

Curso de Tratamento de Águas Residuárias

ENG. JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO
Professor Catedrático da Faculdade de
Higiene e Saúde Pública da Universidade
de São Paulo

CAPÍTULO 8

(continuação)

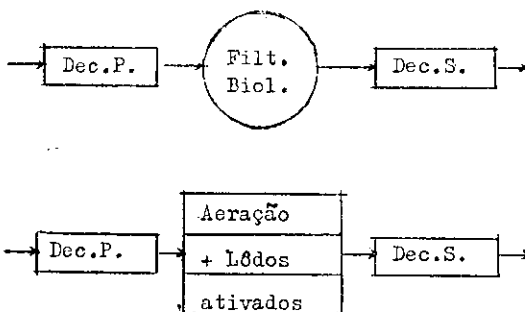
8.1 — PROCESSOS DE OXIDAÇÃO E FLOCULAÇÃO BIOLÓGICA

Os processos mecânicos de sedimentação ou clarificação das águas de esgoto, com a finalidade de separar os sólidos da fase líquida raramente reduzem a putrescibilidade dessas águas de mais de um terço. A demanda de oxigênio da águas residuárias em grande parte é devida às matérias orgânicas que se apresentam principalmente no **estado coloidal** e em menor parcela em suspensões muito finas ou em solução.

O tratamento químico pela coagulação causa a precipitação de boa parte dessa matéria putrescível, não podendo, entretanto, competir em eficiência com os denominados tratamentos “**biológicos**” ou processos de “**oxidação**”.

Nos processos de oxidação aproveita-se a ação benéfica de certos microorganismos, na presença de oxigênio livre (organismos aeróbicos, portanto), para causar nas águas de esgoto uma floculação de matérias que passaram pela decantação primária, possibilitando assim a sua remoção posterior por nova decantação (decantação secundária ou final).

Além disso processa-se a oxidação, estabilização e certa mineralização da matéria orgânica.



A função do tratamento secundário, é portanto:

- de oxidação (estabilização);
- de floculação (aglomeração).

De um modo geral, a oxidação das águas residuárias pode ser conseguida por dois processos clássicos, a saber:

Capítulos já publicados:

- Generalidades — Composição e Concentração das Águas Residuárias. Variações de Vazão (Rev. n.º 46)
- Conseqüências do lançamento das águas residuárias nas águas interiores e litorâneas (Rev. n.º 47)
- Métodos Gerais de Tratamento (Rev. n.º 48)
- Grades — Desintegradores e Trituradores (Rev. n.º 48)
- Caixas de Areia — Desarenadores (Rev. n.º 49)
- Decantadores (Rev. n.º 50)
- Decantadores não mecanizados (Rev. n.º 51)

1 — Filtração biológica.

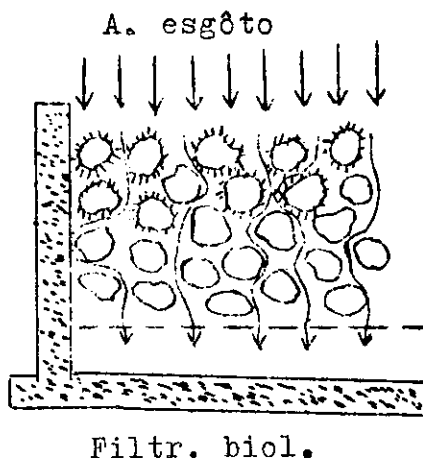
2 — Lôdos ativados.

Ambos os processos são devidos à atividade favorável de certos organismos: zoogléa.

A filtração biológica consiste em se fazer passar o líquido previamente decantado em uma camada estacionária de pedras. Essas pedras constituem o suporte para o desenvolvimento de bactérias, protozoários e outros organismos, responsáveis pela oxidação e floculação.

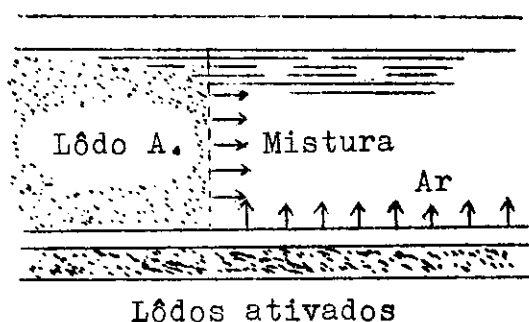
No processo de lodos ativados, descoberto na Inglaterra, faz-se passar **pele esgoto** uma verdadeira suspensão de bactérias (zoogléa), na presença de oxigênio dissolvido (ar).

Poderíamos, pois, dizer que "um filtro biológico é uma modalidade fixa de lodo ativado, enquanto que o tratamento pelos lodos ativados constitui um filtro biológico que se move através das águas residuárias durante todo o processo".



8.2 — Filtração biológica

Quando empregamos a palavra "filtro" devemos dar ênfase à ação biológica de contato. A palavra "percolador" muito usual há algum tempo vem sendo ultimamente substituída, pelo fato de exprimir e dar ênfase à ação exclusivamente mecânica (percolação).



A depuração pela filtração biológica não é devida à ação mecânica de filtrar e nem à sedimentação; está associada ao desenvolvimento de bactérias, formação de películas gelatinosas ativas, e ação de contato dessas películas.

No passado duas teorias fizeram época, teorias opostas e tendentes a explicar o fenômeno da depuração pelos filtros: as teorias de **Dunbar** e de **Hampton**. Enquanto a primeira atribuía a eficiência do processo **exclusivamente** à atividade biológica, a segunda dava ênfase à ação física.

Resumidamente o que se passa num filtro biológico explica-se por fenômenos de superfície, ações de contato e intercâmbio de substâncias, a saber:

- Alterações na concentração das águas residuárias e no filme biológico; absorção de substâncias;
- Atividade de microorganismos existentes nas películas que envolvem as superfícies do material do filtro, e ação das suas enzimas;
- Condições propícias à oxidação; o oxigênio deve ser fornecido ao meio (condições adequadas de aeração ou ventilação).

Os filtros biológicos (em francês e inglês respectivamente "lit-bacterien" e "trickling filter") constituem-se, pois, de leitos de material grosseiro (pedra britada, pedregulho etc.), sobre os quais as águas residuárias predecantadas são distribuídas.

São comuns os seguintes tipos de filtros biológicos:

- 1 — **Filtros de baixa capacidade** ("Standard" ou "Low rate"). 'Cargas de B.O.D. aplicadas até 175 gramas/m³ de camada filtrante. Geralmente não há recirculação.
- 2 — **Filtros biológicos de alta capacidade** ("High rate"). Cargas de B.O.D. geralmente superiores a 700 gramas/m³ de material filtrante. Frequentemente há a recirculação.
 - a) Filtros comuns, não patenteados.
 - b) Biofiltros, de Jenks
 - c) Aero-filtros, de Halvorsen
 - d) Filtros Accelo, da Infilco.

8.3 — Lodos ativados

Experimentalmente pode-se verificar que a agitação das águas de esgotos na presença de oxigênio dissolvido provoca a formação de **flocos** de lodo, focos êstes constituídos 1) de matérias originariamente em suspensão ou em estado coloidal e 2) bactérias e outros microorganismos. Os focos assim formados são removidos pela decantação. Se os lodos concentrados retirados de decantadores e constituídos por êsses focos fôrem retornados às águas residuárias predecantadas, observa-se que a formação de novos focos — floculação — é bastante acelerada.

Tais são os princípios em que se baseia o processo dos lodos ativados: após a decantação primária adiciona-se às águas lodos previamente formados, em proporção conveniente. Submete-se a mistura a uma agitação na presença de oxigênio (aeração) durante um período suficientemente longo para permitir a floculação das matérias em suspensão e coloidais. O material floculado é removido pela sedimentação final. Parte do lodo deve retornar ao processo.

Assim como para os filtros biológicos, duas teorias também foram estabelecidas para explicar o tratamento pelos lodos ativados: uma delas dando grande importância às ações físicas que se processam e outra atribuindo a eficiência do método exclusivamente a fatores biológicos.

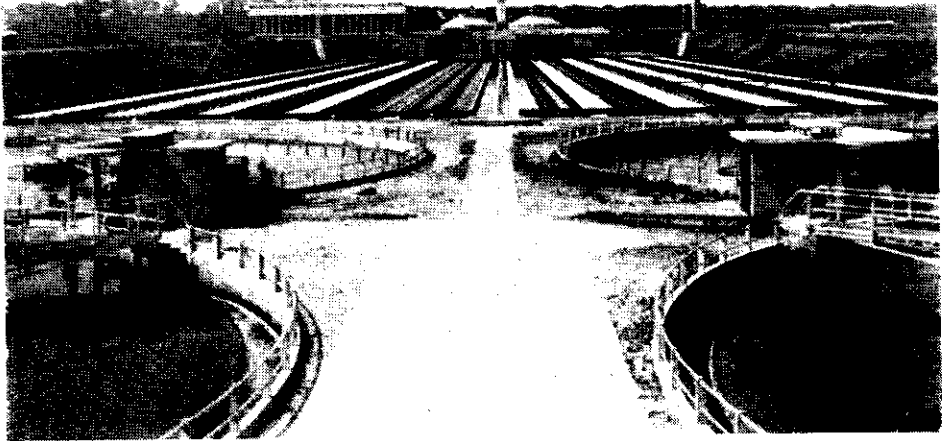
Experiências levadas a efeito revelaram que a depuração não é conseguida em meio estéril, o que demonstra que a natureza biológica do processo é preponderante. Contudo, certas ações físicas não podem ser subestimadas.

Os focos considerados em conjunto formam verdadeiras "malhas esponjosas" que apanham e prendem materiais contidos nas águas residuárias. Tais malhas de focos de lodo ativado apresentam grande superfície (estimada em 1640 m² por m³), que favorece a absorção.

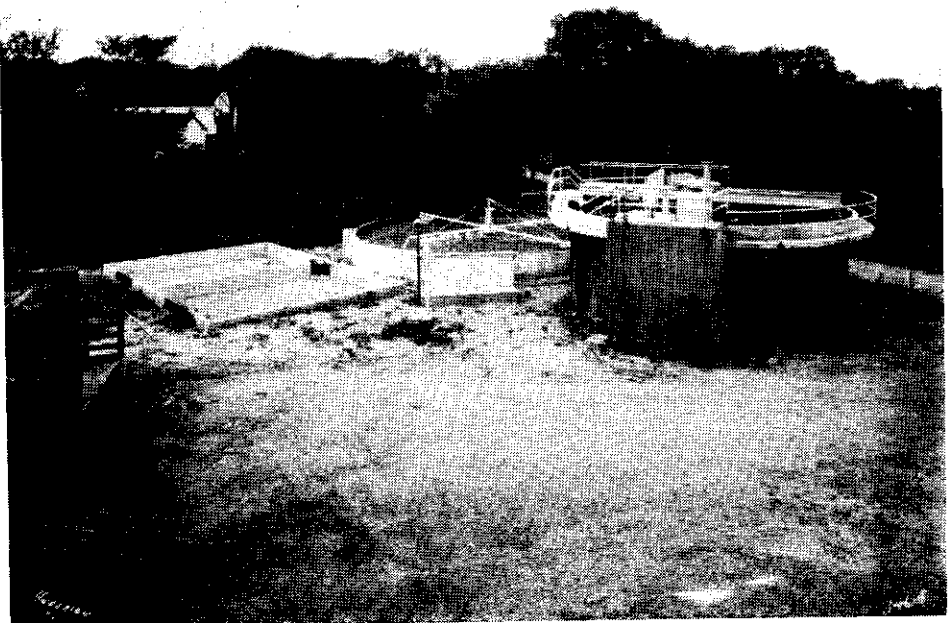
Várias são as hipóteses admitidas para explicar as ações biológicas no processo: uma delas se baseia no metabolismo das bactérias: êsses organismos se alimentam de substâncias contidas nos focos, livrando-os de certa carga e possibilitando a absorção de novas substâncias por ocasião do seu retorno.

Em condições favoráveis o processo pode permitir substancial nitrificação apresentando efluentes com teores elevados de nitritos e nitratos.

O tratamento pelos lodos ativados ("boues activées" — "activated sludge") baseia-se, pois, na aplicação de lodos de retorno, em condições adequadas, às



"Estação de Tratamento com o processo de lodos ativados" (Achères, Paris).



Pequena Estação de Tratamento de águas residuárias com filtração biológica.

águas residuárias previamente decantadas, promovendo-se em seqüência a aeração e agitação da mistura durante o tempo necessário. Os seguintes processos são usuais:

- 1 — **Processo do ar difuso:** O ar é introduzido na mistura de esgotos-lôdos sob a forma de bolhas: Placas ou tubos porosos, orifícios.
- 2 — **Aeração mecânica:** Sistema "Simplex" por exemplo. A aeração é promovida pondo-se o esgoto em contato com o ar (espargimento superficial).
- 3 — **Sistema Kessener:** Aeração e movimento promovido por escovas rotativas.
- 4 — **Sistema Sheffield:** Aeração superficial em canais agitados, por meio de pás rotativas (turbulência).

8.4 — Outros processos biológicos

Vários outros processos biológicos, de oxidação, vêm sendo empregados, particularmente para o tratamento das águas residuárias de pequenas comunidades.

Entre êsses processos incluem-se:

- 1 — **Irrigação:** Tratamento sôbre o terreno com aproveitamento agrícola ("Champs d'épandage", "sewage farms").
- 2 — **Filtros intermitentes de areia:** Aplicação descontínua em leitos múltiplos de areia.
- 3 — **Lagôas de estabilização:** Condições para o desenvolvimento de bactérias e algas.
- 4 — **Valos de Oxidação:** Aeração prolongada, por meio de escovas ou pás rotativas em valos especiais.
- 5 — **Oxidação total:** Aeração prolongada para a transformação da matéria orgânica.

8.5 — Substâncias adversas ao tratamento biológico

A presença nas águas residuárias de certas substâncias de origem industrial pode interferir com os processos biológicos comprometendo a sua eficiência.

Essas substâncias nocivas geralmente compreendem ácidos livres, óleos e combustíveis, cobre, cromo, cianetos, sulfitos, formaldeídos, boro, ferro em excesso etc.

A autoridade sanitária do Allegheny County (Estados Unidos) estabeleceu os limites seguintes para os afluentes de estações de tratamento completo:

Cobre	1,0 ppm
Cromo	3,0 ppm
Cianetos	2,0 ppm

Os efluentes que pelas suas condições não possam ser submetidos aos processos biológicos poderão ser tratados pela precipitação química.

Freqüentemente autoridades municipais exigem o tratamento prévio corretivo dos líquidos residuários nas próprias indústrias.

8.6 — Tratamento pela precipitação química

Muitas partículas finas embora em suspensão, bem como a maior parte das matérias em estado coloidal, não são removidas pela sedimentação simples. A sua remoção em grande parte pode ser conseguida pela precipitação química.

O processo é idêntico ao que se faz na purificação de água potável, com pequenas variações, devidas à natureza das águas residuárias.

A alcalinidade nem sempre encontrada nas águas naturais em teores suficientes para reagir com os compostos adicionados, freqüentemente ocorre nas águas de esgotos em proporções satisfatórias.

Os compostos de ferro são preferidos na depuração dos efluentes devido ao pH (variável nas águas de esgotos). Tais compostos não são comuns no Brasil, sendo por isso de custo elevado e aquisição difícil.

Por essa razão pode-se empregar sulfato de alumínio, com dosagens mais elevadas e resultados menos satisfatórios.

A dosagem ótima de coagulante deve ser bem determinada (ensaio de coagulação ou "jar-test"): Uma dosagem insuficiente é tão prejudicial quanto uma dosagem exagerada.

Elevando-se a dosagem pode-se melhorar a eficiência de tratamento até certo ponto, o que constitui uma grande vantagem do processo: **Flexibilidade.**

Na precipitação química das águas residuárias os coagulantes e demais produtos químicos (cal por exemplo) geralmente são aplicados por via úmida.

A sedimentação prévia é feita em alguns casos com dois objetivos: elevar a eficiência total do tratamento e reduzir o consumo de coagulante, eliminando-se previamente boa parte dos sólidos em suspensão (sedimentáveis). Entretanto, tais vantagens ou melhorias freqüentemente não justificam a decantação primária.

Por via de regra a mistura rápida e a floculação são realizadas mecanicamente. Mistura rápida: 20 a 60 segundos; Floculação: 20 a 40 minutos e até mesmo mais.

A decantação final é feita com períodos de detenção de 2 horas ou mais.

O volume de lodos obtidos pelo processo é elevado, devido não apenas ao material removido como também aos próprios produtos químicos adicionados e ao elevado teor de umidade.

A eficiência do processo não é elevada e geralmente está em torno de 65% de remoção do BOD e 80% dos sólidos em suspensão. Com dosagens mais elevadas e coagulantes convenientes pode-se chegar a remover 80% do BOD.

Aplicações: O processo é particular e vantajosamente aplicado sempre que o tratamento não fôr necessário durante todo o tempo, mas apenas em certas épocas do ano.

Por exemplo: Proteção às praias nos meses de grande freqüência; em estâncias com grande flutuação de população, nas épocas de estação; para a proteção temporária e periódica aos rios que apenas em certos meses do ano não apresentam vazão suficiente para a auto depuração de esgotos brutos ou de efluentes primários (meses de seca); tratamento de resíduos industriais existentes em certas ocasiões etc.

A precipitação química é também bastante indicada sempre que certos resíduos industriais presentes nos esgotos fôrem de ação deletéria sobre os processos biológicos.

Em condições normais, principalmente em nosso meio (mecanização e produtos químicos dispendiosos) o tratamento pela precipitação química custa relativamente muito em comparação com os tratamentos biológicos que são mais eficientes.

No Brasil, algumas instalações existentes empregam este processo, inclusive a do Ipiranga (São Paulo), onde tem sido aplicado o sulfato de alumínio com 50 a 250 ppm para resultados finais de 55 a 65% (remoção de B.O.D.).