

Principais diferenças entre Filtros Biológicos de alta capacidade Americanos e Alemães sob o ponto de vista de Conceituação, Projeto, Construção e Operação. (*)

MAX LOTHAR HESS
Engenheiro consultor — São Paulo

1. PROLEGÔMENOS.

Inicialmente vamos recapitular rapidamente o que é o filtro biológico, e qual o mecanismo do seu funcionamento. Assim compreenderemos melhor, o porquê das diferenças apontadas mais adiante.

Sob o ponto de vista construtivo, o filtro biológico não é mais do que um recipiente ventilado, cheio de pedras, sobre as quais é possível espalhar um líquido. Sob o ponto de vista funcional, é um meio de fixação de organismos vivos capazes de estabilizar a matéria orgânica perecível, ou elaborar as substâncias tóxicas dos efluentes domésticos ou industriais, através de um processo aeróbio.

As pedras que constituem o meio de um filtro biológico em funcionamento ficam cobertas por uma substância gelatinosa povoada por grande número de espécies de bactérias, fungos, algas, protozoários, vermes, larvas, etc. A maior parte destes organismos é representada pelas bactérias, seguida dos fungos. A importância das bactérias é ilustrada pelo fato de os franceses chamarem de "lit bactérien" ao filtro biológico.

A alimentação das bactérias faz-se por um processo enzimático, em que certas substâncias químicas segregadas por elas, solubilizam a matéria orgânica em suspensão verdadeira ou coloidal, assimilando-a em seguida por osmose e decompondo-a parcialmente em substâncias mais simples e menos oxidáveis. Outros fenômenos, de natureza física e físico-química se verificam no filtro, mas são de muito menor importância no mecanismo da depuração. Tais são os fenômenos de absorção, adsorção, migração de gases e outros.

A reação enzimática é uma reação de grande velocidade. As enzimas são catalisadores de origem biológica que aceleram enormemente as reações da química orgânica. São segregadas por toda a célula viva, e permitem, mesmo em quantidades mínimas, que esta realize rapidamente as ações de digestão sobre o substrato orgânico. Isto explica porque no filtro biológico se realizam os mesmos fenômenos da autodepuração dos corpos d'água, mas

a uma velocidade cem vezes maior ou mais ainda.

Vejam algumas consequências do fenômeno enzimático:

1. 1. *Oxidação*: Algumas enzimas provocam a oxidação da matéria orgânica, dando em consequência compostos orgânicos mais estáveis e compostos inorgânicos. Por sua ação, o carbono passa a gás carbônico, o nitrogênio a nitratos, o enxofre a sulfatos. As bactérias aeróbias, como são as encontradas em filtros biológicos, necessitam de ar para o fornecimento do oxigênio consumido na reação. Este ar pode ser fornecido por ventilação natural, que é o caso geral, ou por ventilação forçada, mais comumente encontrada no caso de filtros cobertos, em virtude do perigo de congelamento, ou em lugares de forte proliferação de moscas "Psychoda". É importante que o ar seja fornecido em quantidade suficiente, ou melhor ainda, em excesso, a fim de evitar o aparecimento de reações anaeróbias. Em filtros rasos, até cerca de 2 metros de altura de enchimento, via de regra basta a aeração pela superfície, mas acima disto é necessário provocar a ventilação por meio da construção adequada do fundo.

1. 2. *Tempo de detenção*. O tempo que uma partícula do efluente leva para atravessar um filtro biológico tem sido medido na Alemanha, por meio de isótopos radiativos, encontrando-se valores entre 10 minutos e duas horas, conforme a vazão, altura do meio, e outros característicos, como obstrução parcial, etc. Uma média razoável, em filtros alemães, é de 20 minutos, e em filtros muito rasos, como os americanos, 10 minutos ou menos.

Não sendo as citadas reações instantâneas, é óbvio que maior tempo de detenção acarrete maior consumo de matéria orgânica pelas bactérias, com conseqüente maior depuração do efluente. Muitas técnicas têm sido desenvolvidas neste sentido, como o enchimento feito com placas horizontais, pedras chatas, prateleiras, anéis de Raschig, etc., mas apenas duas modalidades têm subsistido até hoje, e constituem a primeira diferença entre a técnica americana e a técnica alemã, como exposto a seguir.

1. 3. *Dilatação do tempo de detenção*. Os meios para este mister, ainda empregados até hoje, são:

(*) Extraído de uma conferência pronunciada na Divisão Técnica Especializada de Engenharia Sanitária do Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, em 14.7.1959.

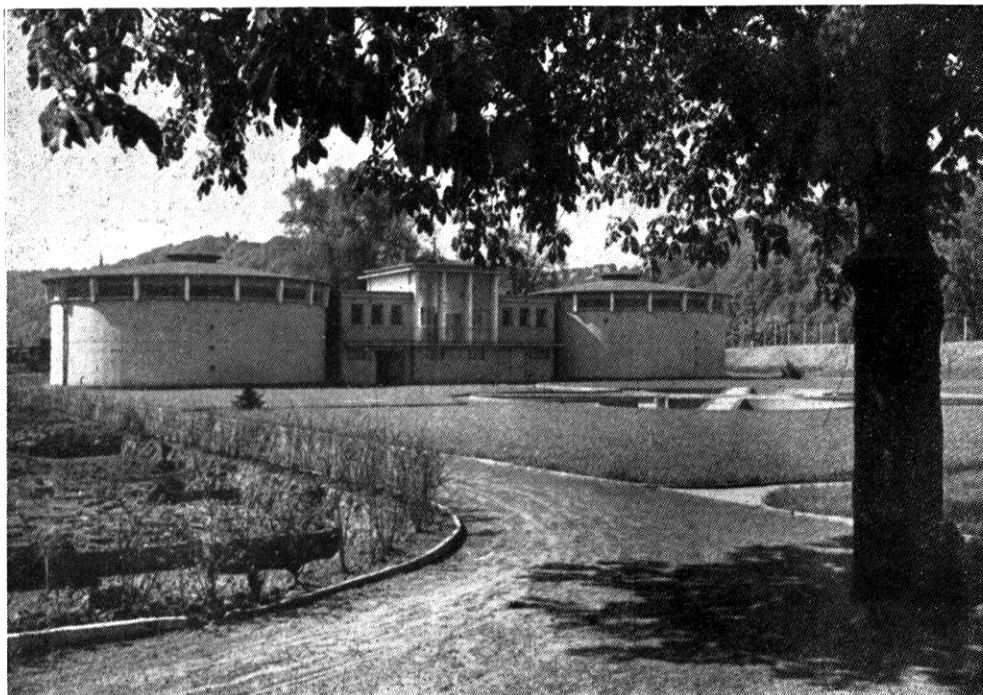


Foto: Arquivo Ruhrverband

Fig. 1 — Estação de tratamento de Wetter — Alemanha. Dois filtros biológicos com uma camada de 4 metros de meio filtrante. A arquitetura do conjunto foi objeto de particular atenção, como na maioria das estações de tratamento de esgotos da Alemanha.

a) fazer passar o efluente várias vezes pelo filtro (recirculação);

b) aumentar a altura do filtro, de tal maneira que o substrato tenha maior caminho a percorrer no interior do mesmo.

A técnica da recirculação foi abraçada pelos americanos, e a da maior altura, pelos alemães. Na realidade, essas duas modalidades não resultaram propriamente do estudo teórico das reações enzimáticas aqui expostas, e sim por motivo de adaptação às condições particulares dos esgotos americanos e dos esgotos alemães, tendo havido uma modificação progressiva. As considerações teóricas aqui feitas, servem, entretanto, para demonstrar que, apesar de terem trilhado dois caminhos diferentes, a razão está tanto com uns, como com os outros. O que vai ser dito a seguir esclarece melhor a razão de tal fato.

2. CONCEITUAÇÃO DA DEPURAÇÃO BIOLÓGICA POR MEIO DE FILTROS BIOLÓGICOS.

Queremos com isto indicar a filosofia do emprêgo desse processo, isto é, o que se pensa relativamente ao valor e méritos envolvidos. Parece fora de dúvida que os técnicos alemães dão grande valor à simplicidade da operação, aliada a uma robustez notável do filtro. Como tal, acham que não vale a pena querer aperfeiçoar muito aquilo que perderia sua característica de singeleza em benefício de resultados mais favoráveis. Por êste motivo, encontra-se

em tôdas as estações de tratamento alemãs com filtros biológicos o esquema puro e simples: tratamento primário — filtro biológico — decantador secundário. A recirculação não é empregada, salvo em casos excepcionais, porém nunca com o fito de melhorar o efluente, e sim apenas para garantir as condições mínimas de taxa de aplicação superficial. A opinião geral é que a recirculação acarreta despesas adicionais não justificáveis pela melhoria de efluente, já que, via de regra, além de instalações de recalque adicionais e aparelhamento de contrôlo mais complexo, na grande maioria dos casos há necessidade de superdimensionar os decantadores ou pelo menos parte deles.

Já os americanos acham que se pode tirar partido de uma série de vantagens da recirculação: diluição do efluente, maior uniformidade da taxa de aplicação, sementeira de microorganismos, rejuvenescimento do esgoto bruto pela introdução de nitratos e oxigênio dissolvido, melhor contrôlo do desenvolvimento de moscas, aumento da taxa de aplicação por unidade de superfície, etc. Com êstes melhoramentos têm sido obtidos resultados significativamente mais perfeitos que os de instalações sem recirculação. No fundo, todos os tipos de filtros biológicos americanos de alta capacidade têm como característica uma certa técnica de recirculação, incluída mesmo nas patentes do Bio-filtro, Aero-filtro e Accelo-filtro, com recirculação respectivamente do efluente do filtro através do decantador primário, através do decantador secundário, e, no último caso,

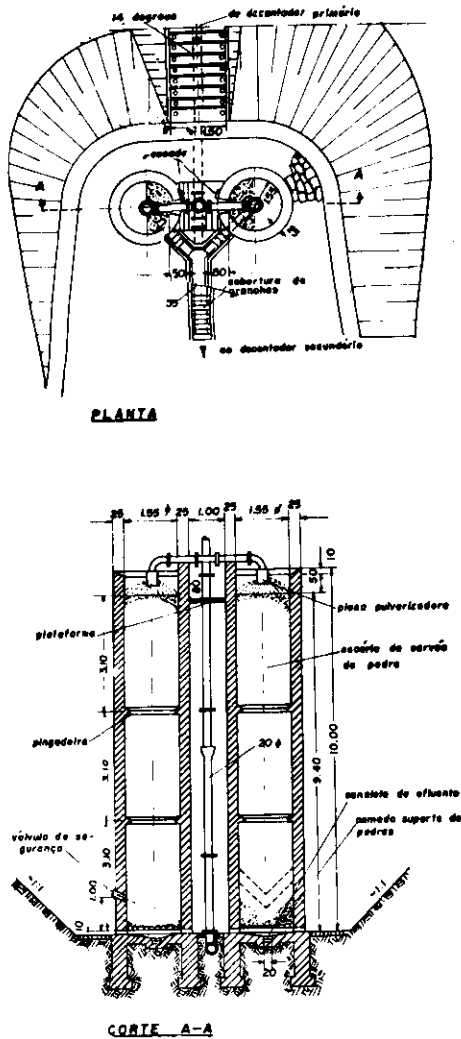


Fig. 2 — Filtros-torre (Alemanha Oriental), com 9,40 m de altura de meio filtrante. Cada unidade tem capacidade para 1500 habitantes.

independentemente dos decantadores. Há estações que empregam dois tipos de recirculação simultaneamente, quando há necessidade de dois estágios (V. fig. n.º 7).

Instalações desse tipo não existem na Alemanha.

Uma observação interessante é que, ao contrário do que se faz geralmente em todo o mundo, os sanitaristas alemães procuram obter um teor de nitratos tão baixo quanto possível no efluente das suas estações. Deve-se isto ao fato de se observar grande proliferação de algas em cursos d'água recebendo efluentes altamente nitrificados. Essa grande quantidade de algas consome oxigênio durante as horas noturnas, e após sua morte produz lódos muito putrescíveis. Mortandades de peixes já foram atribuídas a esse fato.

3. PROJETO.

Em 1936 o americano Halvorson estabeleceu que, para que um filtro biológico de alta capacidade não ficasse obstruído pelo lodo for-

mado pelo metabolismo dos microrganismos, seria necessário garantir uma lavagem do meio filtrante, o que se conseguiria mediante uma taxa de aplicação por unidade de superfície, de 0,8 m³ por m² por hora (20 mgad). É curioso constatar que os alemães obedecem quase que religiosamente a essa recomendação, ao passo que parece que os próprios americanos não dão muita importância ao fato. Muitas estações funcionam com 0,5 m³/m²/h ou mesmo menos. Talvez a profundidade muito menor dos filtros americanos tenha a sua influência. Com essa taxa de Halvorson e com a concentração relativamente elevada dos efluentes domésticos alemães, de, em média, 360 mg/l de BOD (esgoto bruto), ou 150 litros diários de efluente por habitante, a altura calculada (nunca "admitida") dos filtros biológicos de alta capacidade existentes na Alemanha varia pouco em redor de 4 metros (V. fig. n.º 1). Existem mesmo muitos filtros com a altura acima dessa medida, e, experimentalmente, chegou-se a mais de 9 metros, com resultados estupendos: medidas de BOD durante 18 meses deram 90% de redução, com uma carga volumétrica de 3,500 kg de BOD/m³/dia. (V. fig. n.º 2) Entretanto tais alturas são de custo proibitivo por motivos construtivos (maior sollicitação do solo e das paredes laterais, e maior gasto de kWh devido ao bombeamento). Na Alemanha considera-se a altura ideal sob o ponto de vista sanitário e econômico, a de 4 metros. Para esgotos domésticos brasileiros, com BOD médio de 320 mg/l (170 litros diários por habitante), a altura deveria estar em volta de 3,50 metros, para uma carga de BOD igual.

Os esgotos americanos, pelo menos os das cidades maiores, são consideravelmente mais diluídos, com BOD inferior a 200 mg/l, o que daria, mesmo sem recirculação, alturas em volta de 2 metros. Isto explica perfeitamente o porquê da menor altura dos filtros americanos, e também porque a constatação de Halvorson tem maior significação para os alemães. A conclusão daí tirada é que, quanto mais concentrados os despejos, maior deve ser a altura do filtro. É claro que a carga de BOD aplicada por unidade de volume vai influir também: maior carga, menor volume, menor altura. Em resumo: o volume do filtro é ditado pela quantidade total de BOD, ao passo que a altura o é pela concentração.

Quando não é possível alcançar a taxa de 0,8 m³/m²/h, seja nas horas noturnas, seja antes de ser atingida a população de projeto, costuma-se completar a vazão requerida pela recirculação dos efluentes finais. Neste ponto os filtros alemães se assemelham aos Aero-filtros americanos.

Os filtros elevados têm várias vantagens econômicas, não sendo de se desprezar a menor área ocupada, distribuidor rotativo mais reduzido e menor número de peças especiais do fundo.

Para calcular a relação de recirculação, os engenheiros americanos lançam mão de fórmulas relacionando-a à eficiência do filtro, ao BOD total e ao volume de meio filtrante. Representativas são as fórmulas do National Research Council e do Upper Mississippi River Board. Pelos motivos já expostos é fácil imaginar que não há paralelo na técnica alemã.

Não se deve deixar de observar que, quando a recirculação é feita através de um



Foto: Cortesia da Dorr-Oliver/Serva Ribeiro

Fig. 3 — Estação de tratamento de Lincoln, Illinois, EUA. Filtros biológicos com 1,80 m de profundidade de meio filtrante, com a superfície ao nível do solo.

decantador, quer primário, quer secundário, a vazão considerada no projeto deve ser a do próprio esgoto, acrescida da vazão recirculada, o que dá como consequência decantadores maiores.

Quanto às taxas de aplicação de BOD, não há diferença significativa entre filtros alemães e americanos, variando geralmente entre 0,5 e 1,5 kg BOD/m³/dia. Cumpre, entretanto, notar que os alemães sempre empregam nos seus cálculos o equivalente populacional, em que os resíduos industriais, quando presentes, são transformados em número de habitantes equivalentes, empregando-se certas tabelas, como a de H. Wagner, ou a de origem americana publicada no manual de Imhoff. Geralmente esses valores são baseados no BOD médio dos resíduos, mas outros fatores importantes são também considerados, especialmente a toxidez e o pH. Os filtros biológicos alemães de alta capacidade são geralmente dimensionados com a taxa de 25 equivalentes-habitante por m³, e um equivalente-habitante vale 35 g BOD/dia, o que corresponde a carregar o filtro com 0,875 kg BOD/m³/dia. Muitos sanitaristas americanos empregam método análogo.

4. CONSTRUÇÃO.

Além da diferença apontada, na altura, devida ao dimensionamento, ainda aparece entre filtros americanos e alemães diferença na construção do fundo do mesmo, visando melhorar a ventilação, devido à perda de carga maior do ar que atravessa o enchimento, que se opõe à oxidação perfeita, perda de carga

essa que cresce com a altura. Os filtros alemães sempre são construídos acima do nível do solo. Existem raríssimas exceções. Muitos filtros americanos são completamente enterrados (V. fig. n.º 3). O fundo dos filtros alemães geralmente é constituído de uma série de canaletas altas, ventiladas uma a uma pelos dois extremos, através de aberturas diretas para o exterior, sem telas nem chaminés. Por esses furos é possível examinar o fundo, e lavá-lo se fôr necessário. Essas canaletas são encimadas por peças especiais de fundo, destinadas a deixar uma grande área livre à passagem da corrente de ar, a servir de suporte ao meio e a não reter partículas de lodo formado no filtro (V. fig. n.º 5).

Nos filtros americanos emprega-se frequentemente a colocação direta das peças sobre o piso plano (V. fig. n.º 4). Existem também grelhas colocadas sobre canaletas e peças especiais que são ao mesmo tempo grelhas e canaletas. Não se nota, entretanto, como no caso das peças alemãs, a preocupação de evitar faces horizontais nas mesmas, pois aí acumulam-se montículos de lodo que entrando em fermentação anaeróbia, costumam empregar um cheiro desagradável de esgoto séptico ao filtro. Se tal prática é necessária, é discutível; o que é indiscutível é que os filtros alemães, via de regra, são inodoros.

Uma outra característica diferencial é o material de enchimento do filtro. Os americanos sistematicamente empregam granulação uniforme do topo ao fundo. Já os alemães empregam a estratificação em 3 camadas; uma inferior, de pedras muito grandes, da ordem de 15 cm de diâmetro médio, destinada a ser-

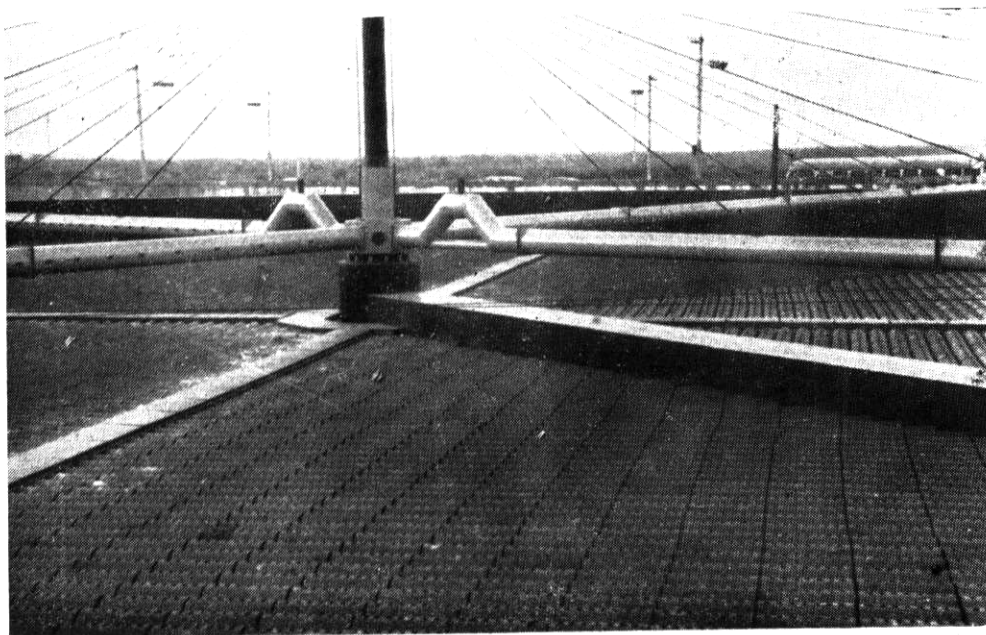


Foto: J. M. Azevedo Netto

Fig. 4 — Estação de tratamento da Penha, Rio de Janeiro. Fundo de filtro construído segundo a técnica norte-americana. O distribuidor pode funcionar com 2 ou 4 braços, conforme a vazão.

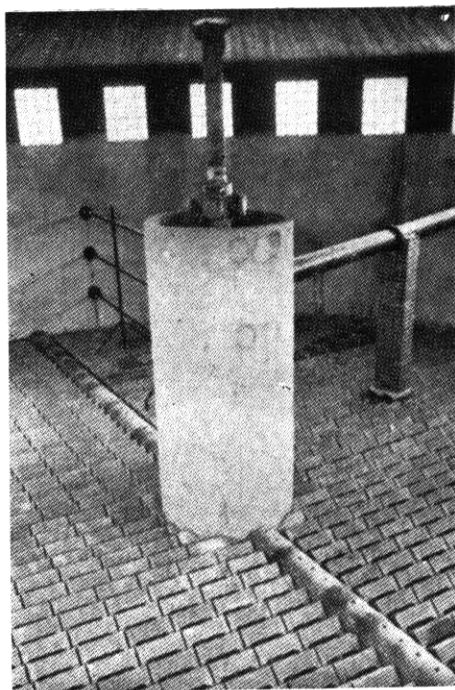


Foto: Arquivo Ruhrverband

Fig. 5 — Estação de tratamento de Kettwig — Alemanha. Fundo de filtro (antes da colocação do meio: pedras de tufo de lava) construído com diedros premoldados, colocados sobre canaletas de secção triangular. Em último plano, à esquerda, três dos nove tubos de amostragem do líquido em tratamento.

vir de intermediário entre as peças de fundo e o enchimento normal. Este, constituindo a maior camada do filtro, é encimado por uma camada superior de pedras maiores que as do meio. Esta camada superior, com cerca de 0,5 metros de espessura, destina-se a deixar interstícios mais volumosos, suficientes para abrigar, sem obstrução superficial, os organismos maiores que aí se desenvolvem, especialmente larvas e vermes.

É claro que tal estratificação só pode ter lugar em filtros altos, pois geralmente soma 1 m ou mais a espessura das camadas extremas. Talvez por este motivo não se costuma encontrar tal prática em filtros americanos.

A grande maioria dos filtros americanos tem distribuidores rotativos com 2 ou 4 braços, algumas vezes mais. Os alemães geralmente têm 6, trabalhando todos eles acima de uma certa vazão e apenas 3 nas horas de pequena vazão, especialmente à noite, nas estações em que não é completada a quantidade mínima com efluente secundário. Esta diminuição do número de braços acarreta maior velocidade de saída dos jatos, fornecendo a necessária reação para girar o distribuidor. Este refinamento é desnecessário quando se emprega a recirculação, pois a vazão pode ser mantida dentro de limites estreitos.

Uma característica de grande número de filtros alemães, especialmente os dos consórcios sanitários, é a existência de dispositivos permanentes de amostragem. Geralmente se tomam amostras de líquido a várias alturas, via de regra 3 ou 4, e a diferentes distâncias do centro (V. fig. n.º 5). Há também dispositivos de amostragem do meio filtrante, mas são

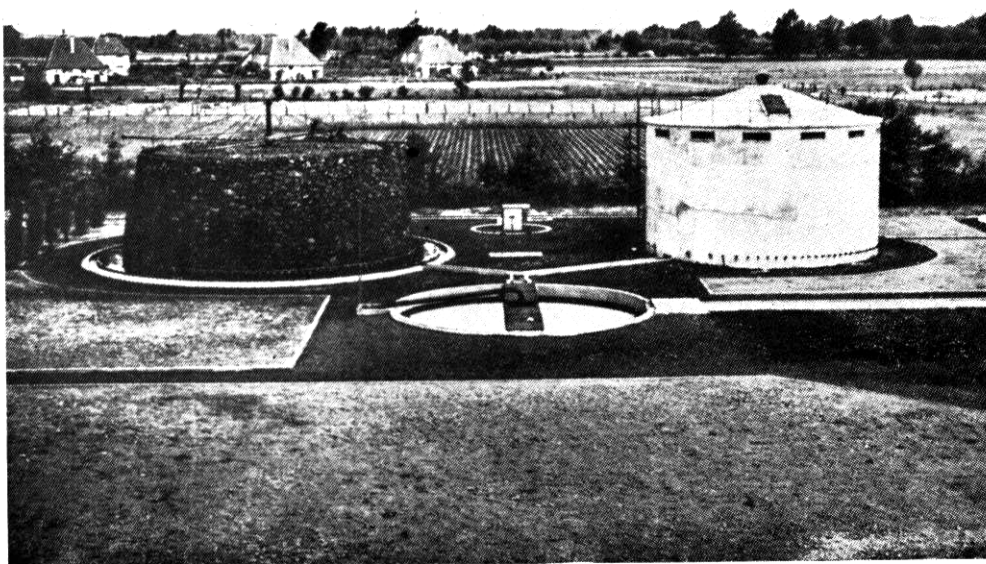


Foto: Arquivo Niersverband

Fig. 6 — Estação de tratamento de Huel — Alemanha. À direita, filtro biológico totalmente fechado, porém com ventilação natural através das aberturas superiores e inferiores. À esquerda, um filtro biológico sem confinamento.

ainda pouco empregados. Esses dispositivos de amostragem servem apenas a pesquisas, pois os resultados não podem ser empregados na operação da estação.

Uma prática frequentemente empregada pelos alemães e raríssimas vezes pelos americanos, é a cobertura dos filtros em determinadas condições. Nestes casos, via de regra, a ventilação é forçada, sendo o ar insuflado de cima para baixo, e por apenas um ventilador (V. fig. n.º 1). Em casos raros emprega-se ventilação natural nestes filtros cobertos (V. fig. n.º 6). A cobertura dos filtros é uma exceção. Só é empregada em dois casos: a) quando o rigor do inverno acarreta o perigo de congelamento; b) quando a proliferação de moscas "Psychoda" pode produzir incômodo nas vizinhanças, especialmente no caso de estações construídas nas áreas urbanas.

5. OPERAÇÃO.

As diferenças de operação são decorrentes da própria concepção do projeto. Os alemães consideram o filtro biológico como uma unidade destinada às suas finalidades com um mínimo de operação. Esta operação, em geral, limita-se a diminuir a capacidade das bombas durante as horas noturnas. O mais é conservação e manutenção do resto da estação. O controle da operação é deixado ao laboratório central da instituição a que pertence a estação. Geralmente o operador não mede coisa alguma; apenas observa com os seus sentidos e

limita-se a comunicar qualquer irregularidade. Os laboratórios de estações com filtros biológicos são muito rudimentares, limitando-se na maioria das vezes às facilidades locais necessárias ao laboratório central. O máximo que se encontra aí não passa de uma dezena de cones Imhoff, para a observação visual do efluente e do lodo, e ocasionais medidas da quantidade deste. Algumas vezes encontram-se turbidímetros. Medidas de vazão costumam ser feitas sempre por aparelhos registradores.

As estações americanas, com recirculação, na realidade não exigem muito maior operação que as alemãs, salvo o controle das vazões e maior trabalho devido ao maior número de bombas e medidores (V. fig. n.º 7). Quando a vazão de recirculação é variável, maior é a necessidade de controle. Algumas vezes os americanos empregam filtros em série ou em dois estágios, isto é, o efluente do primeiro é passado pelo segundo. Tal prática não é empregada na Alemanha.

6. CONCLUSÕES.

Pelo exposto, vê-se que tanto nos Estados Unidos, quanto na Alemanha, apesar das diferenças apontadas, todos estão certos, sendo lícito dizer-se que as técnicas foram diretamente influenciadas pela concentração dos efluentes urbanos, ou seja, pelo consumo "per capita" de água, em última análise. No Brasil, em que podemos contar pelos dedos as instalações de filtros biológicos em funciona-

