

Curso de Tratamento de Águas Residuárias

MAX LOTHAR HESS ***

Engenheiro Consultor — S. Paulo

III PARTE

CAPÍTULO 19

RESÍDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIAIS — INTRODUÇÃO

19.1. — Generalidades

Os materiais submetidos aos processos industriais dão origem aos produtos, aos subprodutos e aos resíduos. Os resíduos são constituídos por aqueles materiais que não apresentam interesse comercial para a indústria e necessitam ser eliminados de alguma forma.

Os resíduos gasosos são difundidos na atmosfera. Os resíduos sólidos podem ser armazenados até que sejam removidos para outro local; às vezes são eliminados em conjunto com as descargas líquidas, e então devem ser considerados como resíduos líquidos. Quando mantidos secos, os resíduos sólidos não apresentam grandes problemas.

19.2. — Danos

Os resíduos gasosos podem dar origem à poluição atmosférica, produzindo danos materiais (corrosão das estruturas metálicas, v.g.), prejuízos à saúde (bronquite asmática, reações alérgicas) e perturbações do bem-estar (fumaças, fuligens, poeira, mau cheiro). Em muitas regiões altamente industrializadas, a incidência de morte por bronquite asmática é duas a cinco vezes maior que nas zonas circunvizinhas.

Os resíduos líquidos são conduzidos sempre a um curso de água, seja por lançamento direto, seja através de uma rede urbana de esgotos, seja por infiltração no solo. Na maior parte das vezes há, em consequência, uma alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas da água com a possibilidade de comprometer seu uso para o abastecimento público e industrial, para finalidades agrícolas, recreativas e outras.

Muitos resíduos líquidos contêm substâncias que nas águas causam a redução ou até mesmo a eliminação do oxigênio dissolvido necessário à fauna ictiológica, com a consequente mortandade dos peixes.

As descargas de óleos, corantes, tóxicos e outras impurezas perturbam o equilíbrio biológico das águas destruindo muitas vezes o plâncton — o principal alimento dos peixes, constituído por algas, protozoários, crustáceos, larvas, etc. — e afugentando a fauna aquática, que então se desloca para outras regiões.

As águas poluídas por óleos, graxas, ácidos e sólidos finos em suspensão tornam-se impróprias para a irrigação agrícola, pois podem provocar a colmatação dos solos ou alterar o seu pH, a ponto de inibir o desenvolvimento das culturas.

As águas poluídas por resíduos de galvanização e de fecularias de mandioca são tóxicas em consequência do seu teor de cianetos ou ácido cianídrico, podendo causar a morte de animais que as bebem.

(***) A partir deste número, a REVISTA DAE prossegue a publicação do Curso com a III Parte confiada ao nosso colaborador eng. Max Lothar Hess, conhecida autoridade no assunto.

O concreto é atacado pelas águas contendo sulfatos, ácidos graxos livres, gás carbônico e gás sulfídrico, de modo que as fundações de prédios, os revestimentos de canais, reservatórios e estruturas de estações de tratamento, que entram em contacto com essas águas estão sempre sendo destruídos paulatinamente.

As águas poluídas de mau aspecto, carregando objetos flutuantes ou matérias em suspensão, apresentando mau cheiro, cor escura, manchas de óleo, opacidade ou contendo substâncias irritantes à pele são impróprias para as atividades recreativas ou desportivas.

Grandes quantidades de matéria orgânica vegetal ou animal lançadas aos rios e lagos, podem produzir depressão do oxigênio com aparecimento de fenômenos sépticos: maus odores, bancos de lodo e crostas em decomposição, mau sabor da água, cor enegrecida, proliferação de bactérias filiformes (*Sphaerotilus natans*) e de larvas de insetos (*Tubifex*, *Chironomus*), espuma, interceptação da luz solar necessária à fotossíntese, agressividade às estruturas metálicas e de concreto, obstrução de encanamentos e outros inconvenientes.

Quantidades imperceptíveis de fenóis na água, da ordem de uma parte por um bilhão, podem torná-la imprópria para o abastecimento urbano, pelo gosto detestável que adquire quando desinfetada com cloro. Minúsculas quantidades de certos corantes como a rodamina e a fluoresceína podem ser detectadas na água, a olho nu, em diluição inferiores a um por dez bilhões (1 mg/10 m³).

Resíduos quentes podem elevar sensivelmente a temperatura das águas receptoras, diminuindo a solubilidade do oxigênio, impedindo a existência de plâncton e favorecendo a proliferação de organismos anaeróbios termófilos.

Pode-se dizer que qualquer despejo industrial é suscetível de produzir dano ao curso receptor, podendo os efeitos prejudiciais ser atenuados ou agravados de acordo com o grau de diluição.

19.3 — Origem dos resíduos líquidos industriais.

São raras as indústrias que não usam água nos processos de fabricação. As fábricas de móveis, as pedreiras e as tipografias pertencem a este caso.

Via de regra a água é utilizada para o preparo de soluções e suspensões, para provocar o contacto entre reagentes e matérias primas, para o transporte e separação de material, para a lavagem de produtos, pisos e aparelhos, para a refrigeração e aquecimento, para usos higiênicos e outros. A não ser nos casos de incorporação de água ao produto (fábricas de bebidas, gelo, conservas, produtos farmacêuticos e químicos), após o seu emprêgo, a água é lançada fora, praticamente sem redução apreciável de volume. Ao ser descartada leva junto consigo parte dos materiais com que entrou em contacto e que não puderam ser retidos ou que não é interessante ou econômico reter. Frequentemente estas águas contêm também uma parte dos reagentes ou dos produtos. Nestes casos pode

19.4 — Volume dos resíduos líquidos industriais.

19.4. — Volume dos resíduos líquidos industriais

A quantidade de despejos de uma indústria é praticamente igual ao consumo de água. As perdas são muito pequenas, quando muito chegam a 5%. Mesmo nas indústrias de bebidas, a água utilizada na lavagem de garrafas é tão grande que se pode desprezar a quantidade incorporada ao produto. No caso das cervejarias, por exemplo, a fabricação de um litro de cerveja consome cerca de 20 litros de água.

No caso de laticínios, o volume de despejo é um pouco superior ao consumo de água, pois deve ser acrescentado ainda o volume de soro do leite.

Nas fábricas de papel há perdas por evaporação: antes de entrar nas calandras, o produto contém 50% de água que é evaporada. Porém, como nestas indústrias o consumo de água por unidade de peso de produtos é muito elevado, da ordem de 200 l/kg ou mais, as perdas podem ser negligenciadas.

A indústria do gelo pode ser considerada a única em que há grande desproporção entre o consumo de água e o volume de despejos: a água das salmouras de refrigeração praticamente não se perde; a da refrigeração das serpentinas é recirculada; a utilizada na fabricação de gelo é retida completamente. Porém, em virtude da própria natureza da indústria, as águas residuárias são inócuas sob o ponto de vista sanitário.

Nas coquearias (indústrias de coqueificação da hulha) há grandes perdas por evaporação na operação de apagamento do coque incandescente. Nesta operação podem ser perdidos até 40% da água utilizada. Como, porém, geralmente as coquearias recuperam gás, amoníaco, benzol e outros produtos, que consomem grandes quantidades de água, no conjunto as perdas raramente ultrapassam os 15%.

A equivalência entre os volumes de água consumida e de água residuária não deve ser confundido com equivalência das vazões. Em virtude da existência de processos descontínuos, durante a fabricação, de operações intermitentes e outros fatores de variação, embora as quantidades sejam as mesmas, as vazões da água consumida e dos resíduos líquidos podem diferir muito, e as medidas de vazão de uma não podem ser assimiladas às medidas de vazão das outras.

O conhecimento exato das quantidades e vazões de águas residuárias é indispensável para o dimensionamento adequado das unidades de tratamento, e valores estimativos podem conduzir ao insucesso, quando considerados muito pequenos, e ao desperdício, quando muito elevados.

19.5. — Concentração dos resíduos

Há indústrias que trabalham com elevadas quantidades de água por unidade de peso de produto, a fim de obter uma manufatura de melhor qualidade. Um caso típico é a indústria de papel, em que o consumo de água em média é o seguinte:

Papéis finos para escritórios	1000 l/kg
Papel para imprensa	500 l/kg
Papel higiênico, papel mata-borrão	400 l/kg
Papel de jornal	200 l/kg
Papel de embrulho	120 l/kg

O consumo de água em indústrias congêneres pode ser muito diferente. Fábricas de bebidas, por exemplo, que recebem de volta garrafas de pequenas cidades, têm gasto de água muito superior ao das indústrias que as recebem das capitais ou de grandes centros consumidores, pois nestas, o vasilhame retorna mais rapidamente e conseqüentemente se suja menos, exigindo menos água para a sua lavagem.

O maior ou menor cuidado nas operações de lavagem, o maior ou menor desperdício, o maior ou menor reaproveitamento da água nas várias fases da produção, podem dar como consequência despejos de concentração muito diferente para o mesmo tipo de indústria.

As vezes podem ser utilizados os dados encontrados pelo exame dos despejos de uma indústria, adaptando-os para outra congênere, se forem conhecidos os consumos de água e a quantidade de produtos de cada uma. Entretanto é um procedimento perigoso que poderá acarretar o insucesso.

É sempre preferível gastar um pouco de tempo e de dinheiro com a investigação particular de cada caso.

19.6. — Natureza dos resíduos

As substâncias que impurificam a água usada nas indústrias podem ser não apenas sólidas, mas também líquidas e gasosas. Entre as líquidas podem ser

citados os óleos e solventes; entre as gasosas, o gás carbônico, o ácido sulfídrico, o amoníaco.

Mas sempre são os sólidos, que sob a forma de matéria em suspensão grosseira, de colóides ou de substâncias dissolvidas, os que preocupam mais, quer pelos danos que provocam, quer pela quantidade de material a ser removido, quer pela dificuldade de sua remoção.

Costuma-se classificar as substâncias poluidoras em duas grandes classes: as de natureza orgânica e as de natureza inorgânica. Não é uma classificação acadêmica, e sim de finalidade prática, que se relaciona com o tipo de tratamento que cada uma das classes exige. Em particular, as substâncias orgânicas, via de regra, são suscetíveis de tratamento biológico, isto é, por meio de organismos vivos; as outras, via de regra, não o são. Esta classificação está sendo substituída aos poucos pelo critério da biodegradabilidade, que significa a maior ou menor acessibilidade de determinada substância ao metabolismo celular. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO ou BOD) é um caso particular de medida de biodegradabilidade.

A DBO modernamente é considerada um parâmetro de valor discutível ou mesmo nulo no caso de muitos despejos industriais, valendo tão somente para caracterizar os resíduos que forem prejudiciais pela sua avidéz pelo oxigênio dissolvido na água.

Não tem qualquer valor a determinação da DBO de resíduos que contenham agentes tenso-ativos (detergentes) de despejos tóxicos, de redutores inorgânicos, de óleos, ácidos, corantes, de reagentes minerais, de materiais microfibrosos, corrosivos, radiativos e tantos outros, que têm que ser caracterizados por outros parâmetros.

Um parâmetro muito utilizado é o "equivalente populacional", ou o "número equivalente de habitantes", e que é indicado numericamente pelo número de vezes que deve ser diluído um determinado volume de despejo industrial para produzir o mesmo dano que um volume igual de esgoto doméstico. Existem diversas tabelas de equivalentes populacionais, que simplificam muito o dimensionamento de estações de tratamento de despejos líquidos. Entretanto, devem ser empregadas com muitas precauções, e somente na impossibilidade de se obterem dados diretos, como, por exemplo, no caso de se elaborar o projeto da estação depuradora durante a fase de construção da indústria, ou quando a mesma estiver com alguma seção importante temporariamente fora de operação.

19.7 — Resíduos de natureza predominantemente inorgânica.

Muitas indústrias produzem resíduos líquidos cujos constituintes pertencem à química inorgânica. Pertencem a esta classe as indústrias mecânicas, metalúrgicas, automobilísticas, as oficinas de galvanização, muitos ramos da indústria química (soda, ácidos, pigmentos, cloro, fertilizantes, etc.), a indústria de materiais de construção (cerâmica, vidro, cimento, cal), a indústria extrativa (carvão, pedreiras, calcáreo, caulim) e outras.

Uma característica importante destes resíduos é que os sólidos em suspensão formam lodos estáveis, isto é, não se decompõem durante ou após a secagem. Os sólidos e líquidos dissolvidos, salvo poucas exceções, não podem ser removidos, a não ser por processos muito dispendiosos (evaporação, precipitação química). Quando se trata de ácidos ou álcalis, costuma-se apenas torná-los inócuos por neutralização (v. 20.4.1), ficando os sais resultantes em solução, aumentando com isto o teor de sólidos totais. O aumento de sólidos totais inorgânicos no despejo tratado na maioria das vezes não deve ser considerado como um aumento do índice de poluição.

19.8 — Resíduos de natureza predominantemente orgânica.

Importantes ramos da atividade industrial produzem águas residuárias carregadas de substâncias orgânicas. Estão nesta categoria as indústrias de produ-

tos alimentícios, (laticínios, usinas de açúcar, matadouros, fábricas de conservas, destilarias, cervejarias, etc.) bem como as de artefatos de origem vegetal ou animal (fábricas de celulose, amidonarias, curtumes, tecelagens). Porém, além das substâncias que provêm diretamente dos organismos vivos, aparecem também compostos orgânicos de origem diferente, como os fenóis das usinas de coqueificação de hulha, as anilinas das tinturarias, os hidrocarbonetos (óleos, solventes) e os detergentes empregados em grande número de indústrias, os inseticidas, medicamentos, matérias primas para tintas, vernizes e matéria plástica, etc.

Quase tôdas as substâncias orgânicas são suscetíveis de serem assimiladas, em grau maior ou menor, pela atividade de microrganismos, e podem ser, portanto, estabilizadas ou eliminadas por tratamentos biológicos. Muitas dessas substâncias, entretanto, são atacadas apenas parcialmente pela ação dos microrganismos, como é o caso da lignina e dos detergentes. Outras substâncias são inacessíveis a essa ação, como são os óleos "minerais", que, apesar do nome, são inteiramente formados de compostos orgânicos. Há alguns compostos orgânicos que requerem microrganismos adaptados para o seu tratamento, como são os fenóis, os cianetos e outros.

As substâncias encontradas comumente nos resíduos líquidos industriais resultantes da transformação de matéria vegetal ou animal são constituídas em grande maioria de proteínas (albumina, gelatina, colagênio, serina, miosina, glúten, fibrina, caseína), de hidratos de carbono (amido, dextrina, lactose, maltose, sacarose, arabinose, celulose, glicose, dextrose) e lipídios ou gorduras (ésteres de glicerila como estearato, oleato, butirato, palmitato, linoleato, caproato, miristato, valerianato, etc. de glicerila).

As proteínas são compostos nitrogenados que, quando contidos nos despejos, são facilmente decompostos pelos microrganismos.

Os hidratos de carbono e as gorduras são compostos orgânicos formados apenas de carbono, hidrogênio e oxigênio, e exigem sempre a adição de alguma fonte de nitrogênio e de fósforo para se tornarem acessíveis ao metabolismo celular. Uma vez feita essa adição, em proporções convenientes, na maioria das vezes o tratamento também se efetua sem maiores dificuldades. Excetua-se a celulose que, embora possa ser decomposta, exige um tempo muito longo para isto.

A mistura de esgotos domésticos ou de lodo dos mesmos, aos resíduos pobres em matéria nitrogenada é uma maneira de torná-los suscetíveis de tratamento biológico.

19.9 — Técnicas de amostragem

Para se ter uma idéia segura da composição de um resíduo líquido é necessário empregar uma técnica de colheita de amostras muito cuidadosa. Uma amostra tirada ao acaso não tem valor. Quando muito pode servir para determinações qualitativas, mas não quantitativas.

É necessário conhecer certos detalhes do processo industrial a fim de programar a coleta de amostras. Quando há descargas intermitentes de despejos (tamborões de curtição, tanques de tingimento, águas de molhamento de cevada nas maltarias), é mais interessante retirar amostras momentos antes dessas descargas e medir a quantidade de água residuária na própria unidade. Cronometrando-se o tempo de esvaziamento, ter-se-á uma idéia muito mais precisa do que medindo a vazão e analisando uma amostra na canalização geral dos esgotos da indústria.

O engenheiro que especifica a retirada de uma amostra deve fazê-lo tendo em mente que os dois ou três litros de água residuária colhidos devem representar, dentro de certos limites de erro, centenas ou milhares de metros cúbicos lançados diariamente no corpo de água receptor.

Se os característicos das águas residuárias forem mal conhecidos pelo profissional encarregado do seu estudo, não há a menor dúvida que ele poderá suprir

seu desconhecimento por meio de uma amostragem criteriosa. Normalmente são representativas amostras compostas de parcelas retidas em volume proporcional à vazão do despêjo no momento da colheita.

Em algum lugar conveniente da canalização de esgotamento, pode-se instalar um vertedor conjugado a uma escala de leitura direta, a qual fornecerá indicação para o volume de resíduo a ser recolhido para formar a amostra. Ordinariamente estende-se a coleta de parcelas por um período de 24 horas ou mais, com retiradas de 15 em 15 minutos e de tal maneira a se ter no final um volume recolhido próximo de 5 litros. Esta coleta proporcional à vazão poderá ser feita por meio de amostradores mecanizados, mas na maioria das vezes basta que sejam encarregados de colheita 3 funcionários que se revezarão de 8 em 8 ou melhor de 4 em 4 horas. As amostras parciais deverão ser conservadas em gelo ou estabilizadas por pasteurização.

A precisão de qualquer análise química, física, bioquímica ou biológica jamais poderá reparar os danos que poderão advir de uma amostragem não representativa de resíduos.

O custo de uma amostragem adequada, por mais elevado que seja, reverterá centenas ou milhares de vezes em benefício da economia da obra ou da eficiência do tratamento.

19.10. — Análises de resíduos industriais

As análises de resíduos industriais devem levar em conta três aspectos importantes a serem considerados no planejamento do tratamento:

- a) a satisfação de padrões estéticos ditados pela multidão leiga que apreciará visualmente o lançamento dos despejos.
- b) a satisfação de padrões sanitários ditados pelas autoridades públicas encarregadas da fiscalização da poluição das águas.
- c) a satisfação de padrões utilitários ditados pelo uso das águas receptoras a jusante do lançamento do despêjo.

A condição (a), de natureza estética, tem um valor psicológico que não deve ser subestimado: um efluente incolor, inodoro e transparente tem garantida a sua aprovação pelo povo leigo, independentemente das demais condições.

A condição (b) implica em assuntos de ordem legal e tem que ser satisfeita a qualquer custo.

A condição (c) deve ser satisfeita toda a vez que um usuário de jusante do curso receptor seja prejudicado pelo resíduo de montante.

Do balanceamento das três condições acima resulta a programação das análises. Geralmente as condições estéticas exigem a determinação de cor e turbidez. Os padrões sanitários quase sempre exigem determinação de pH, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, sólidos voláteis, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e estabilidade ao azul de metileno. Os padrões utilitários poderão exigir uma enorme gama de substâncias, como fenóis (especialmente se a jusante houver captações para abastecimento público), detergentes, alcalinidade, cloretos, sulfatos, fluoretos, extrato por éter (gorduras e óleos), cianetos, inseticidas, substâncias corrosivas, metais pesados, radionuclídeos, nitrogênio total, amoníaco, nitratos, nitritos, proteínas (albuminas, glúten), gás carbônico dissolvido, fosfatos e outros.

Poderá ser necessário fazer provas de toxidez efetuadas em aquários com peixes mais resistentes ou mais delicados.

O profissional encarregado, ao mandar uma amostra ao laboratório, deve informar claramente quais as determinações que lhe serão de utilidade.

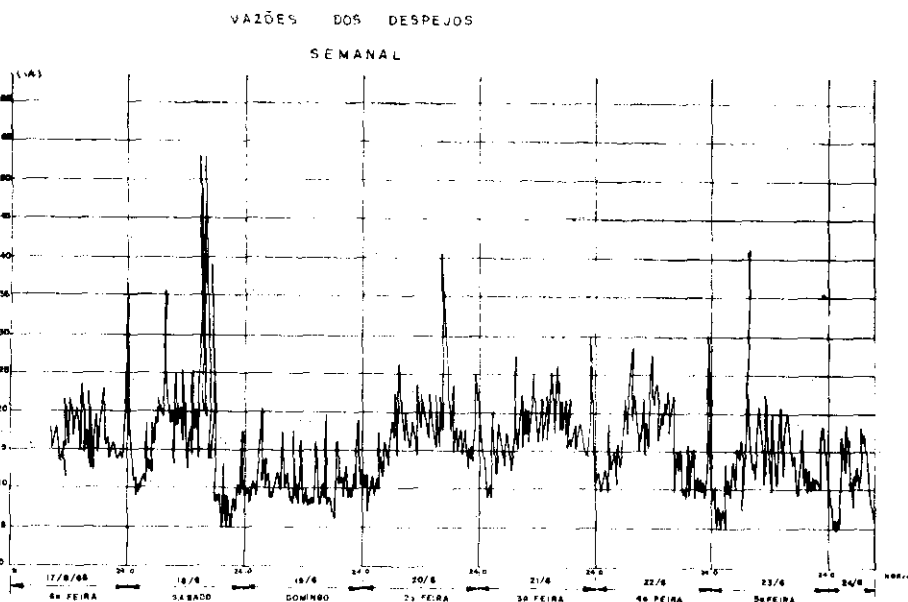
A interpretação dos resultados é a maneira de se aplicarem dados analíticos ao projeto, e aquelas determinações que não forem passíveis de utilização para esta finalidade são supérfluas e devem ser evitadas.

19.11. — Medição da vazão

Muitas unidades das estações de tratamento são dimensionadas pela vazão. Tais são os decantadores, os desarenadores, as unidades de bombeamento, as canalizações, os tanques retentores, etc. É, pois, indispensável que se tenha um conhecimento perfeito das vazões e das suas variações para se dimensionar corretamente estas unidades.

A quase totalidade das indústrias tem vazão de efluentes muito variável, o que exige cuidados especiais na obtenção desses dados. As medidas de vazão devem ser efetuadas várias vezes por dia, e durante vários dias. A frequência das observações deve ser determinada pelo profissional encarregado, para o que convém que se procure inteirar do processo de fabricação empregado na indústria, examinando os pontos de formação de resíduos.

A melhor técnica consiste em se instalar um vertedor associado a um limnógrafo (Fig. 1). Este dispositivo poderá ser instalado em um ponto conveniente de um canal aberto, de uma canalização ou de um poço de visita. O aparelho regis-



trará os níveis de água continuamente durante um tempo suficiente para se conhecer perfeitamente as características de vazão.

Na falta de um limnógrafo, pode-se fazer a leitura periódica, de uma régua limnimétrica, sendo a frequência das observações dependente da variabilidade da vazão.

A determinação da vazão habitualmente é feita com o auxílio de um vertedor triangular ou retangular, ou qualquer outro, e poderá também ser efetuada por outros processos, como pela determinação da seção de vazão e velocidade de escoamento em canais ou tubos, pelo tempo de enchimento de tanques de volume conhecido, etc.

O perfeito conhecimento deste dado é indispensável para se garantir o sucesso de uma estação de tratamento. Uma estimativa precária poderá comprometer seriamente a eficiência da instalação.

19.12. — Tipos de poluição

Para fins práticos pode-se classificar a poluição das águas em poluição física, química, fisicoquímica, bioquímica e biológica.

Exemplos de poluição física são a elevação de temperatura, o aumento de turbidez, de coloração, a presença de óleos, graxas e objetos flutuantes, o arrastamento de sólidos sedimentáveis e outros.

A poluição química pode ser exemplificada pela alteração do pH, pelo lançamento de compostos inorgânicos redutores (sulfato ferroso, sulfitos ou gás sulfuroso, cloreto estano, etc.), por fenóis, etc.

Pode-se exemplificar a poluição fisicoquímica pela presença de substâncias tenso-ativas (detergentes, sabões), pela alteração da pressão osmótica (salinidade, concentração de eletrólitos), pelo teor de solventes.

Exemplos de poluição bioquímica são a presença de tóxicos, de enzimas, de agentes irritadores da pele, de inseticidas, de substâncias que acarretam demanda bioquímica de oxigênio, etc.

São exemplos de poluição biológica a presença de microrganismos patogênicos, a proliferação excessiva de algas, a existência de larvas de moscas ou mosquitos, de vermes ou seus ovos, etc.

19.13 — Classificação das substâncias contidas nos despejos industriais

As substâncias poluidoras podem ser classificadas pelo tipo de poluição que provocam, ou pela categoria química a que pertencem. A seguir é dada uma classificação mista, de ordem prática, em que essas substâncias figuram ora pela sua função química, ora pelos tipos de poluição que provocam. Esta classificação tem utilidade na prescrição de padrões legais para a qualidade das águas receptoras, bem como para o planejamento do controle da poluição das bacias hidrográficas.

AGENTES DE POLUIÇÃO

I. Agentes físicos

I.1 — sem a presença de substâncias estranhas: temperatura

I.2 — com a presença de substâncias estranhas:

I.2.1 — Cór: V. II.4.

I.2.2 — Turbidez: colóides, sólidos não sedimentáveis, emulsões.

I.2.3 — Sólidos inertes em suspensão: fibras e sólidos sedimentáveis.

II. Agentes fisicoquímicos

II.1 — Modificadores de tensão superficial (tenso-ativos)

II.1.1 — Humectantes (glicerina, polietilenoglicol, sorbitol)

II.1.2 — Redutores da tensão superficial (detergentes, sabões)

II.1.3 — Formadores de películas (óleos, ácido oleico, gorduras)

II.2 — Modificadores da tensão osmótica (sais minerais solúveis, açúcar)

II.3 — Modificadores do estado físico (solventes, emolientes, emulgantes)

II.4 — Modificadores da cor:

II.4.1 — corantes sintéticos (anilinas e derivados)

II.4.2 — corantes naturais (ligno-sulfonatos, tanatos)

III. Agentes químicos

III.1.1 — compostos inorgânicos (minerais)

III.1.1 — Modificadores do pH:

— Ácidos (SO_2 , CO_2 , ácidos minerais)

— Bases (amoníaco, cal, soda)

— Sais hidrolisáveis (sulfidatos, boratos, silicatos, carbonatos)

III.1.2 — Modificadores do rH (potencial redox):

— Redutores (SO_2 , H_2S , FeSO_4 , SnCl_2)

— Oxidantes (Cl_2 , ClO_2 , bicromatos)

III.1.3 — Modificadores da dureza (endurecedores: sais de Ca e Mg)

III.2 — Compostos orgânicos

III.2.1 — Ácidos de baixa massa molecular (fórmico, pirúvico, acético, láctico, oxálico)

III.2.2 — Alcoois polivalentes e cíclicos (glicerina, fenóis); tióis (mercáptans); indóis (escatol)

III.2.3 — Hidrocarbonetos (óleo mineral, combustíveis)

III.2.4 — Esteres de glicerila (óleos e gorduras animais e vegetais)

IV. Agentes bioquímicos

IV.1 — Matéria orgânica inespecífica de origem animal ou vegetal, causadora de DBO

IV.1.1 — Proteínas (albumina, caseína, serina, etc.); aminácidos.

IV.1.2 — Hidratos de carbono (sacarose, amido, glicose, lactose)

IV.1.3 — Gorduras (v. III.2.4)

IV.2 — Agentes fisiológicos

IV.2.1 — Tóxicos:

— Cátions diversos: cromo, chumbo, zinco, cobre,

— Ânions diversos: cianetos, cromatos, sulfuretos, arseniatos,

— Clorados e fosforados orgânicos (inseticidas, herbicidas)

IV.2.2 — Organolépticos:

— Causadores de mau sabor: fenol, clorofenol, iodofórmio, piridina

— Causadores de mau cheiro: mercáptans, indóis, gás sulfídrico, aminas, cetonas, nitrilas.

V. Agentes biológicos

V.1 — Agentes patogênicos e teratogênicos (mutações genéticas):

V.1.1 — Microrganismos patogênicos (amebas, salmonelas, etc.)

V.1.2 — Radionuclídeos (isótopos radiativos)

V.2 — Agentes fisiológicos:

V.2.1 — Toxinas liberadas por microrganismos

V.2.2 — Enzimas liberadas por microrganismos

V.3 — Agentes ecológicos: proliferação de organismos em consequência do meio poluído (*Sphaerotilus natans*, larvas, vermes, algas, etc.)

Observando-se a classificação acima, pode-se concluir que são poucos os agentes da poluição industrial das águas em que a DBO tem importância. É necessário, na realidade, considerar que a ação prejudicial da poluição se materializa principalmente pelos efeitos seguintes:

- transmissão de moléstias;
- intoxicação de homens e animais;
- efeitos nocivos sobre a vida aquática;
- produção de maus odores e mau aspecto;
- qualidade insatisfatória da água tratada para o abastecimento;
- mau sabor dos peixes e crustáceos;
- mineralização excessiva;
- perda de valores estéticos e recreativos;
- sedimentação e formação de bancos estercoreais
- corrosividade
- exalação de gases

19.14 — Recuperação de produtos de valor comercial

Freqüentemente é possível remover dos resíduos líquidos materiais de valor comercial, que podem ser reutilizados pela própria indústria ou vendidos para outros estabelecimentos.

Exemplos de produtos recuperáveis são dados a seguir:

- Na indústria de papel: fibras miúdas de celulose;
 - Nos curtumes: sebo, retalhos de peles não curtidas (carnaça), pêlos; cal e materia orgânica para fertilizantes;
 - Nas fábricas de óleos vegetais e de sabões: parte dos produtos perdida devido à formação de emulsões;
 - Nas fábricas de celulose: a lixívia negra, usada como combustível e reaproveitamento dos reagentes contidos nas cinzas, calcário agrícola;
 - Nos laticínios: lactalbumina do sôro;
 - Nas fecularias de mandioca: amido para fins industriais;
 - Nas oficinas de galvanização: metais, principalmente cromo e cobre;
 - Nas cervejarias: fermento sêco para fins de alimentação (rico em vitamina B12);
 - Nas metalúrgicas e fábricas de pigmentos: sulfato ferroso;
 - Nas fábricas de fertilizantes superfosfatados: fluoreto de sódio;
 - Nos matadouros: sebo, sangue, farinha proteica;
 - Na indústria do açúcar e álcool: água para irrigação de canaviais, rica em potássio.
- Os lódos orgânicos quase sempre podem ser utilizados como fertilizantes.

19.15 — Recuperação de água. Recirculação. Redução do volume de resíduos líquidos

Indústrias com elevado consumo de água podem frequentemente recuperar uma parte da mesma.

A indústria de papéis finos pode recircular mais de 2/3 do total de sua água residuária.

Nas indústrias de preparação de amido, a água proveniente da lavagem final do produto pode ser empregada na lavagem dos grãos ou tubérculos dos quais é extraído.

Nas indústrias em que aparecem águas de refrigeração ou condensados de colunas barométricas, pode-se fazer a recirculação após esfriamento e expulsão dos compostos voláteis por aspersão na atmosfera (caso dos condensados dos cristalizadores das usinas de açúcar).

A recirculação não pode ser total, porque o teor de sólidos dissolvidos poderia ir aumentando até a saturação, tornando a água incompatível com o seu uso. Geralmente se introduz no ciclo uma certa porcentagem de água nova.

O reaproveitamento da água reduz o volume de resíduos líquidos a serem tratados, embora seja a mesma a quantidade de matérias poluidoras. Entretanto as unidades necessárias ao tratamento se tornam muito menores. Por êste motivo convém ter nas indústrias quatro sistemas de canalizações independentes de águas servidas: 1) esgotos domésticos (sanitários), 2) águas pluviais, 3) efluentes industriais concentrados e 4) efluentes industriais diluídos (condensados, águas de refrigeração, águas de lavagem final de produtos).

A possibilidade da recirculação de água deveria merecer sempre um estudo cuidadoso do assunto.

(Continua)