se obter bons resultados.

O pré-tratamento pode constar de gradeamento para remoção dos sólidos grosseiros provenientes das operações de descascamento, lascamento e retirada dos nós das madeiras, trapos de papel e outros materiais e, sedimentação ou flotação para a remoção de fibras, polpa e parte dos produtos químicos. Em al-

guns casos, pode ser necessária a adição de coagulantes para ajudar na remoção de sólidos em suspensão e para reduzir os problemas da cor. Também pode ser necessária a utilização de caí-xa de areia para remoção da terra das operações de lavagem da madeira.

Os despejos da preparação da polpa pelo processo sulfito devem ser proibidos nos sistemas públicos de esgotos, por conterem elevados teores de carboidratos.

5.3.5. *Indústrias têxteis*

Devido às muitas operações que se verificam no acabamento dos tecidos, os despejos destas indústrias variam muito tanto em composição como em concentração. Alguns podem ser fortemente alcalinos ou ácidos, e os despejos das operações de tinturaria são intensamente coloridos.

Os despejos da fabricação de tecidos de algodão contêm pH alto (pH de 8 a 11), sabões e/ou detergentes, sólidos em suspensão, amido, gomas, glucose, gorduras vegetais, hidróxido de sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos, que são utilizados ou resultantes das diversas operações industriais. Podem ser facilmente tratados com os esgotos sanitários. Usualmente o pré-tratamento requerido é neutralização e/ou equalização com a descarga controlada.

Os principais despejos das indústrias de lã são resultantes das operações de lavagem. Contêm altas concentrações de matéria orgânica putrescível graxas, álcalis e sujeiras. As graxas são normalmente recuperadas por meio de tratamento com ácidos ou com cloreto de cálcio. Podem também ser tratadas com hipoclorito de sódio que produz a coagulação de uma grande parte de sólidos coloidais e em suspensão e separa as graxas ²².

Como pré-tratamento, é requerida a equalização com descarga controlada e, em alguns casos, a remoção das graxas quando estas não são recuperadas.

Os despejos dos tecidos sintéticos são pequenos em volume e concentrações e podem conter lubrificantes, sabões ou detergentes e gomas. Para lançamento destes despejos nos sistemas de esgotos, pode ser requerida a neutralização.

5.3.6. Lavanderias

Os despejos contêm sabões, detergentes, graxas, corantes e sujeiras provenientes da lavagem das roupas. Podem ser facilmente tratados com os esgotos sanitários, sendo dispensável o pré-tratamento. Quando seu volume é grande em relação àqueles, pode ser necessária uma neutralização devido a sua alcalinidade.

5.3.7. Coquerias e usinas de gás

Os principais problemas são os fenóis, o ácido cianídrico e o alcatrão⁵¹. Se a diluição destes com os esgotos sanitários for suficiente para permitir a destruição dos fenóis pela ação dos microrganismos das ETEs, o pré-tratamento pode ser dispensável. Caso contrário, será necessária a remoção dos fenóis, que podem ser recuperados dos alambiques de amônia através dos processos de destilação dos vapores, extração por solvente ou adsorção por carvão ativado⁴⁷.

Devem estar isentos de alcatrão, que pode ser removido por filtro de lã e madeira, com recolhimento do mesmo⁹.

Às vezes, tanque de armazenamento com descarga controlada de modo que a proporção em volume dos despejos fenólicos não exceda de 2% o volume da mistura pode ser suficiente

para se permitir a descarga ⁷⁰.

5.3.8. *Indústrias químicas*

Os despejos são extremamente variados em sua natureza e não há uma sugestão geral de pré-tratamento. Os resíduos procedentes de uma indústria química podem ser inorgânicos, orgânicos, insolúveis, solúveis, inertes, tóxicos ou qualquer combinação destas ⁵⁸. Os processos de pré-tratamento e as medidas de controle discutidos na Seção 5 deste trabalho podem ser aplicados e suas escolhas dependerão dos poluentes a serem removidos. A possibilidade de disposição dos despejos de uma indústria química no sistema público de esgotos dependerá da natureza tóxica, das características individuais dos despejos e da quantidade de diluição disponível.

Nas indústrias que produzem uma diversidade de produtos, a equalização é freqüentemente desejável como meio de neutralização e de redução do potencial de contaminação de certas substâncias tóxicas ⁴⁷. O uso de algum processo químico também é normalmente requerido como pré-tratamento ⁵³.

Os despejos das indústrias químicas farmacêuticas que produzem penicilina, estreptomicina e outros antibióticos e das indústrias químicas orgânicas de produtos que sofrem fermentação apresentam altas proporções de matéria orgânica com elevadas concentrações de DBO (2.000 a 5.000 mg/l). Para lançamento nos sistemas de esgotos, deve ser requerida a equalização com descarga controlada. Para evitar septização nos tanques de equalização, deve-se efetuar uma aeração neles. Em certas ocasiões, pode-se requerer ainda o pré-tratamento biológico para reduzir a carga de DBO a níveis compatíveis com as capacidades das ETEs.

As restrições que podem impedir ou estabelecer limitações de cloretos, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão, metais pesados, substâncias tóxicas, cor, pH, etc., são as principais barreiras à aceitação das águas residuárias das indústrias químicas inorgânicas ³⁶. A Tabela 9 apresenta as porcentagens dos despejos das indústrias inorgânicas dos Estados Unidos que eram descarregados nos sistemas de esgotos em 1963.

TABELA 9 - DESCARGAS DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS INORGÂNICAS DOS ESTADOS UNIDOS NOS SISTEMAS PÚBLICOS DE ESGOTOS

Indústrias	Descarga nos sistemas públicos de esgotos	
	% (1)	% (2)
Alcalis	4,2	4,2
Gases	Estimado em 40%	-
Pigmentos	11,0	11,2
Produtos químicos diversos	2,9	3,3
Tintas	60,0	75,0
Fertilizantes	0,0	1,6
Herbicidas	0,0	-
Explosivos	0,0	0,0

FONTE: FWPCA ³⁶

(1) = indústria com consumo de água $Q \geq 76.000 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou com mais de 100 empregados e (2) = indústria com $Q < 76.000 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou menos de 100 empregados.

5.3.9. Indústrias de borracha

Os despejos são originados principalmente da fabricação de borracha sintética e da recuperação da borracha usada.

Os despejos produzidos pela fabricação de borracha apresentam problemas de sabor, odor e alta DBO, e os pela recuperação podem ter pH ácido (pH de 3 a 6) ou alcalino (pH de 10 a 14) e sólidos em suspensão, que podem ser recuperados, em algumas ocasiões, por sedimentação ⁴⁷.

Para sua descarga nos sistemas de esgotos é necessá-
ria a neutralização e pode-se requerer também, a remoção do
odor, que pode ser obtida através de aeração, cloração ou tra-
tamento químico com sulfito ou sulfeto.

5.3.10. *Indústrias de vidro, cimento, gipsita e cerâmicas*

Os despejos apresentam sólidos em suspensão de ori-
gem mineral difíceis de sedimentação e podem ser bastante alca-
linos a ponto de se tornarem tóxicos.

É requerida a sedimentação como pré-tratamento para
a remoção dos sólidos inertes. Pode-se requerer ainda a coagu-
lação para auxiliar na remoção dos sólidos difíceis de sedimen-
tar. Os minerais podem ser recuperados, e a floculação pode ser
um bom meio de proporcionar isto, tornando-se a recuperação a-
tê econômica em alguns casos ⁴⁷.

5.3.11. *Indústrias metalúrgicas*

Os despejos contêm usualmente ácidos, cianetos e me-
tais pesados ou sais metálicos ²⁵. Em geral, devem ser neutra-
lizados.

Os despejos ácidos da limpeza e polimento de aço têm
alto conteúdo de ferro ferroso que é difícil de tratar e muito
tóxico aos microrganismos. Além da neutralização, pode-se re-
querer a descarga controlada. Deve-se notar que os sais de fer-
ro resultantes da neutralização podem ajudar na clarificação
funcionando como coagulantes se em quantidades controladas.

Os despejos dos processos galvanoplásticos contêm cianetos e/ou cromatos que são extremamente tóxicos. Quando necessário, pode-se requerer a oxidação dos cianetos. Esta pode ser obtida por cloração em meio alcalino, oxidando-os a cianatos que são menos tóxicos. Continuando a cloração, pode-se chegar até o amoníaco e o bióxido de carbono. Os cromatos podem ser pré-tratados por troca iônica ou precipitação química com anidrido sulfuroso ou um sulfito.

Os despejos da lavagem, polimento e processamento do cobre são bastante tóxicos, mesmo em baixas concentrações, e, portanto, devem ser pré-tratados. Neste caso pode-se usar precipitação química, troca iônica ou mesmo eletrólise. O cobre pode ser recuperado dado seu valor relativamente alto.

Os despejos da galvanoplastia de outros metais que não contenham cianetos ou cromatos podem ser pré-tratados por neutralização com cal ou soda cáustica, que precipitará os íons metálicos em forma de hidróxidos ou de sais metálicos ²².

5.3.12. *Indústrias de óleos e sabões*

5.3.12.1. *Óleos de origem mineral*

Estes óleos, como já vistos nas Seções anteriores, são difíceis de tratar e podem criar problemas nos coletores e ETEs. Deveriam ser proibidos de descarga nos sistemas de esgotos.

5.3.12.2. *Indústrias de óleo vegetal*

Seus despejos contêm águas fortemente alcalinas, sabões, óleos, restos de células vegetais, corantes vegetais e outros ⁸. Para descarga, o óleo deve ser removido a níveis aceitáveis e pode-se requerer uma neutralização. Obtem-se a remoção por flotação e podendo-se até recuperar o óleo.

5.3.12.3. *Indústrias de sabões*

Os principais problemas são as gorduras, que devem ser removidas a níveis aceitáveis. A remoção pode ser por precipitação com cal e filtração através de filtros de carvão para sua recuperação.

5.3.13. *Despejos radioativos*

Com o desenvolvimento da tecnologia nuclear, as substâncias radioativas passaram a ser aplicadas em muitos campos de trabalho da atividade humana, como nos hospitais e em laboratórios de pesquisas institucionais e industriais, sem contar com as usinas nucleares, onde estão suas maiores aplicações.

Os despejos radioativos devem obedecer a padrões de emissão para lançamento nos sistemas públicos de esgotos. Como pré-tratamento, pode-se requerer o armazenamento por tempo suficiente, de modo a reduzir a atividade das radiações a níveis aceitáveis, pois elas podem ser perigosas ao pessoal das estações de tratamento. Aqui não estão incluídas as usinas nucleares cujos despejos são de alta atividade radioativa ²².

5.3.14. *Refinarias de petróleo*

Os principais despejos são os óleos em altas concentrações, as graxas, os produtos de petróleo ou as emulsões concentradas, que não devem ser permitidos nos sistemas de esgotos pelos problemas que podem causar aos coletores e ETEs e pelos perigos de incêndio ou de explosões. Outras características são as altas concentrações de sulfetos, mercaptanas e fenóis que podem ser tóxicos ao tratamento biológico. Embora estes despejos sejam sérios, eles não são insuperáveis no caso de tratamento conjunto, desde que se efetue o pré-tratamento necessário. São pobres em nutrientes, e, no caso de tratamento

conjunto, os despejos domésticos podem proporcionar os nutrientes necessários, total ou parcialmente

É necessária a remoção de óleos e graxas como primeiro passo do pré-tratamento de todas as refinarias e, às vezes, neutralização cáustica das águas ácidas. Normalmente tem-se usado um tipo de separador de óleo por gravidade especificado pelo "American Petroleum Institute", conhecido como separador API³¹. Muitas refinarias usam flotação com ar, com ou sem o uso de coagulantes químicos, para tratar os efluentes de um separador de gravidade. As emulsões oleosas devem ser coletadas separadamente, tão perto da fonte quanto possível, e podem ser tratadas pelos métodos de quebra de emulsão. Além destas medidas, pode-se ainda requerer pré-tratamento para reduzir as concentrações de sulfetos, mercaptanas e fenóis a níveis aceitáveis para tratamento conjunto nas ETEs municipais²³.

Pelas características dos efluentes das refinarias de petróleo e pelas medidas de pré-tratamento que podem ser requeridas, sua descarga nos sistemas de esgotos não parece vantajosa nem para estes, pelos transtornos que podem gerar aos coletores e ETEs, nem para as refinarias que podem ter dupla despesa com tratamento.

Estima-se que apenas 1 a 2% dos despejos dos processos das refinarias de petróleo dos Estados Unidos eram descarregados nos sistemas públicos de esgotos em 1967. Uma filosofia que tem merecido crescente atenção dos especialistas em tratamento daquele país é se fazer justamente o inverso, isto é, transportar os esgotos sanitários até as estações de tratamento dos despejos das refinarias de petróleo³¹. No Brasil, fato semelhante foi praticado na Bahia, onde os esgotos das ci

dades de Dias d'Avila e Camaçari são transportados para esta -
ção de tratamento dos despejos industriais do Complexo Petro -
químico de Camaçari (COPEC) para tratamento conjunto.

5.3.15. *Indústrias de aço*

Os volumes dos despejos são significativamente gran -
des em relação aos de outras indústrias. Eles provêm das coque -
rias, das operações de lavagem do gás dos altos fornos, da fun -
dição e laminação do aço, das operações de limpeza e acaramen -
to do aço e de galvanização em algumas usinas.

Os despejos das coquerias têm características seme -
lhantes aos das usinas de gás e coque (já visto em 5.3.7.), e
seus volumes são relativamente desprezíveis em relação aos pro -
duzidos pelas indústrias de aço (menos de 5%). Os dos altos
fornos contêm concentrações elevadas de sólidos em suspensão
(variando entre 1.000 a 10.000 mg/l) com peso específico de
3,5; seus volumes são relativamente grandes e podem conter ain -
da cianetos, fenóis e amônia. Os das outras operações contêm ó -
leos solúveis e emulsionados, sujeiras, licores ácidos da lim -
peza do aço, sais de ferro, sólidos em suspensão e metais solú -
veis quando há galvanização. O volume dos despejos produzidos
é da ordem de $42 \text{ m}^3/\text{t}$ de produto ³⁰.

Em vista das características e dos grandes volumes ,
não é aconselhável o tratamento conjunto com os esgotos sanitá -
rios, em virtude do pré-tratamento que seria necessário para
compatibilizá-los. Seria necessário, pelo menos, aimentação
das águas de lavagem do gás dos altos fornos e da laminação ,
neutralização dos despejos ácidos, flotação para remoção de
óleos livres e emulsionados, equalização com descarga controla -
da e, em alguns casos, redução dos teores de metais solúveis

por precipitação química ou outros processos. Estes seriam praticamente os processos de tratamento necessários (em grau mais elevado) para descarga direta nos cursos d'água.

Nos Estados Unidos apenas 2% dos despejos produzidos pelas indústrias de aço eram descarregados nos sistemas públicos de esgotos em 1950 e, para 1977, a estimativa era de 5%, sendo estas descargas normalmente oriundas das operações de limpeza e das coquerias das indústrias de pequeno porte. Os despejos produzidos na limpeza do aço e nas coquerias constituem apenas 5% do total produzido por essas indústrias ³⁰. Para tanto era recomendada a neutralização dos licores ácidos e a descarga controlada como pré-tratamento, de modo que o volume da descarga das coquerias fosse inferior a 5% do total dos despejos combinados.

6. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Embora o tratamento conjunto ofereça muitas vantagens para todas as partes (indústria e contribuidor individual), são necessárias certas precauções. Estas devem ser refletidas nos regulamentos dos despejos, nos contratos de prestação de serviços e nas tarifas para o uso dos sistemas públicos de esgotos.

6.1. Regulamentos

Os regulamentos têm por finalidade a proteção dos sistemas de coleta e de tratamento, bem como do pessoal que trabalha nos coletores e nas ETEs. Visam ainda a proteção dos corpos d'água receptores de acordo com seus usos múltiplos. Normalmente incluem proibições e limitações.

Embora os regulamentos sobre os despejos industriais possam variar de um estado para outro ou mesmo entre cidades diferentes, existem alguns aspectos que devem ser considerados. Os principais são ⁵⁸:

- Definição dos termos usados;
- Regulamentação para uso dos sistemas de esgotos pelas propriedades que se acham encravadas dentro e, algumas vezes, fora da área da cidade;
- Regulamentação para os sistemas privados de eliminação de águas residuárias;
- Regulamentações que proíbem ou limitam os tipos de resíduos que se pretende descarregar nos sistemas de esgotos. Esta seção normalmente proíbe a descarga de águas de chuva ou de refrigeração;
- Faculdade de inspecionar os centros que se servem do sistema,

constante em cláusulas de procedimento;

- Cláusulas que protegem os sistemas dos possíveis danos causa dos aos mesmos, e penalidades pela violação das disposições que regulam sua utilização.

Serão discutidos, a seguir, alguns aspectos considerados importantes no que se refere à proibição e limitação de certas substâncias e cláusulas de penalidades, para recebimento dos resíduos líquidos industriais.

6.1.1. Regulamentos para substâncias proibidas e limitadas

Os despejos industriais para efeito de descarga nos sistemas públicos de esgotos, podem ser divididos em três tipos ⁷³:

- a) Despejos que podem interferir ou passar através dos processos de tratamento das instalações públicas de esgotos, inadequadamente tratados;
- b) Despejos que podem ser incômodos e cujo impacto nas ETEs poderia ser revisto;
- c) Despejos compatíveis com os processos de tratamento das ETEs municipais.

Os tipos (a) e (b) podem ser definidos como substâncias proibidas e limitadas, respectivamente.

6.1.1.1. Substâncias proibidas

a) Substâncias inflamáveis ou explosivas

Gasolina, benzeno, nafta, solventes, óleo combustível, sólidos ou despejos gasosos inflamáveis devem ser terminantemente proibidos de descarga nos sistemas de esgotos. Tais materiais podem constituir grande perigo à segurança, antes que a diluição possa torná-los não perigosos. Além disso, mui^{to} s

desses inflamáveis ou solventes são imiscíveis na água. Embora alguns se tornem inócuos por diluição, podem se reunir em áreas estagnadas ou áreas mortas dos sistemas de coleta e se tornarem perigosos.

b) Materiais tóxicos

Os que poderiam ser um perigo, mesmo em pequenas concentrações, deveriam ser severamente limitados ou proibidos. Certas substâncias orgânicas e inorgânicas estão incluídas nesta categoria. Embora tais despejos possam ser diluídos pelos esgotos, eles podem se tornar um perigo antes que se realize a diluição através de sua reação com outras substâncias ou do aumento da concentração nas unidades de tratamento.

c) Despejos sólidos

Alguns sólidos de tamanhos ou quantidades tais que possam causar obstrução dos coletores ou ser prejudiciais à própria operação das estações de tratamento, como vidro, alcatrão, cinza, terra, lama, aparas, trapos, cavacos de madeira, palha, pratos de papel, xícaras de papel, depósitos de leite, plásticos, sangue coagulado, esterco de animais, ossos, cabelos, ou produtos similares, devem ser proibidos ⁶⁷.

No regulamento poder-se-ia também incluir uma cláusula relativa à instalação de trituradores de restos de alimentos. Estes poderiam ser permitidos apenas em residências, hotéis, instituições hospitalares, estabelecimentos de fornecimento de alimentos ou lugares similares. Em Milwaukee (1967) era proibida a instalação de trituradores de resíduos sólidos industriais e comerciais que não fossem constituídos de, apenas, restos de alimentos das cozinhas ⁵⁶.

d) Despejos ácidos

Também devem ser proibidos. Não é justificável o argumento de que a diluição e a ação tampão de outras águas residuárias presentes no sistema de coleta pode ajustar o pH de uma descarga ácida a níveis aceitáveis antes de entrar na ETE, pois a diluição pode não se realizar imediatamente e os danos que podem ocorrer nos coletores podem ser de custos elevados ⁷³. Normalmente os despejos ácidos têm sido limitados para um pH mínimo, variando entre 4,5 e 6,5.

6.1.1.2. Substâncias limitadas

Há despejos que podem ser incômodos e sua presença nos coletores e ETEs não será perigosa se forem obedecidas certas condições de controle. Devido ao fato de serem altamente variáveis em suas características, os regulamentos poderiam ter uma flexibilidade maior de modo a permitir um julgamento aplicável a cada problema. Em Los Angeles, Estados Unidos, o regulamento não estabelece limites para a maioria das substâncias que possam estar presentes em suas águas residuárias e a concentração máxima ou a quantidade de algum constituinte particular é determinada pelas chefias das agências reguladoras de seus distritos sanitários. Tais chefias, de tempos em tempos, deverão preparar uma listada das concentrações ou quantidades máximas permissíveis para certos constituintes das águas residuárias ou, de outro modo, emitir diretrizes detalhadas para o seu recebimento.

Devido à pouca experiência em nosso meio com relação ao tratamento conjunto de resíduos líquidos industriais e domésticos, é recomendável que os regulamentos dos órgãos controladores federais e/ou estaduais estabeleçam os limites máximos admissíveis para certos constituintes.

Entre os despejos que podem ser proibidos ou aceitos para tratamento conjunto, dependendo das circunstâncias, tem-se:

a) Óleos, graxas e gorduras

Quando descarregados em certas quantidades, podem ser suficientes para aderirem às paredes dos coletores, até sob velocidades normais de escoamento e, eventualmente, obstruir os mesmos. Estes constituintes têm sido limitados em 100 mg/l como valor máximo nos regulamentos consultados. Na legislação do Estado de São Paulo, os óleos e graxas são substituídos por substâncias solúveis em hexano.

Despejos com gorduras, ceras, graxas e óleos de petróleo ou de origem mineral, em emulsão ou não, poderiam ser proibidos quando for possível a sua identificação.

b) Despejos contendo metais pesados

Alguns metais pesados em concentrações relativamente baixas podem interferir ou passar, inadequadamente tratados, pelas unidades de tratamento e exceder os limites máximos admissíveis para descarga nos corpos d'água receptores. As ETEs públicas podem usualmente remover 60 a 90% dos metais pesados se a concentração da mistura despejos industriais domésticos for relativamente baixa e constante ⁷³. Os efeitos inibidores dos metais pesados e sua acumulação nos processos biológicos devem ser considerados na determinação dos níveis adequados desses poluentes nos sistemas de esgotos. A Tabela 10 apresenta as concentrações máximas admissíveis para alguns metais pesados, substâncias tóxicas e outros parâmetros estabelecidos para recebimento de despejos industriais pelos sistemas públicos de esgotos, no Estado de São Paulo, na

Suiça *, em Chicago e segundo sugestões de Braile (1966).

c) Substâncias que causam gosto e odor

Outros tipos de despejos que poderiam ser limitados, são os que contêm fenóis, que além de serem tóxicos a altas concentrações, causam gosto e odor desagradável na água, mesmo em pequenas concentrações, e os que contêm outras substâncias produtoras de odor. As características dos processos de tratamento das ETEs, bem como dos corpos d'água receptores, influenciarão nas concentrações aceitáveis.

d) Despejos com pH alto

Um pH alto pode ser proibido condicionalmente, enquanto despejos com pH baixo devem ser proibidos sob todas as circunstâncias. O fato é que pHs baixos podem corroer os coletores antes que alguma neutralização possa elevá-los a níveis inócuos, enquanto pHs altos têm pouco efeito corrosivo nos coletores. Outro fato é que a maioria dos processos biológicos é mais resistente a despejos com pH alto do que com pH baixo⁷³. Usualmente o limite máximo estabelecido situa-se entre 9,0 e 10,0.

e) Despejos com elevadas DBO e sólidos em suspensão

Podem ser proibidos apenas condicionalmente. Cargas elevadas de DBO podem constituir uma sobrecarga nos processos secundários das ETEs a ponto de dificultar o desempenho desses processos. O mesmo pode acontecer com os decantadores primários, quando as cargas de sólidos em suspensão são excessivas.

*"Diretrizes sobre as características admissíveis das águas residuárias" - Suíça, Departamento Federal Interior. 1966. [xerocópia de tradução].

TABELA 10 - LIMITES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS PARA DESCARGA DOS EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS NOS SISTEMAS PÚBLICOS DE ESGOTOS.

Parâmetro	Unidade	No Estado de S. Paulo (1)	Na Suíça (2)	Em Chicago (3)	Sugestões de Braile (4)
pH*		5,0 - 9,0	6,5 - 9,0	4,5 - 10,0	5,5 - 10,0
Temperatura	°C	40	30	65	55
Óleos e graxas	mg/l	100	-	100	100
Arsênico	mg/l	0,2	1,0	-	-
Cádmio	mg/l	0,2	1,0	1,0	-
Chumbo	mg/l	0,5	1,0	0,5	2,0
Cianeto	mg/l	0,2	0,5	2,0	2,0
Cobre	mg/l	1,0	1,0	3,0	-
Cromo VI	mg/l	0,5	0,1	10,0	-
Cromo total	mg/l	5,0	-	25,0	5,0
Estanho	mg/l	4,0	2,0	-	2,0
Ferro	mg/l	30,0	-	50,0	15,0
Fenol	mg/l	5,0	5,0	-	0,005
Fluoreto	mg/l	10,0	10,0	-	-
Mercúrio	mg/l	0,01	0,1	-	-
Níquel	mg/l	2,0	2,0	10,0	5,0
Prata	mg/l	0,1	0,1	-	-
Sulfeto	mg/l	50,0	-	-	100,0**
Zinco	mg/l	5,0	2,0	15,0	2,0

FONTES: (1) GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO ⁴²

(2) DEPARTAMENTO FEDERAL DO INTERIOR - SUÍÇA (rodapé p.104)

(3) THE METROPOLITAN SANITARY DISTRICT OF GREATER CHICAGO ⁶²

(4) BRAILE, P.M. & LANTELME, S.P.L. ¹⁸

* Apenas para o pH existem limites mínimos e máximos.

** Sulfato

A limitação das cargas elevadas de DBO e de sólidos em suspensão dependerá apenas da capacidade das ETEs.

f) Despejos radioativos

Há poucas informações sobre as limitações de despejos radioativos. Nos Estados Unidos, estes são regidos pela "Atomic Energy Commission Act" ⁷⁴, de 1954. No Rio de Janeiro, a quantidade máxima de material radioativo que pode ser lançada nas redes públicas de esgotos está limitada de acordo com a Tabela 11.

6.1.2. *Outras considerações*

Os regulamentos deveriam exigir que todos os coletores industriais ligados às redes públicas de esgotos fossem dotados de instalações convenientes e de fácil acesso para amostragem e medição da vazão. Para isto poderiam ser utilizados poços de visita com a condição essencial de que os mesmos estivessem disponíveis tanto à municipalidade ou empresa concessionária, como à indústria para monitoragem de seus efluentes. Em Los Angeles, os poços de visita são previamente aprovados pelas chefias dos distritos sanitários, podendo os mesmos serem locados dentro ou fora da área industrial. São cercados e dotados de portão especial com fechadura, sendo uma das chaves fornecida ao distrito para acesso do pessoal autorizado pelo mesmo, a qualquer momento.

6.1.3. *Cláusulas de obrigações e penalidades*

Devem ser inseridas nos regulamentos, pois ocasionalmente algumas indústrias podem deixar de cumprir as determinações por não atribuírem prioridades ao problema das águas residuárias ou por negligenciarem premeditadamente. Tais cláusulas funcionam como eliminador de violações ⁷³.

TABELA 11 - PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE DESPEJOS RADIOATIVOS NA REDE PÚBLICA DE ESGOTOS

Núcleos Radioativos	Descarga máxima diária (microcuries)	Concentração máxima (pc/l)
Hidrogênio 3	2.500	1×10^8
Carbono 14	500	2×10^7
Sódio 24	100	6×10^6
Fósforo 32	100	5×10^5
Potássio 42	100	9×10^6
Cálcio 45	100	3×10^5
Ferro 59	10	2×10^6
Cobalto 60	10	1×10^6
Zinco 65	100	3×10^6
Estrôncio 90 + Ytrio 90	1	4×10^3
Rutênio 106	10	4×10^5
Iodo 131	100	6×10^4
Césio 137 + Bário 137	10	7×10^7
Cério 144	10	3×10^5
Rádio 226	1	4×10^2
Tório 232	500	5×10^4
Urânio 238	500	1×10^6

FONTE: BRAILE, P. M. ¹⁶

O Decreto nº 8.468, de 08/9/1976 do Governo do Estado de São Paulo contém cláusulas de sanções aos infratores ⁴². Da mesma forma, o Decreto "E" nº 2.721, de 04/3/1969, do então Estado da Guanabara também contém cláusulas de penalidades ¹⁶.

No Anexo 2 deste trabalho são apresentados os Padrões de Qualidade e de Emissão para efluentes líquidos industriais, no Estado de São Paulo, constantes no Decreto 8.468 , já citado.

6.2. O contrato municipal-industrial

A elaboração de contratos específicos e justos entre as indústrias e a municipalidade ou empresa concessionária dos serviços de esgotos é difícil de se conseguir. Isto é particularmente verdadeiro no caso de comunidades menores, onde uma única indústria pode desempenhar um significativo papel na economia da comunidade.

Os acordos devem ser feitos através de um contrato assinado, contendo de maneira clara e precisa as responsabilidades e os compromissos da indústria, o que assegurará melhores condições de um bom relacionamento entre esta e a municipalidade. Quando alguns assuntos não são especificamente cobertos pelo contrato, as possibilidades de ocorrência de problemas são maiores ⁶⁶.

Para o bom cumprimento do contrato é necessário que ele seja justo para ambas as partes e contenha cláusulas abordando os seguintes aspectos ⁷³:

- a) Definição de prazo;
- b) Disposições para revisões e cancelamento;
- c) Definição dos limites de quantidade e dos requisitos de qualidade dos despejos a serem aceitos para tratamento;
- d) Definição de responsabilidade da municipalidade ou da empresa concessionária para tratamento dos despejos;

e) Provisões para adjudicação;

f) Taxas e tarifas.

a) Definição de prazo

Cada contrato deveria ter um prazo, mas a dificuldade é determinar sua duração devido a fatores econômicos. Os sistemas públicos de esgotos são projetados com amortização dos débitos normalmente num período de 20 a 30 anos. A municipalidade ou empresa concessionária dos serviços de esgotos necessita da segurança contratual de que a indústria continuará a manter sua porção dos custos de capital das instalações de tratamento durante certo período.

As indústrias por outro lado, poderão preferir contratos relativamente longos para evitar a necessidade de negociações com novos dirigentes, que normalmente são substituídos com as mudanças de governo.

b) Disposições para revisões e cancelamento

Os contratos poderiam conter disposições para revisões através de negociações. As indústrias muitas vezes necessitam efetuar mudanças de processo, elaborar novos produtos ou mesmo efetuar modificações nos níveis de produção, o que normalmente acarreta alterações na quantidade e qualidade de seus efluentes. Portanto, os contratos necessitariam de cláusulas para tais mudanças. Neste caso, a indústria deveria notificar sua intenção por escrito à municipalidade com antecedência, informando inclusive o volume e as características esperadas dos despejos com as mudanças a serem efetuadas, para que a última verifique a possibilidade de recebê-los em seu sistema. A municipalidade poderá requerer o pré-tratamento e inclusive estabelecer um período experimental antes de conceder a permissão de

finitiva.

As cláusulas para cancelamento deveriam permitir a qualquer das partes desistir, após notificação a longo prazo (um a cinco anos).

Outro aspecto que deve ser considerado é a revisão periódica (de preferência, uma vez por ano) das taxas e tarifas para os serviços de coleta, tratamento e disposição final dos efluentes, de modo a cobrir o aumento dos custos de operação e manutenção e outras despesas.

c) Definição dos limites dos despejos a serem aceitos para tratamento

Os limites admissíveis da quantidade e das características dos despejos deveriam constar nos contratos se eles constituírem problemas, principalmente quando alguns de seus constituintes forem de natureza tóxica ou danosos aos coletores e às pessoas. Nesta cláusula poderia ser requerido o pré-tratamento, se necessário.

d) Definição da responsabilidade da municipalidade ou da empresa concessionária para tratamento dos despejos

O contrato poderia conter uma cláusula que libertará a municipalidade ou empresa concessionária da obrigação de aceitar e tratar um despejo se este transtornar a operação da ETE ou se resultar num efluente inaceitável para descarga no corpo receptor.

e) Provisões para adjudicação

As indústrias, às vezes, podem mudar de local ou unir-se a grandes complexos industriais. Conseqüentemente, o contrato poderia proporcionar a contingência acima e condicionar

que a indústria primitiva permanecerá responsável por seus compromissos constantes no contrato, a menos que a municipalidade ou empresa concessionária aceite, num acordo escrito, a responsabilidade do novo proprietário. Com isto, os direitos e as obrigações contratuais poderiam ser transferidos para o último.

f) Taxas e tarifas

As taxas e tarifas, como os métodos usados para suas composições, deveriam constar no contrato municipal-industrial. Considerações para cobrança das taxas e tarifas serão discutidas a seguir.

6.3. Cobrança das taxas e tarifas

Quando uma municipalidade, ou empresa concessionária dos serviços de esgotos permitir a descarga dos efluentes líquidos industriais em seu sistema, deverá ser cobrada da indústria uma taxa e tarifa justas pelos serviços de coleta, tratamento e disposição final de seus efluentes. A sua determinação é uma tarefa difícil que envolve o conhecimento de muitos fatores e, para cada municipalidade, pode requerer um estudo particular.

O primeiro passo importante para o estabelecimento das taxas e tarifas para os serviços de esgotos é a definição dos requisitos da receita anual. O caminho a seguir pode variar, dependendo da utilidade da propriedade, dos regulamentos ou da política local. Independente disto, na receita anual devem ser incluídos ⁷³:

- Custos de operação e manutenção;
- Custos que proporcionam a amortização dos débitos para maiores programas de capital adicionais;
- Custos adicionais de capital para reposição de peças e para melhorias não financiadas.

Existem diversos métodos que podem ser aplicados para se obter uma receita anual de modo a cobrir os custos acima mencionados. Schroepfer ⁶⁸ (1967) cita alguns deles:

- a) Impostos "ad-valorem" - é o método mais antigo. Baseia-se no valor real da propriedade, incluindo bens verdadeiros. É ainda o método mais usado nas comunidades norte-americanas:
- b) Método de taxas especiais - onde as taxas são cobradas com base no comprimento da fachada das propriedades. Também é usado como um método de pagamento da totalidade ou parte do custo da construção dos sistemas de esgotos.
- c) Taxas de serviço - são cobradas pelo uso físico real do sistema de esgotos com base nas características e volume das águas residuárias, no número ou dimensões dos ramais de esgotos, ou em função do consumo de água. No Brasil, muitas empresas adotam a cobrança dos serviços de esgotos com base no consumo de água. Esta medida pode ser incorreta, pois alguns estabelecimentos podem ter um abastecimento próprio e, conseqüentemente, o volume dos despejos pode ser bem maior.
- d) Contrato especialmente negociado com a indústria - onde as bases são muito variadas, porém em alguns casos tem-se empregado o método do incremento (custo adicional).
- e) Combinação de dois ou mais métodos antes mencionados - a combinação de impostos, taxas especiais e taxas de serviço pode representar uma vantagem em relação a estes e outros métodos, quando aplicados isoladamente. Os defensores desta idéia pretendem oferecer um método justo na divisão dos custos entre os beneficiários que usam e os que não usam o sistema de esgotos.

O uso isolado de cada um dos métodos anteriormente ci

tados, apesar de mais simples, apresenta seus inconvenientes:

- No imposto sobre a propriedade não são mensuráveis o uso das obras e nem os benefícios dela obtidos. O emprego deste método tem por base um único parâmetro (a propriedade) e pode não ser justo nem para os usuários nem para as propriedades.
- O método das taxas especiais pode também ser injusto, pois não leva em consideração o volume e as características dos despejos. Este fato pode acarretar cobrança acima do devido para uns e a menos para outros.
- A cobrança das taxas ou tarifas com base única no serviço prestado também é imprópria, pois os usuários atuais do sistema podem pagar uma injusta proporção dos custos, que em parte representa um benefício para a propriedade. Este método é ainda mais injusto quando os pagamentos são utilizados para financiar novas construções ou ampliações do sistema de esgotos.
- O método do incremento, usado para negociar o contrato de serviço com uma indústria, consiste em determinar a taxa ou tarifa com base nos custos adicionais ou no excesso, de acordo com os quais se estima a diferença do custo entre um sistema combinado e o custo de outro sistema sem os efluentes industriais. Este método é indefinido e não é suscetível de um cálculo preciso, particularmente no caso de sistemas antigos. Além do mais, pode mudar com o tempo.

Assim, para obtenção de taxas e tarifas justas, é recomendável a combinação de alguns dos métodos mencionados. Por exemplo, poder-se-ia recorrer ao imposto sobre a propriedade para cobrir os custos de capital e adotar taxas e tarifas pelos serviços de esgotos para cobrir os custos de operação e ma

nutrição, o que poderia resultar numa melhor participação dos custos tanto dos usuários como dos proprietários.

Muitos artigos sobre taxaço ou cobrança das tarifas dos efluentes industriais têm sido escritos e publicados. Cada um deles apresentando um ponto de vista diferente. Normalmente, esses trabalhos sugerem que sejam considerados não apenas o fator volume, mas também o fator carga (geralmente DBO e sólidos em suspensão e, algumas vezes, demanda de cloro). Também tem sido sugerido a conveniência de se considerar a composição dos esgotos sanitários na determinação das taxas e tarifas ⁶⁸.

6.3.1. Fórmulas baseadas na quantidade e na qualidade

Alguns autores têm empregado fórmulas para a determinação das taxas ou tarifas ou têm recomendado o seu emprego . Estas são apresentadas sob diversas formas porém, de maneira geral, a maioria delas leva em consideração a quantidade e a qualidade (geralmente DBO e sólidos em suspensão) dos efluentes líquidos industriais. Exemplos destas fórmulas podem ser encontrados nos livros ou artigos de Besselievre ¹⁰ (1952); de Babbitt ⁹ (1961); de Imbelli ⁵⁰ (1968) onde é apresentada a fórmula utilizada em Nova York; de Bolton e Klein ¹² (1971); no regulamento de Los Angeles ⁶⁷ (1972) e de Bradley ¹⁵ (1973).

A fórmula para o cálculo das tarifas pode ser estabelecida a partir de dois critérios, já que os esgotos sanitários têm concentrações de DBO e de sólidos em suspensão inferiores às de um grande número de indústrias ⁶⁹:

- a - Baseada no excesso da concentração ou carga de resíduo líquido industrial sobre a dos esgotos sanitários;
- b - Baseada na concentração ou carga de resíduo líquido industrial, independente dos esgotos sanitários.

A título de ilustração de cada um desses critérios e por considerá-los os mais interessantes, serão apresentadas as fórmulas utilizadas em Nova York e em Los Angeles.

6.3.1.1. Fórmula utilizada em Nova York ⁵⁰

Baseia-se na cobrança de uma sobretaxa, segundo o critério (a), onde se considera que as concentrações de DBO e de sólidos em suspensão dos esgotos são iguais a 300 mg/l e 350 mg/l, respectivamente.

A fórmula utilizada é:

$$D_s = CFV \left[(SS - 350) + (DBO - 300) \right]$$

onde:

D_s = sobretaxa (\$);

C = custo por libra de poluente removido (\$);

F = fator de conversão de mg/l para lb/1.000 pē³;

V = volume de águas residuárias descarregadas (pēs cúbicos);

SS = concentração de sólidos em suspensão nos despejos (mg/l);

350 = concentração admissível de SS (mg/l), abaixo da qual não há sobretaxa;

DBO = concentração da demanda bioquímica de oxigênio nos despejos (mg/l);

300 = concentração admissível de DBO , abaixo da qual não há sobretaxa.

Para utilização desta fórmula no Brasil, bastaria se efetuar a conversão das unidades métricas, a utilização do cruzeiro em lugar do dólar e a adoção das concentrações admissíveis para DBO e sólidos em suspensão em nosso país, usualmente consideradas como igual a 300 mg/l para ambos. Assim, o fator "F" desapareceria. Para o restante dos efluentes com concentra

ções de DBO e SS até os valores admissíveis para os esgotos sanitários, poderia ser cobrada as taxas e tarifas adotadas para estes.

6.3.1.2. Fórmula utilizada em Los Angeles ⁶⁷

A fórmula se baseia na cobrança de uma sobretaxa às indústrias cujas contribuições de vazão, demanda química de oxigênio, sólidos em suspensão ou vazões de pico, originam custos adicionais além das taxas cobradas "ad-valorem". A sobretaxa é cobrada com base na manutenção total e nas despesas de operação e de capital do sistema de esgotos, para prover a coleta, o tratamento e a disposição final dos efluentes.

É cobrada anualmente e expressa pela fórmula:

$$\text{Sobretaxa} = a (V) + b(DQO) + c(SS) + dM(P) - \text{TAX}$$

onde:

Sobretaxa = valor anual da sobretaxa para tratamento dos despejos industriais, em dólares. Nenhum reembolso é feito se resultar num número negativo;

V = volume anual dos despejos, em milhões de galões;

DQO = descarga total anual da demanda química de oxigênio, em milhares de libras;

SS = descarga total anual de sólidos em suspensão, em milhares de libras;

P = vazão de pico de um período superior a 30 minutos, ocorrendo entre 8:00 e 22:00 horas e determinada pela média de 10 vazões de pico de significação máxima dos resultados anuais, em galões por minuto. Valores de "P" inferiores a 100 gpm são considerados igual a zero;

A = vazão média, determinada pela divisão de "V" pelo

total de horas de operação anual ou pelo período de trabalho da indústria convertido em galões por minuto (ver M);

a,b,c,d = taxas de custo unitário adotadas anualmente, baseadas no custo total projetado para cada ano, para coleta, tratamento e disposição final dos despejos, em dólares por unidade de volume ou de carga;

M = fator de multiplicação, considerando o aumento dos custos devido a elevação das vazões de pico em relação à vazão média (P/A). "M" é obtido pela fórmula: $M = 2,50 \log (P/A)$;

TAX = Taxa anual "ad-valorem", cobrada durante os impostos anuais do uso do solo ou da propriedade utilizada pelos despejos gerados, em dólares.

Esta fórmula poderia ser utilizada substituindo a DQO pela DBO. Talvez pela maior facilidade de determinação, foi usada a DQO.

No sistema de águas residuárias do Complexo Petroquímico de Camaçari (COPEC), na Bahia, foi utilizada uma fórmula para a cobrança das tarifas onde são consideradas a vazão e as cargas anuais de DBO e de sólidos em suspensão produzidas pelas indústrias.

Convém notar que qualquer fórmula deve ser usada com critério e que não há nenhuma em que se possa confiar para obter resultados iguais sob quaisquer condições ⁹.

6.3.2. Solução do Comitê conjunto

A utilização de fórmulas baseadas na quantidade e na qualidade das águas residuárias foi um avanço considerável no

estabelecimento de taxas e tarifas eqüitativas. Verificou-se que elas não previam a maneira de taxar as propriedades urbanas ainda não construídas e que se beneficiam dos serviços de esgotos. Tais propriedades deveriam pagar sua parte proporcional ao custo do sistema de esgotos que melhora a totalidade da zona, convertendo-a em lugar habitável e onde se possa trabalhar.

Com o objetivo de estabelecer taxas e tarifas justas aos usuários e beneficiários dos sistemas de esgotos, em 1948 foi criado nos Estados Unidos um comitê conjunto formado por Comitês pertencentes à Sociedade Americana de Engenheiros Cívís, à Secção de Leis Municipais de Associação Americana de Advogados, abrigando também representantes de outras seis organizações participantes, inclusive da Federação Americana de Controle da Poluição das Águas. Este comitê, em 1951, publicou um informe onde eram apresentados princípios fundamentais para o estabelecimento de taxas e estruturas tarifárias justas entre os quais tem-se 68,73,74 :

"A necessidade da receita total anual para uma obra de água ou de esgotos, deverá ser paga pelos usuários e não usuários (ou usuários e propriedades), para os quais o uso, necessidade e benefício das obras são providos aproximadamente em proporção ao custo realizado para tornar possível o uso e os benefícios de tais obras .

"Considera-se que as taxas e estruturas tarifárias para as obras de abastecimento de água e esgotos devem conseguir e eqüidade mediante o pagamento por cada usuário ou beneficiário de uma justa proporção do custo total anual das obras requeridas, e não mais".

Ao enfocar o problema apresentado pela declaração dos princípios do comitê conjunto, é necessário examinar os seguin-

tes aspectos que serão discutidos de acordo com o trabalho desenvolvido por Schroepfer ⁶⁸ (1967):

- Montante anual da receita requerida;
- Contribuição dos usuários e beneficiários;
- Distribuição dos custos em proporção aos benefícios e usos.

a) Montante anual da receita requerida

A receita anual requerida para obras de esgotos pode ser dividida, de acordo com a finalidade, no que for necessário para cobrir os gastos de operação, conservação e reposição e os gastos fixos de cada uma das seguintes partes do sistema de esgotos:

- Sistema de coleta, incluindo estações de bombeamento;
- Sistema de interceptores;
- Estação de tratamento.

b) Contribuição dos usuários e beneficiários

O informe do Comitê conjunto aponta o procedimento das partes imputáveis tanto aos usuários como aos beneficiários. A recomendação é que as águas de infiltração estejam relacionadas com a área da propriedade, já que não há razão para que estejam relacionadas com o consumo de água ou com o efluente correspondente.

De maneira similar, a provisão da capacidade suficiente das partes componentes das obras do sistema de coleta, a fim de atender a demanda futura e assim garantir a segurança e o desenvolvimento das propriedades bem como o crescimento da população, deveria ser taxada com base na propriedade, já que também seria injusto impor esta obrigação aos atuais usuários com base nos efluentes produzidos. Segundo Schroepfer ⁶⁸ (1967),

a propriedade que ainda não tenha sido desenvolvida é que deveria contribuir com a maior parte deste custo, visto que essa capacidade seria destinada à utilização pela mesma posteriormente. Assim, a quantidade que seria distribuída pelas propriedades, deveria decrescer com o tempo na mesma proporção em que o uso das obras fosse alcançando sua capacidade.

Ao usuário também é recomendado que se cobre o custo de parte das obras. Uma parte dos custos do sistema de coleta e dos interceptores deveria ser cobrada pelo seu uso. A maior parte dos gastos fixos da estação e, em maior proporção ainda, os gastos de operação da estação deveriam ser atribuídos aos usuários, já que se originam do uso que eles fazem dessas obras.

c) Distribuição dos custos em proporção aos benefícios e usos

A determinação das partes proporcionais das obras e dos custos que podem ser imputados aos usuários e beneficiários, pode ser efetuada com certa precisão durante o período de construção ou mesmo posteriormente. Assim, um sistema recém-construído presta um serviço direto às propriedades e, conseqüentemente, seus custos deveriam ser imputados às mesmas.

No caso de interceptores, é possível a determinação e distribuição da porção do custo imputável à propriedade (água de infiltração, capacidade futura, uso público, etc.) e da que é imputável ao usuário (esgotos sanitários, efluentes líquidos industriais).

No caso das estações de tratamento, suas diversas partes são afetadas tanto pelo volume como pelas características das águas residuárias. Os custos das estações de bombeamento e dos tanques de sedimentação estão relacionados principalmente com o volume. Já nos processos de oxidação, o principal fator é

o conteúdo de matéria orgânica, enquanto nos processos de disposição final dos lodos os custos são afetados pelo conteúdo dos sólidos. Analisando desta maneira cada uma das unidades das obras do sistema de esgotos, é possível, em primeiro lugar, distribuir as diversas partes entre os usuários e beneficiários (propriedades), em função dos gastos que as mesmas originam.

Uma vez determinada a parcela que será atribuída aos beneficiários, é possível estabelecer um plano das taxas a serem cobradas aos beneficiários com base no comprimento da frente da propriedade, da área, ou do valor cadastral, sendo este o mais usual.

A distribuição entre os usuários pode ser efetuada em função do volume dos efluentes, do conteúdo da matéria orgânica (representada pela DBO) e do conteúdo de sólidos em suspensão. A demanda de cloro, conforme a situação, pode ser empregada isoladamente ou em conjunto com o conteúdo da matéria orgânica.

Tendo em vista o propósito de se obter o procedimento mais adequado na cobrança de taxas e tarifas para os usuários e beneficiários (doméstico, comercial e industrial), é indispensável considerar o assunto como um todo e não simplesmente do ponto de vista de uma só classe.

Por último, vale repetir que para o estabelecimento de uma política tarifária justa a condição básica e essencial é que tanto os usuários como os beneficiários contribuam adequadamente na produção da receita necessária. Uma vez efetuada esta divisão eqüitativa, a distribuição entre os mesmos numa estrutura tarifária resulta num detalhe simples, porém importante.

7. CONCLUSÕES

O presente trabalho que constitui uma contribuição ao estudo para recebimento dos resíduos líquidos industriais pelos sistemas públicos de esgotos com vista o controle da poluição das indústrias situadas nas áreas urbanas, nos permite chegar às seguintes conclusões:

1. O lançamento dos resíduos industriais nos sistemas públicos de esgotos para tratamento conjunto e disposição final nos corpos d'água receptores é o meio mais satisfatório para o seu destino. Exceções há quando os sistemas não têm capacidade suficiente para recebê-los, ou quando os despejos industriais são prejudiciais aos sistemas de esgotos, aos processos de tratamento ou ao pessoal que os opera.
2. Medidas de controle dos despejos na indústria podem torná-los compatíveis para o seu recebimento pelos sistemas de esgotos e, muitas vezes, podem resultar numa economia através da recuperação de matérias e subprodutos, redução do consumo de água e das taxas e tarifas cobradas pelas empresas concessionárias dos serviços de esgotos, para coleta, tratamento e disposição final de seus efluentes, sem contar com o aspecto positivo da redução da poluição na fonte.
3. Num estudo para adoção de uma política para tratamento conjunto dos despejos industriais-sanitários, a cooperação indústria-município na prestação de informações necessárias ao seu bom desenvolvimento é fundamental. É importante a manutenção da confiança dos processos industriais confiados às municipalidades ou às empresas concessionárias.
4. No projeto de ETE para tratamento conjunto, é recomendável que os parâmetros para dimensionamento das unidades de tra-

tamento sejam determinados em estação-piloto ou em laboratório e não os adotados para tratamento dos esgotos sanitários apenas. Para isto, devem ser tomadas amostras proporcionais dos despejos industriais e sanitários.

5. É recomendável que sejam efetuados levantamentos industriais tendo em vista a caracterização de seus efluentes e avaliação de suas cargas poluidoras para o dimensionamento das ETEs, a verificação da necessidade ou não de pré-tratamento e o estabelecimento de tarifas justas. O uso de indicadores de poluição para estes fins carece de precisão e requer experiência dos usuários, obtida através de estudos anteriores e confronto desses indicadores com os valores obtidos em cidades semelhantes, para se verificar a sua confiabilidade e adaptá-los à realidade local. O pessoal incumbido de efetuar o levantamento industrial deve estar familiarizado com todas as fases do processo de fabricação industrial.
6. O contrato municipal-industrial para prestação de serviço de esgotos, além de justo, deveria cobrir um grande número de responsabilidades e compromissos assumidos por ambas as partes, de maneira clara e precisa. Esta providência ajuda o bom relacionamento indústria-município e reduz a possibilidade de ocorrência de problemas.
7. O critério mais justo na elaboração de uma estrutura tarifária, é o proposto pelo "Comitê conjunto" norte-americano, em 1951. A utilização de fórmulas baseadas na quantidade e na qualidade dos resíduos líquidos industriais, também, pode proporcionar uma tarifa relativamente justa, quando manuseadas por profissionais competentes em política tarifária.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLEM SOBRINHO, P. - Equivalentes populacionais. São Paulo, CETESB, 1976. [Poluição das Águas - curso por correspondência].
2. AMARAL E SILVA, C. C. - Abatimento de cargas poluidoras. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública/USP, 1972. [Material didático da Disciplina Controle da Poluição do Meio III-mimeografado].
3. AMARAL E SILVA, C. C. - Indicadores de qualidade. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública/USP, 1972. [Material didático da Disciplina Controle da Poluição do Meio III - mimeografado].
4. ANDRADE, R. D. - Corrosão de condutos de concreto para esgotos: causas e remédios. [Trabalho apresentado no colóquio "Durabilidade de Concreto Armado", IPT, São Paulo, 1972].
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Elaboração de projetos de interceptores de esgotos sanitários; P-NB-568. Rio de Janeiro, 1975. [mimeografado].
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Elaboração de projetos de redes de esgotos sanitários; P-NB-567. Rio de Janeiro, 1975. [mimeografado].
7. AZEVEDO NETTO, J. M. & ALVARES, M. L. - Manual de hidráulica. 6a. ed., São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1973, v. 2.
8. AZEVEDO NETTO, J. M. & HESS, M. L. - Tratamento de águas residuárias. São Paulo, 1970. [Separata da Revista DAE].
9. BABBIT, H. E. & BAUMANN, E. R. - Alcantarillado y Tratamiento de aguas negras. Mexico, Ed. Continental, 1961.

10. BESSELLIEVRE, E. B. - Industrial waste treatment. New York, McGraw-Hill, 1952.
11. BLACK, R. H. - Disposal of industrial wastes into municipal sewers. [Trabalho apresentado ao Panel Discussion Texas Water and Sewage Works Association College Station, Texas, 1956].
12. BOLTON, R. L. & KLEIN, L. - Sewage treatment; basic principles and trends. London, Butterworth, 1971.
13. BOON, A. G. & BORNE, B. J. - Minimizing the problems of treatment and disposal of industrial effluent. [Trabalho apresentado à Conference on Preventing Industrial Pollution - Plenary session 5, London, 1971].
14. BOTELHO, M. H. C. & LYRA, P. G. - Interpretação das análises sanitárias dos despejos industriais tendo em vista seus tratamentos. São Paulo, Promon, 1975. [Trabalho apresentado ao Ciclo de Palestras sobre Avanços Tecnológicos no Controle da Poluição Industrial, INT, Rio de Janeiro, 1975].
15. BRADLEY, R. M. - Disposição dos efluentes industriais nas áreas urbanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 7º, Salvador, 1973. São Paulo, SANESP, 1973. p. 73-79.
16. BRAILE, P. M. - Despejos industriais. Rio de Janeiro, Liv. Freitas Bastos, 1971.
17. BRAILE, P. M. - A política de prevenção da poluição das águas. In: CURSO sobre poluição ar-água; apostila. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Petróleo, 1975. p. 165-73.
18. BRAILE, P. M. & LANTELME, S. P. L. - Sugestões para legislação relativa a lançamento dos despejos industriais na re

- de pública de esgotos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E INDÚSTRIA, 30, Rio de Janeiro, 1966. Rio de Janeiro, 1966.
19. BRANCO, S. M. - Alterações das características devidas à poluição. In: ÁGUA - qualidade, padrões de potabilidade e poluição. São Paulo, FESB/CETESB, 1969. p. 182-9.
 20. BRASIL. Ministério do Interior - Portaria nº 13 de 15 de janeiro de 1976. Diário Oficial da União, 23 jan. 1976 . p. 1076-7.
 21. COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE - Instruções gerais para apresentação de projetos de sistemas de tratamento de águas residuárias. São Paulo, 1976.
 22. DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK - Manual de tratamiento de aguas negras. 2a. ed., Mexico, Ed. Limusa - Wiley, 1969.
 23. ECKENFELDER Jr., W. W. - Water quality engineering for practicing engineers. New York, Barnes & Noble, 1970.
 24. ECKENFELDER Jr., W.W. & ADAMS Jr., C. E. - Design and economics of joint wastewater treatment. J. Sanit. Eng.Div., 98 (SA 1): 153-67, 1972.
 25. ELDRIDGE, E. F. - Industrial waste treatment practice. New York, McGraw-Hill, 1942.
 26. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - Combined treatment of domestic and industrial wastes by activated sludge. Washington, D. C., 1971.
 27. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - Handbook for monitoring industrial wastewater. Washington, D. C., 1973.

28. FAIR, G. M. & GEYER, J. C. - Industrial water supply and waste-water disposal. In: ———. Elements of water supply and waste-water disposal. New York, John Wiley, 1958. p. 528-53.
29. FAIR, G. M.; GEYER, J. C. & OKUN, D. A. - Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Mexico, Ed. Limusa-Wiley, 1971. v. 2.
30. FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION - The cost of clean water; industrial waste profiles; nº 1: blast furnace and steel mills. Washington, D. C., 1967. v. 3.
31. FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION - The cost of clean water; industrial waste profiles; nº 5: petroleum refining. Washington, D. C., 1967. v. 3.
32. FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION - The cost of clean water; industrial waste profiles; nº 5: canned and frozen fruits and vegetables. Washington, D. C. 1967. v. 3.
33. FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION - The cost of clean water; industrial waste profiles; nº 7: leather tanning and finishing. Washington, D. C., 1967. v. 3.
34. FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION - The cost of clean water; industrial waste profiles; nº 8 : meat products. Washington, D. C., 1967. v. 3.
35. FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION - The cost of clean water; industrial waste profiles; nº 9: dairies. Washington, D. C., 1967. v. 3.
36. FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION - The cost of clean water; inorganic chemicals industry profile .

Washington, D. C., 1970. v. 3.

37. FOMENTO ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO - Levantamento das condições sanitárias das populações urbanas do interior do Estado de São Paulo - sinopse. São Paulo, 1972.
38. FOMENTO ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO - Técnicas e normas de amostragem e de análises necessárias à aplicação do regulamento de proteção de recursos hídricos do Estado de São Paulo contra fontes poluidoras - Portaria FESB nº 4. São Paulo, 1973. [mimeografado].
39. GARBER, W. F. - Manutenção das redes de esgotos. Eng. sanit., 1: 42-9, 1968.
40. GENDA, A. - Poluição: aspectos gerais. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública/USP, 1972. [Material didático da Disciplina Saneamento do Meio II - mimeografado].
41. GEYER, J. C. - The efect of industrial wastes on sewage plant operation. Sew. Wks. J., 9: 625-34, 1937.
42. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976: dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Diário Oficial do Estado, 9 set. 1976. p. 4-18.
43. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - Decreto nº 10.755 de 22 de novembro de 1977: dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976 e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado, 23 de novembro de 1977. p. 1-4.
44. GRONINGER, W. - A fiscalização da qualidade da água com bio indicadores. In: FUNDAÇÃO IBGE - Recursos naturais, meio

ambiente e poluição. Rio de Janeiro, SUPREN, 1977. v. 2
(Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, 2).

45. GUIMARÃES, F. P. - Os principais poluentes industriais. .
[Trabalho apresentado ao Ciclo de Palestras sobre Avan-
ço Tecnológico no Controle da Poluição Industrial], INT,
Rio de Janeiro, 1975].
46. GURNHAM, C. F. - Industrial wastewater control: a textbook
and reference work. New York, Academic Press, 1971.
47. GURNHAM, C. F. - Principles of industrial waste treatment.
New York, John Wiley, 1955.
48. HESS, M. L. - Recebimento de resíduos líquidos industriais
na rede de esgotos. São Paulo, CETESB, 1976. [Poluição
das Águas - curso por correspondência].
49. HIDROSERVICE ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. - Relatório téc-
nico do plano diretor SANEGRAN: resumo. Rev. DAE, 37
(110): 32-95, 1977.
50. IMBELLI, C.; PRESSMAN, W. B. & RADLOFF, H. - The indus-
trial wastes control program in New York city. J. Wat .
Pollut. Control Fed., 40: 1981-2021, 1968.
51. IMHOFF, K. - Manual de tratamento de águas residuárias. São
Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1966.
52. IMHOFF, K. & FAIR, G. M. - Sewage treatment. 2nd. ed., New
York, John Wiley, 1956.
53. IMHOFF, K., MÜLLER, W. J. & THISTLETHWAYTE, D. K. B. - Dis-
posal of sewage and other waterborne wastes. London ,
Butterworth, 1971.
54. JORDÃO, E. P. - Poluição das águas: análise estrutural e
conjuntural. In: FUNDAÇÃO IBGE - Recurso naturais ,

meio ambiente e poluição. Rio de Janeiro, SUPREN, 1977 .
v. 2. (Série Recurso Naturais e Meio Ambiente, 2).

55. JORDÃO, E. P.; FERREIRA, R. Q. & MARCONDES, P. apud JORDÃO, E. P. 54
56. LEARY, R. D. & ERNEST, L. A. - Industrial and domestic waste water control in Milwaukee metropolitan district. J. Wat. Pollut. Control Fed., 39: 1223-31, 1967.
57. LOUREIRO, R. V. - Metodologia de efetuação de levantamentos, visando a avaliação da carga poluidora dos resíduos líquidos industriais. São Paulo, 1974. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP].
58. LUND, H. F. - Manual para el control de la contaminacion industrial. Madrid, Instituto de Estudios de Administracion Local, 1974.
59. MARTINS, J. A. - Quantidade de líquidos a esgotar. Contribuições per capita. Relação água/esgoto. Perdas e infiltrações. Estimativas das vazões. Variações de vazão. Curvas típicas. Determinação dos coeficientes para cálculo das redes. In: SISTEMAS de esgotos sanitários. São Paulo, Faculdade de Saúde Pública da USP/CETESB, 1973. p. 29-43.
60. MEJIA C. L. - El recibimiento de los residuos industriales en los sistema municipales de alcantarillado. São Paulo, 1968. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Saúde Pública da USP].
61. METCALF & EDDY - Wastewater engineering: collection, treatment, disposal. New York, McGraw-Hill, 1972.
62. THE METROPOLITAN SANITARY DISTRICT OF GREATER CHICAGO - Sew-

- age and waste control ordinance. Chicago, 1969.
63. NATIONAL ASSOCIATION OF MANUFACTURERS apud SCHROEPFER, G. J. ⁶⁸
 64. NEMEROW, N. L. - Theories and practices of industrial waste treatment. Massachusetts, Addison-Wesley, 1963.
 65. ROSKOPF, R. F. - A composite-grab of water pollution control sampling. J. Wat. Pollut. Control Fed., 40: 492-8, 1968.
 66. SANDERS, F. A. - Decision factors: separate industry or joint municipal waste treatment. In: INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE, 23th, Lafayette, Ind., 1968. Proceedings. Lafayette, Ind., Purdue University, 1968. v.2., p.1021-8.
 67. SANITATION DISTRICTS OF LOS ANGELES COUNTY - An ordinance regulating sewer construction, sewer use and industrial wastewater discharges. Los Angeles, 1972.
 68. SCHROEPFER, G. J. - Determinacion de imposiciones adecuadas por servicio para efluentes industriales. Minneapolis, Organizacion Panamericana de la Salud, 1967. [Separata traduzida de Sewage and Industrial Wastes, 23 (12): 1951].
 69. SILVA, M. O. S. A. - Análises físico-químicas para controle das estações de tratamento de esgotos. São Paulo, CETESB, 1977.
 70. VEAL, T. P. H. - The disposal of sewage. London, Chapman & Hall, 1956.
 71. VEIT, M. A. - Determinação das características dos esgotos da rede de coleta da região metropolitana de São Paulo: convênio GEGRAN/SEP/SANESP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA SANITÁRIA, 79, Salvador, 1973. São Paulo ,
SANESP, 1973. p. 147-208.

72. VICTORETTI, B. A. - Dimensões do problema brasileiro da poluição das águas. São Paulo, CETESB, 1976. [Poluição das Águas - curso por correspondência].
73. WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION - Joint treatment of industrial and municipal wastewaters. Washington, D.C., 1976.
74. WATSON, K. S. - Tentativas de una politica municipal-regional coordinada respecto al control de la contaminacion del aire y del agua. In: LUND, H. F. ⁵⁸ p. 251-82.
75. WOODRUFF, P. H. - An industrial waste sampling programme. J. Wat. Pollut. Control Fed., 37: 1223-35, 1965.
76. ZAJIC, J. E. - Water pollution; disposal and reuse. New York, Marcel Dekker, 1971. v. 1.

ANEXO 1

Modelo de questionário para "LEVANTAMENTO INDUSTRIAL"

1. DADOS GERAIS

Nome da indústria
 Endereço Data
 Cidade Bairro
 Tipo de indústria Iníc. de func.
 Pessoa entrevistada Cargo
 Horário de trabalho Horas/dia Dias/sem.
 Número de empregados no escritório e no processo

2. NATUREZA E QUANTIDADE DE MATÉRIAS PRIMAS UTILIZADAS

.....

3. NATUREZA E QUANTIDADE DOS PRODUTOS ELABORADOS

.....

4. DADOS SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA

Volume mensal, diário ou horário de água para fins de potabilidade e para as operações industriais
 Origem: Rede pública Privada Rio
 Tratamento: Tipo Capacidade

5. DADOS SOBRE OS DESPEJOS INDUSTRIAIS E SANITÁRIOS

Volume mensal, diário ou horário dos despejos sanit.
e industriais Regime de descarga
Origem dos desp. e vazões aproximadas
.....
Tratamento dos desp. indust.: Tipo
Capacidade Disposição final
Disposição dos esgotos sanit.
O local é servido por rede de esgotos ?
Amostragem: Local de coleta
..... Coletada por

6. FLUXOGRAMA INDUSTRIAL

7. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
Responsável pelo levantamento

Regulamento do Estado de São Paulo no que diz respeito à Clas
sificação das Águas e Padrões de Qualidade e de Emissão.

DECRETO N. 8.468, DE 8 DE SETEMBRO DE 1976

Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente

PAULO EGYDIO MARTINS, GOVERNADOR DO ESTADO DE SÃO PAULO, no uso de suas atribuições legais,

Decreta:

Artigo 1.º — Fica aprovado o Regulamento, anexo ao presente decreto, da Lei n.º 997 de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

Artigo 2.º — Este decreto entrará em vigor na data de sua publicação, Palácio dos Bandeirantes, 8 de setembro de 1976.

PAULO EGYDIO MARTINS

Publicado na Casa Civil, aos 6 de setembro de 1976.

Maria Angélica Galiazzi, Diretora da Divisão de Atos do Governador

ANEXO A QUE SE REFERE O DECRETO

N.º 8.468, DE 8 DE SETEMBRO DE 1976

Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de Maio de 1976, que Dispõe Sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente

TÍTULO I

Da Proteção do Meio Ambiente

CAPÍTULO I

Das Disposições Preliminares

Artigo 1.º — O sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente passa a ser regido na forma prevista neste regulamento.

Artigo 2.º — Fica proibido o lançamento ou a liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo.

Artigo 3.º — Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada nas águas, no ar ou no solo:

I — com intensidade, em quantidade e de concentração, em desacordo com os padrões de emissão estabelecidos neste regulamento e normas dele decorrentes;

II — com características e condições de lançamento ou liberação, em desacordo com os padrões de condicionamento e projeto estabelecidos nas mesmas prescrições.

III — por fontes de poluição com características de localização e utilização em desacordo com os referidos padrões de condicionamento e projeto;

IV — com intensidade, em quantidade e de concentração ou com características que, direta ou indiretamente, tornem ou possam tornar ultrapassáveis os padrões de qualidade do meio ambiente estabelecidos neste regulamento e normas dele decorrentes;

V — que, independentemente de estarem enquadrados nos incisos anteriores, tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde; inconvenientes ao bem estar público; danosos aos materiais, à fauna e à flora; prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, bem como às atividades normais da comunidade.

Artigo 4.º — São consideradas fontes de poluição todas e quaisquer atividades, processos, operações ou dispositivos, móveis ou não que, independentemente de seu campo de aplicação, induzam, produzam ou possam produzir a poluição do meio ambiente, tais como: estabelecimentos industriais, agropecuários e comerciais, veículos automotores e correios, equipamentos e maquinárias, e queima de material ao ar livre.

CAPÍTULO II

Da Competência

Artigo 5.º — Compete à Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente — CETESB, na qualidade de órgão delegado do Governo do Estado de São Paulo, a aplicação da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, deste regulamento e das normas dele decorrentes.

Artigo 6.º — No exercício da competência prevista no artigo anterior, incluem-se entre as atribuições da CETESB, para controle e preservação do meio ambiente:

I — estabelecer e executar planos e programas de atividades de prevenção e controle da poluição;

II — efetuar levantamentos, organizar e manter o cadastramento de fontes de poluição;

III — programar e realizar coleta de amostras, exames de laboratórios e análises de resultados, necessários à avaliação da qualidade do referido meio;

IV — elaborar normas especificações e instruções técnicas relativas ao controle da poluição;

V — avaliar o desempenho de equipamentos e processos, destinados aos fins deste artigo;

VI — autorizar a instalação, construção, ampliação, bem como a operação ou funcionamento das fontes de poluição definidas neste regulamento;

VII — estudar e propor aos Municípios, em colaboração com os órgãos competentes do Estado, as normas a serem observadas ou introduzidas nos Planos Diretores urbanos e regionais, no interesse do controle da poluição e da preservação do mencionado meio;

VIII — fiscalizar as emissões de poluentes feitas por entidades públicas e particulares;

IX — efetuar inspeções em estabelecimentos, instalações e sistemas que causem ou possam causar a emissão de poluentes;

X — efetuar exames em águas receptoras, efluentes e resíduos;

XI — solicitar a colaboração de outras entidades, públicas ou particulares, para a obtenção de informações sobre ocorrências relativas à poluição do referido meio;

XII — fixar, quando for o caso, condições a serem observadas pelos efluentes a serem lançados nas redes de esgotos;

XIII — exercer a fiscalização e aplicar as penalidades previstas neste regulamento;

XIV — quantificar as cargas poluidoras e fixar os limites das cargas permitíveis por fontes, nos casos de vários e diferentes lançamentos e emissões em um mesmo corpo receptor ou em uma mesma região;

XV — analisar e aprovar planos e programas de tratamento e disposição de esgotos.

TÍTULO II

Da Poluição das Águas

CAPÍTULO I

Da Classificação das Águas

Artigo 7.º — As águas interiores situadas no território do Estado, para os efeitos deste regulamento, serão classificadas segundo os seguintes usos preponderantes:

I — CLASSE 1 — águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

II — CLASSE 2 — águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (banho, esqui-aquático e mergulho);

III — CLASSE 3 — águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais;

IV — Classe 4 — águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

§ 1.º — Não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas.

§ 2.º — A classificação de que trata o presente artigo poderá abranger parte ou totalidade da coleção de água, devendo o decreto que efetuar o enquadramento definir os pontos limites.

Artigo 8.º — O enquadramento de um corpo de água, em qualquer classe, não levará em conta a existência eventual de parâmetros fora dos limites previstos para a classe referida devido a condições naturais.

Artigo 9.º — Não serão objeto de enquadramento nas classes deste regulamento os corpos de água projetados para tratamento e transporte de águas residuais.

Parágrafo único — Os projetos de que trata este artigo deverão ser submetidos à aprovação da CETESB, que definirá também a qualidade do efluente.

CAPÍTULO II

Dos Padrões

SEÇÃO I

Dos Padrões de Qualidade

Artigo 10 — Nas águas de Classe 1 não serão tolerados lançamentos de efluentes, mesmo tratados.

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

I — virtualmente ausentes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais;
- b) substâncias solúveis em hexano;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor;
- d) no caso de substâncias potencialmente prejudiciais, até os limites máximos abaixo relacionados:

1. Amônia — 0,5 mg/l de N (cinco décimos de miligrama de Nitrogênio por litro)
2. Arsênio — 0,1 mg/l (um décimo de miligrama por litro)
3. Bário — 1,0 mg/l (um miligrama por litro)
4. Cádmio — 0,01 mg/l (um centésimo de miligrama por litro)
5. Cromo (total) — 0,05 mg/l (cinco centésimos de miligrama por litro)

6. Chumbo — 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro)

7. Cobre — 1,0 mg/l (um miligrama por litro)

8. Chumbo — 0,1 mg/l (um décimo de miligrama por litro)

9. Estanho — 2,0 mg/l (dois miligramas por litro)

10. Fenóis — 0,01 mg/l (um milésimo de miligrama por litro)

11. Flúor — 1,4 mg/l (um miligrama e quatro décimos por litro)

12. Mercúrio — 0,002 mg/l (dois milésimos de miligrama por litro)

13. Nitrato — 10,0 mg/l de N (dez miligramas de Nitrogênio por litro)

14. Nitrato — 1,0 mg/l de N (um miligrama de Nitrogênio por litro)

15. Selênio — 0,01 mg/l (um centésimo de miligrama por litro)

16. Zinco — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro)

II — Proibição de presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

III — Número Mais Provável (NMP) de coliformes até 5 000 (cinco mil), sendo 1.000 (mil) o limite para os de origem fecal, em 100 ml (cem mililitros), para 80% (oitenta por cento) de, pelo menos, 5 (cinco) amostras colhidas, num período de até 5 (cinco) semanas consecutivas;

IV — Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em 5 (cinco) dias, a 20°C (vinte graus Celsius), em qualquer amostra, até 5 mg/l (cinco miligramas por litro);

V — Oxigênio Dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l (cinco miligramas por litro).

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

I — virtualmente ausentes:

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais;
- b) substâncias solúveis em hexano;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor;
- d) no caso de substâncias potencialmente prejudiciais, até os limites máximos abaixo relacionados:

Artigo 13 — Nas águas de Classe 4 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes parâmetros ou valores:

1. Amônia — 0,5 mg/l de N (cinco décimos de miligrama de Nitrogênio por litro)
2. Arsênico — 0,1 mg/l (um décimo de miligrama por litro)
3. Bário — 1,0 mg/l (um miligrama por litro)
4. Cádmio — 0,01 mg/l (um centésimo de miligrama por litro)
5. Cromo (total) — 0,05 mg/l (cinco centésimos de miligrama por litro)

litro)

6. Cianeto — 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro)
7. Cobre — 1,0 mg/l (um miligrama por litro)
8. Chumbo — 0,1 mg/l (um décimo de miligrama por litro)
9. Estanho — 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro)
10. Fenóis — 0,001 mg/l (um milésimo de miligrama por litro)
11. Fluor — 1,4 mg/l (um miligrama e quatro décimos por litro)
12. Mercúrio — 0,002 mg/l (dois milésimos de miligrama por litro)
13. Nitrato — 10,0 mg/l de N (dez miligramas de Nitrogênio por litro)
14. Nitrito — 1,0 mg/l de N (um miligrama de Nitrogênio por litro)
15. Selênio — 0,01 mg/l (um centésimo de miligrama por litro)
16. Zinco — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

II — Proibição de presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processos de coagulação, sedimentação e filtração, convencionais;

FII — Número Mais Provável (NMP) de coliformes até 20.000 (vinte mil), sendo 4.000 (quatro mil) o limite para os de origem fecal, em 100 ml (cento mililitros), para 80% (oitenta por cento) de, pelo menos, 5 (cinco) amostras colhidas num período de até 5 (cinco) semanas consecutivas;

IV — Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em 5 (cinco) dias, a 20°C (vinte graus Celsius), até 10 mg/l (dez miligramas por litro) em qualquer dia;

V — Oxigênio Dissolvido (OD), em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l (quatro miligramas por litro).

Artigo 13 — Nas águas de Classe 4 não poderão ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos seguintes valores ou condições:

I — materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais virtualmente ausentes;

II — odor e aspecto — não objetáveis;

III — Fenóis; até 1,0 mg/l (um miligrama por litro);

IV — Oxigênio Dissolvido (OD), superior a 0,5 mg/l (cinco décimos de miligrama por litro) em qualquer amostra.

§ 1.º — Nos casos das águas de Classe 4 possuírem índices de coliformes superiores aos valores máximos estabelecidos para a Classe 3, poderão elas ser utilizadas para abastecimento público, somente se métodos especiais de tratamento forem utilizados, a fim de garantir sua potabilização.

§ 2.º — No caso das águas de Classe 4 serem utilizadas para abastecimento público, aplicam-se os mesmos limites de concentrações, para substâncias potencialmente prejudiciais, estabelecidos, para as águas de Classes 2 e 3, nas alíneas "d", dos incisos I dos artigos 11 e 15, deste regulamento.

§ 3.º — Para as águas de Classe 4, visando a atender necessidades de jusante, a CETESB poderá estabelecer, em cada caso, limites a serem observados para lançamento de cargas poluidoras.

Artigo 14 — Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as Classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo de autodepuração do corpo receptor demonstre que os teores mínimos de Oxigênio Dissolvido (OD) previstos não serão desobedecidos em nenhum ponto do mesmo, nas condições críticas de vazão.

Artigo 15 — Para os efeitos deste regulamento, consideram-se "Virtualmente Ausentes" teores desprezíveis de poluentes, cabendo à CETESB, quando necessário, quantificá-los caso por caso.

Artigo 16 — Os métodos de análises devem ser os internacionalmente aceitos e especificados no "Standard Methods", última edição, salvo os constantes de normas específicas já aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

SEÇÃO II

Des Padrões de Emissão

Artigo 17 — Os efluentes de qualquer natureza somente poderão ser lançados nas águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, situadas no território do Estado, desde que não sejam considerados poluentes, na forma estabelecida no artigo 3.º deste regulamento.

Parágrafo único — A presente disposição aplica-se aos lançamentos feitos, diretamente, por fonte de poluição, ou indiretamente, através de canalizações públicas ou privadas, bem como de outro dispositivo de transporte, próprio ou de terceiros.

Artigo 18 — Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedçam às seguintes condições:

I — pH entre 5,0 (cinco inteiros) e 9,0 (nove inteiros);

II — temperatura inferior a 40°C (quarenta graus Celsius);

III — materiais sedimentáveis até 1,0 ml/l (um mililitro por litro) em teste de uma hora em "cone imhoff";

IV — substâncias solúveis em hexana até 100 mg/l (cem miligramas por litro);

V — DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/l (sessenta miligramas por litro). Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento);

VI — concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

a) Arsênico — 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro);

b) Bário — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

c) Boro — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

d) Cádmio — 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro);

e) Chumbo — 0,5 mg/l (cinco décimos de miligrama por litro);

f) Cianeto — 0,2 mg/l (dois décimos de miligrama por litro);

g) Cobre — 1,0 mg/l (um miligrama por litro);

h) Cromo hexavalente — 0,1 mg/l (um décimo de miligrama por litro);

litro);

- n) Cromo total — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);
- o) Estanho — 4,0 mg/l (quatro miligramas por litro);
- p) Fenol — 0,5 mg/l (cinco décimos de miligramas por litro);

2

- l) Ferro solúvel (Fe +) — 15,0 mg/l (quinze miligramas por litro);
- m) Fluoretos — 10,0 mg/l (dez miligramas por litro);

3

- n) Manganês solúvel (Mn +) — 1,0 mg/l (um miligramas por litro);
- o) Mercúrio — 0,01 mg/l (um centésimo de miligramas por litro);
- p) Níquel — 2,0 mg/l (dois miligramas por litro);
- q) Prata — 0,02 mg/l (dois centésimos de miligramas por litro);
- r) Selênio — 0,03 mg/l (dois centésimos de miligramas por litro);
- s) Zinco — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

VII — outras substâncias potencialmente prejudiciais, em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da CETESB;

VIII — regime de lançamento contínuo de 24 (vinte e quatro) horas por dia, com variação máxima de vazão de 50% (cinquenta por cento) da vazão horária média.

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

§ 2.º — Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizados, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um destes, ou ao conjunto após a mistura, a critério da CETESB.

§ 3.º — Em caso de efluente com mais de uma substância potencialmente prejudicial, a CETESB poderá reduzir os respectivos limites individuais, na proporção do número de substâncias presentes.

Artigo 19 — Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema público de esgoto provido de estação de tratamento, se obedecerem às seguintes condições:

- I — pH entre 5,0 (cinco inteiros) e 9,0 (nove inteiros);
- II — temperatura inferior a 40°C (quarenta graus Celsius);
- III — materiais sedimentáveis abaixo de 10 ml/l (dez mililitros por litro) em prova de sedimentação de 1 (uma) hora em "coco bnhoff";
- IV — substâncias solúveis em hexana inferiores a 100 mg/l (cento miligramas por litro);

V — concentrações máximas dos seguintes parâmetros:

- a) Arsênico — 0,2 mg/l (dois décimos de miligramas por litro);
- b) Cádmio — 0,2 mg/l (dois décimos de miligramas por litro);
- c) Chumbo — 0,5 mg/l (cinco décimos de miligramas por litro);
- d) Cianeto — 0,2 mg/l (dois décimos de miligramas por litro);
- e) Cobre — 1,0 mg/l (um miligramas por litro);
- f) Cromo hexavalente — 0,5 mg/l (cinco décimos de miligramas por litro);

litro);

- g) Cromo total — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);
- h) Estanho — 4,0 mg/l (quatro miligramas por litro);
- i) Ferro solúvel (Fe2+) — 30,0 mg/l (trinta miligramas por litro);
- j) Fenol — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);
- k) Fluoreto — 10,0 mg/l (dez miligramas por litro);
- l) Mercúrio — 0,01 mg/l (um centésimo de miligramas por litro);
- m) Níquel — 2,0 mg/l (dois miligramas por litro);
- n) Prata — 0,1 mg/l (um décimo de miligramas por litro);
- o) Selênio — 0,2 mg/l (dois décimos de miligramas por litro);
- p) Sulfeto — 50,0 mg/l (cinquenta miligramas por litro);
- q) Zinco — 5,0 mg/l (cinco miligramas por litro);

VI — outras substâncias potencialmente prejudiciais em concentrações máximas a serem fixadas, para cada caso, a critério da CETESB;

VII — regime de lançamento contínuo de 24 (vinte e quatro) horas por dia com variação máxima de 50% (cinquenta por cento) da vazão horária média;

VIII — águas pluviais em qualquer quantidade;

IX — despejos que causem ou possam causar obstrução na rede em qualquer interferência na própria operação do sistema de esgotos.

§ 1.º — Para os sistemas públicos de esgotos desprovidos de estação de tratamento, serão aplicáveis os padrões de emissão previstos no artigo 18, a critério da CETESB.

§ 2.º — No caso de óleos biodegradáveis de origem animal ou vegetal, o valor fixado no inciso IV deste artigo poderá ser ultrapassado, fixando a CETESB o seu valor para cada caso, ouvido o órgão responsável pela operação do sistema local de tratamento de esgotos.

§ 3.º — Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos individualizados, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um deles, ou ao conjunto após mistura, a critério da CETESB.

§ 4.º — A vazão e respectiva carga orgânica, a serem recebidas pelos sistemas públicos de esgotos, ficam condicionadas à capacidade do sistema existente.