

# Curso de Tratamento de Águas Residuárias

ENG. JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO  
Professor Catedrático da Universidade  
de São Paulo

## 2.<sup>a</sup> PARTE

### CAPÍTULO XI

#### FILTRAÇÃO BIOLÓGICA

##### 10.01 — Introdução

Na filtração biológica a depuração é devida à ação de contato e não própria-mente ao trabalho de filtrar: Efeito de meio biológico.

Um filtro biológico compreende um sistema de distribuição das águas res-iduárias, pré-decantadas, sobre tôda a superfície, um leito de pedras (material grosseiro) que é atravessado pelo líquido e pelo ar, e um fundo com condições para drenar e afastar o líquido percolado e manter as condições desejáveis de ventilação.

A filtração biológica é um processo de grande simplicidade, flexibilidade e economia de operação, aplicável principalmente às pequenas e médias instalações.

##### 11.02 — Classificação

###### 1 — Com base na taxa de aplicação

Usualmente os filtros biológicas são classificados de acôrdo com a taxa de aplicação de esgotos (vazão por unidade de superfície) ou então com base na "carga" de B.O.D. por unidade de volume (carga unitária) em:

###### — Filtros de baixa capacidade ("clássicos ou convencionais"):

Taxas de aplicação: até 2,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia ou 0,025 l/s por m<sup>2</sup> ou ainda 0,93 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. dia.

Carga: até 0,200 kg B.O.D./m<sup>3</sup>.

###### — Filtros de alta capacidade ("High rate"):

Taxas de aplicação acima de 8,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia ou 0,1 l/s por m<sup>2</sup> ou ainda 3,5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> dia, e até 28,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia ou 0,33 l/s por m<sup>2</sup> ou 12,0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> dia.

Carga: acima de 0,500 kg B.O.D./m<sup>3</sup> até 1,800 kg B.O.D./m<sup>3</sup>.

###### — Filtros "grosseiros":

Taxas de aplicação e cargas superiores aos limites indicados.

Considerando que as águas de esgotos não apresentam concentrações uni-formes e constantes, e tendo em vista que os filtros biológicos podem ser projetados com diferentes profundidades, não são suficientes as indica-ções relativas às taxas de aplicação (vazão/m<sup>2</sup> de filtro ou vazão por m<sup>3</sup> de meio filtrante).

Além da classificação acima, os filtros podem ser categorizados com base em outros atributos ou critérios, entre os quais:

2 — De acôrdo com a **profundidade** (altura do leito):

- De grande profundidade.
- De pequena profundidade (ou pequena altura).

A profundidade média limite é da ordem de 1,50 m.

3 — Em função da **recirculação**:

Podem ser considerados dois tipos básicos de filtros biológicos de alta capacidade:

- Aqueles cujo trabalho fundamenta-se na recirculação.
- Unidades sem recirculação obrigatória, cujos resultados decorrem de uma aplicação contínua, uniforme e sob a forma de "chuva".

4 — De acôrdo com o **número de estágios**:

- Simples: um único estágio.
- Dupla filtração: dois estágios.
- Filtração múltipla: três ou mais estágios.

11.03 — **Detalhes técnicos**

1 — **Material filtrante**

Um filtro biológico compreende um leito de material grosso, geralmente pedra britada (granito é a melhor rocha para êsse fim), pedregulho ou cascalho. Outros materiais têm sido empregados: tijolos, escóreas, clinkers, madeira, plástico etc. (Observações feitas na Inglaterra indicaram ser o clinker mais eficiente do que o pedregulho).

As dimensões do material geralmente estão compreendidas entre 3,0 e 9,0 cm (mais comumente acima de 5 cm).

Pedras muito pequenas causam entupimentos, ao passo que pedras muito grandes apresentam menor superfície de contato.

A influência da área superficial do meio, entretanto, não é muito grande, e como a ventilação é melhorada nos filtros que empregam pedras grandes, o emprego de material mais grosseiro até certo ponto pode ser vantajoso.

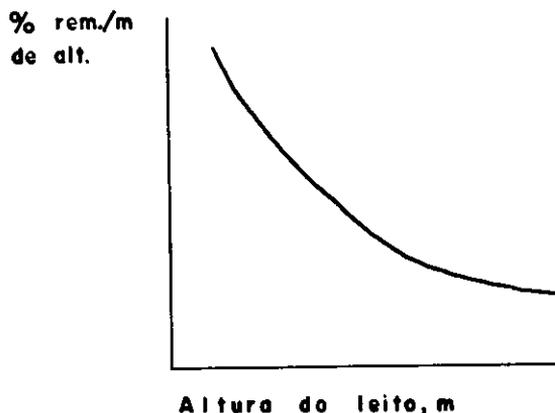
2 — **Profundidade do leito:**

A profundidade da camada filtrante geralmente está compreendida entre 0,90 e 4,00 m, a saber:

Filtros clássicos, de baixa capacidade .....	1,80 a 3,00 m
Biofiltros (alta capacidade) .....	0,90 a 1,40
Aerofiltros (alta capacidade) .....	1,50 a 2,50
Filtros Accelo (alta capacidade) .....	1,80 a 3,00
Filtros Alemães (sem recirculação) .....	3,50 a 4,50

A eficiência de um filtro relativamente à sua profundidade, expressa em porcentagens de carga removida por metro de altura, decresce com o aumento de profundidade. Pode-se admitir que cada "decímetro" da altura de um filtro remove uma certa porcentagem da carga **recebida**, de modo que restam para os "decímetros" inferiores menores quantidades de materiais a serem removidos. Por outro lado, inicialmente existe maior quantidade de substâncias de mais fácil oxidação. Por isso o trabalho de um filtro decresce com a profundidade, resultando uma profundidade limite além da qual não há conveniência.

A respeito da altura dos filtros biológicos o Eng. Max. Lothar Hess publicou uma interessante observação através da Revista DAE, n.º 37 — Junho de 1960.



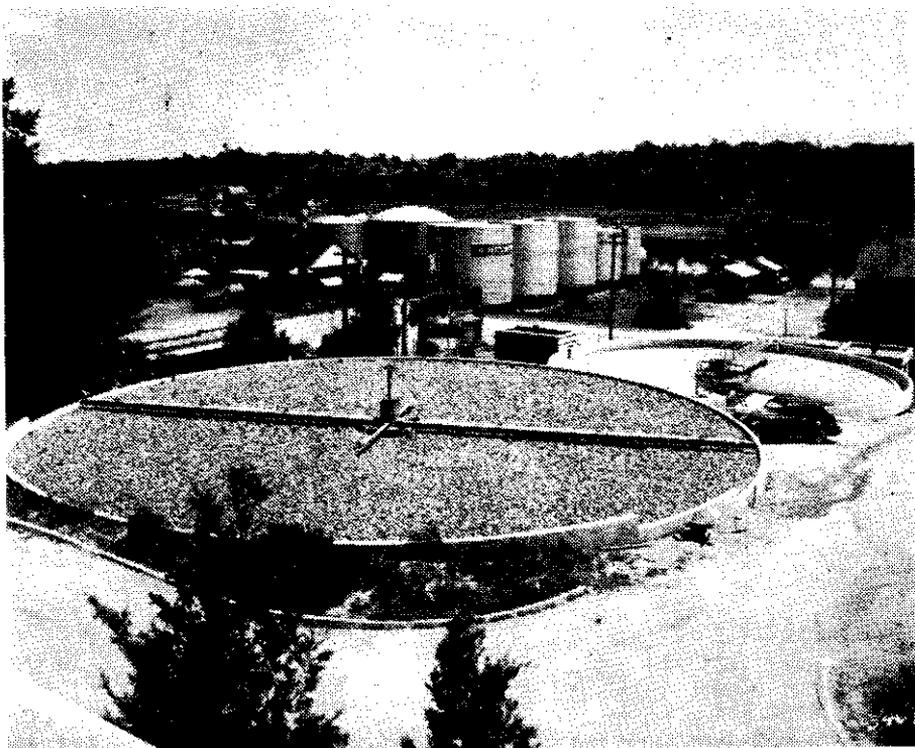
### 3 — Distribuição ou aplicação dos esgotos sôbre o filtro

Uma distribuição uniforme é essencial para o bom funcionamento de um filtro. A distribuição dos esgotos pode ser feita:

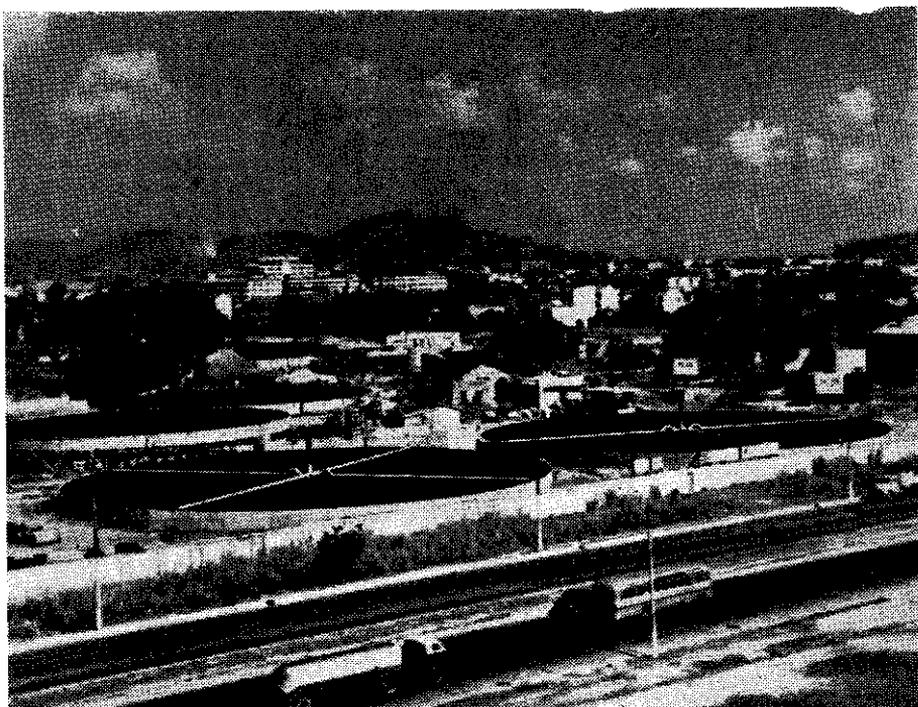
- Empregando-se bocais ou distribuidores fixos ("nozzles"), uniformemente espaçados. Para que os repuxos cubram tôda a área do filtro varia-se a carga hidráulica, empregando-se tanques fluxíveis ("sifões"). Dois tanques fluxíveis permitem maior flexibilidade.
- Usando-se distribuidores rotativos ou "Splinklers", "Rotary distributors" ou "Rotary sprinklers": Movidos pela própria ação da água, como molinetes. Dois ou mais braços perfurados. Em cada furo pode-se ter um bocal ou lâmina para espargir o líquido. Quando não há recalque e as vazões mínimas forem tais que se tornem insuficientes para garantir o movimento do distribuidor, devem ser previstos tanques fluxíveis. Havendo bombeamento as próprias bombas garantem uma vazão constante. É importante notar que a distribuição contínua é a que leva aos melhores resultados: Mantêm-se o ambiente úmido favorável às bactérias, as quais não necessitam descanso.

Cargas requeridas pelos distribuidores .....	0,30 a 1,50 m (consultar os dados do fabricante)
Altura dos braços à superfície do filtro .....	0,15 a 0,35 m
Altura livre adicional (borda da parede) .....	Mínima 0,25 m

- Por meio de discos motorizados: Para filtros com diâmetros até 10,00 m. Exigem apenas 10 cm de carga, sendo portanto convenientes quando se dispõe de pequena diferença de nível para o tratamento.  
Giram com 260 a 360 r.p.m.  
Diâmetro dos discos: 12 a 34".  
O nível d'água na unidade de sedimentação primária deve estar pelo menos 75 cm acima do nível do leito do filtro: os discos normalmente são instalados a 50 cm acima da superfície do leito filtrante.
- Com o emprêgo de outros dispositivos, que são mais comuns no caso de filtros retangulares: Dispositivos tipo vai-e-vem, acionados pela própria água (rodas d'água) ou por motores elétricos e cabos de aço: Usuais na Inglaterra.



Estação depuradora, com filtros biológicos, em fase final de construção.



Estação de Tratamento de Esotos da Penha (Filtração Biológica) RIO DE JANEIRO Guanabara

#### 4 — Cobertura dos filtros

Os filtros biológicos não requerem cobertura e na sua maioria são descobertos. Em algumas regiões, porém, há a tendência para cobri-los: Alemanha, África do Sul, Brasil, com os seguintes propósitos:

- a) Evitar o incômodo de moscas (*psychoda*).
- b) Facilitar a ventilação forçada.
- c) Melhorar o contrôle de odores.
- d) Manter melhores condições de temperatura.

Evidentemente a cobertura onera a construção, somente devendo ser adotada em casos especiais.

#### 5 — Sistema de drenagem

O fundo do filtro é feito em declive, convergindo para um canal central. A espessura dessa lage geralmente é de 0,15 m e a sua declividade comumente é de 0,5 a 2,0%, sendo maior para os filtros pequenos. O canal central deve ser projetado com dimensões adequadas para o rápido escoamento das águas e matérias aglomeradas, e com folga para a ventilação.

A secção e declividade devem assegurar uma velocidade de 0,60 m/seg ou maior.

Sobre a lage do fundo colocam-se drenos ou peças premoldadas de concreto ou de material cerâmico.

A área dos furos e aberturas dessas peças deve superar 15% da área do filtro.

Há diversos tipos de materiais para o fundo do filtro, alguns dos quais são mostrados no desenho anexo.

#### 11.04 — A “mosca” dos filtros

A “mosca” dos filtros — *psychoda alternata* — desenvolve-se nos filtros biológicos, podendo constituir-se em sério incômodo. Embora essa pequena mosca possa transportar germes patogênicos, o seu raio de ação pelo vôo é limitado. Em certas ocasiões, porém, têm sido encontradas moscas a mais de 1 km das estações de tratamento, talvez transportadas pelos ventos.

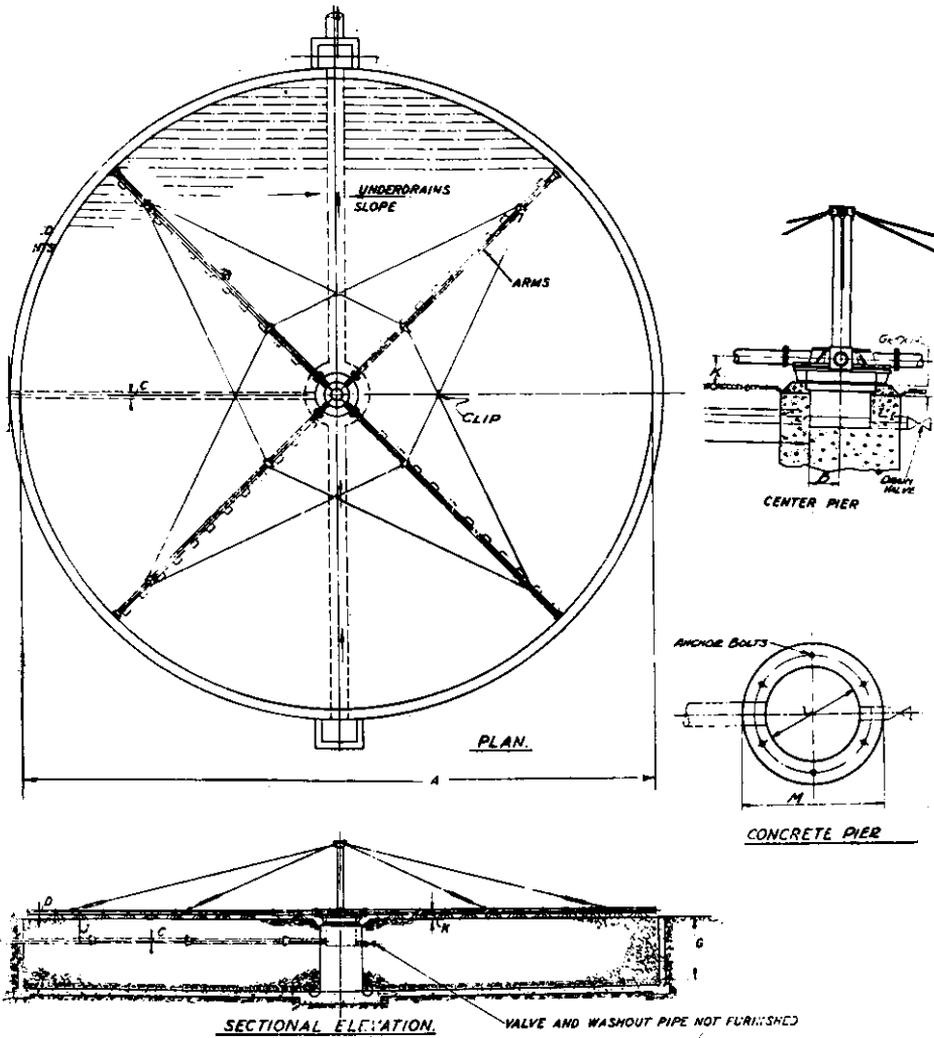
O seu ciclo vital é bastante influenciado pela temperatura ambiente. Segundo o Prof. Fair:

A 15,5.º C .....	22 dias
29,5.º C .....	7 dias

As seguintes medidas têm sido empregadas para combater ou controlar a *psychoda*:

- a) Pela inundação periódica dos filtros, construídos de maneira a tornar possível essa operação (1 dia).
- b) Pela aplicação continua de vazões elevadas (distribuição continua nos filtros de alta capacidade).
- c) Pela cobertura dos filtros.
- d) Aplicando-se produtos químicos, entre os quais o cloro e seus compostos, o D.D.T. e outros inseticidas.

Convém mencionar, entretanto, que a *psychoda* também causa algum benefício: Coopera para que o filtro não seja obstruído.



Filtro biológico de alta capacidade (Cortesia da Dorr-Oliver).

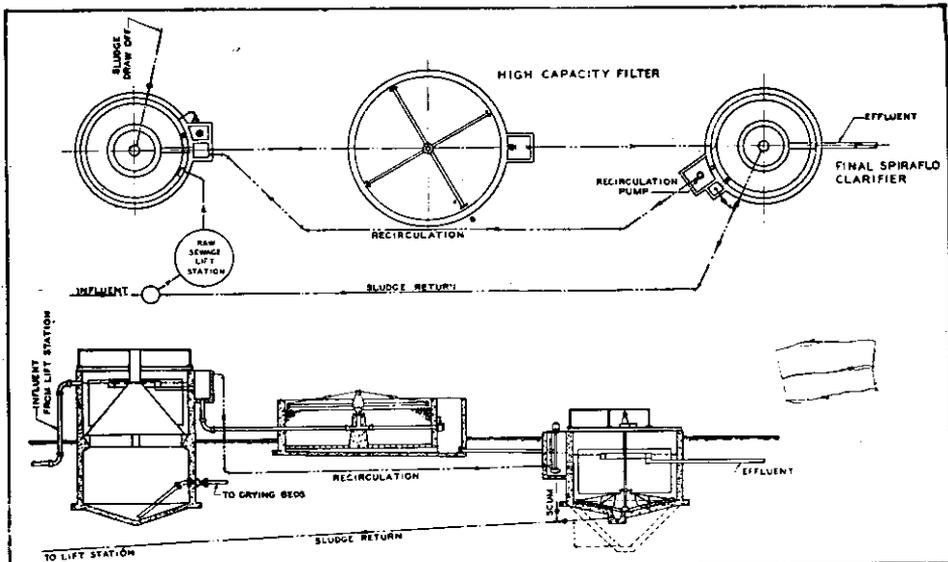


Diagrama de escoamento em uma instalação de Aero-Filtração de pequena capacidade (Cortesia da Ycomans Brothers Co.)

## 11.05 — Recirculação nos filtros

O retórno de afluentes para os filtros é um importante fator a ser considerado nas unidades de alta capacidade.

## 1 — Vantagens:

- a) Permite que a matéria orgânica passe pelo filtro mais de uma vez: Maior período de contato; O efluente retornado contém micro-organismos desejáveis.
- b) Proporciona uma diluição para os líquidos aplicados no filtro.
- c) Melhor distribuição da carga de um filtro nas 24 horas; Trabalho noturno melhor.
- d) Evita o estado séptico nos decantadores durante a noite; Reduz a formação de espuma nos decantadores primários. Possibilita a remoção contínua de lodos nos decantadores secundários, os quais se caracterizam por elevado B.O.D.
- e) Reduz e controla o desenvolvimento de moscas.

## 2 — Inconvenientes:

- a) Necessidade de bombas e instalações complementares. Consumo de energia. Problemas de operação.
- b) Decantadores maiores, a menos que seja reduzido o período de detenção. (Excessão feita para os filtros Accelo).
- c) Influência sobre a temperatura das águas, que tende a baixar.
- d) Redução na eficiência da sedimentação em consequência da diluição.

## 3 — Modalidades de recirculação e classificação dos filtros

FIGURA	MODALIDADE DE RECIRCULAÇÃO	PATENTE	DESIGNAÇÃO
	RECIRCULAÇÃO DO EFLUENTE DO FILTRO PARA O DECANTADOR PRIMÁRIO. PEQUENA PROFUNDIDADE. ALTA RAZÃO DE RECIRCULAÇÃO.	SIM	BIOFILTRO
	RECIRCULAÇÃO DO EFLUENTE DO DECANTADOR SECUNDÁRIO PARA O FILTRO. GRANDE PROFUNDIDADE. PERFEITA DISTRIBUIÇÃO. BAIXA TAXA DE RECIRCULAÇÃO, NEM SEMPRE NECESSÁRIA.	SIM	AERO-FILTROS
	RECIRCULAÇÃO DO FILTRO DIRETAMENTE PARA O FILTRO. PROFUNDIDADE MÉDIA. RECIRCULAÇÃO QUALQUER.	SIM	FILTROS ACELO
	RECIRCULAÇÃO DO DECANTADOR SECUNDÁRIO PARA O FILTRO. DISTRIBUIÇÃO COMUM. RECIRCULAÇÃO INDETERMINADA.	NÃO	FILTROS COMUNS

No que diz respeito à variação da vazão recirculada podem ser consideradas as seguintes hipóteses:

- a) Vazão de recirculação mantida constante.
- b) Vazão dos esgotos afluentes mais vazão de recirculação mantidas constante (total).
- c) Vazão de recirculação mantida constante durante a noite e eliminada durante o dia.

## 4 — Razão de recirculação

A razão ou relação de recirculação é definida por:

$$r = \frac{Q_r}{Q} \quad \begin{array}{l} Q_r : \text{vazão recirculada} \\ Q : \text{vazão do esgôto afluente (bruto)} \end{array}$$

O número de vezes que em média uma partícula de água passa pelo filtro é função de r. Para  $r = 0$ : uma vez. Para  $r = 1$ : duas vezes:

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots = 1 + 1 = 2$$

De um modo geral têm-se:

$$1 + \frac{Q}{Q+Q_r} + \frac{Q}{Q+Q_r} \cdot \left( \frac{Q_r}{Q+Q_r} \right) + \frac{Q_r}{Q+Q_r} \cdot \left( \frac{Q_r}{Q+Q_r} \right)^2 + \dots = 1 + \frac{Q_r}{Q}$$

## 5 — Fator de recirculação

Entretanto, o número médio de vezes que uma partícula d'água passa pelo filtro não deve ser confundido com o número médio de vezes que uma partícula de **matéria orgânica** passa pelo filtro, porque a matéria orgânica vai sendo removida nas unidades durante o tratamento. A quantidade de matéria orgânica disponível vai sendo reduzida, embora se mantenha constante a vazão de recirculação.

O número médio de vezes que a matéria orgânica disponível passa pelo filtro deve levar em conta um fator experimental e se denomina "**fator de recirculação**":

O "National Research Council, Committee on Sanitary Engineering", dos Estados Unidos, chegou à seguinte expressão:

$$F = \frac{1 + r}{(1 + 0,10 r)^2}$$

Razão de recirculação	N.º de vezes que uma partícula de água passa	Fator de recirculação
$r = 0$	1,0	$F = 1,00$
0,5	1,5	1,36
1,0	2,0	1,65
1,5	2,5	1,88
2,0	3,0	2,09
2,5	3,5	2,31
3,0	4,0	2,51

## 11.06 — Eficiência dos filtros. Resultados

## 1 — Eficiência dos filtros simples (um estágio ou filtros do primeiro estágio).

A eficiência de um filtro único ou então do **primeiro** filtro no caso de mais de um filtro em série, expressa em % de remoção de B.O.D. no filtro e decantação secundária pode ser determinada pela seguinte expressão obtida pelo já mencionado "National Research Council":

Em unidades métricas:

$$E_1 \% = \frac{100}{1 + 0,443 \sqrt{\frac{w}{VF}}}$$

w = kg de BOD/dia do esgoto predecantado.

V = Volume útil do filtro, m<sup>3</sup>.

F = Fator de recirculação.

Em unidades Americanas:

$$E_1 \% = \frac{100}{1 + 0,0085 \sqrt{\frac{w}{VF}}}$$

w = Libras de BOD/dia no esgoto predecantado = lbs BOD esg. bruto x (1 - 0,35)

V = Volume útil do filtro em acres-pé

F = Fator de recirculação

O BOD do efluente final de uma estação com um filtro único será:

$$BOD_{\text{final}} = BOD_{\text{esg. bruto}} (1 - 0,35) (1 - E_1)$$

Partindo-se de remoções estabelecidas ou de BOD finais fixados, pode-se recorrer às expressões acima para projeto ou dimensionamento dos filtros.

Outro método para estimativa da eficiência dos filtros biológicos foi estabelecido pelas autoridades sanitárias de 10 estados norte-americanos ("Tentative Standards").

#### B.O.D. DO EFLUENTE FINAL

BOD do esg. bruto	BOD do dec. primário	Recirculação					
		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
154	100	33	25				
192	125	41	32	25			
231	150	50	38	30	25		
270	175	58	44	35	29	25	
308	200	67	50	40	33	28	25
346	225	75	57	45	38	32	28
385	250	83	63	50	42	35	31
424	275		69	55	46	39	34
462	300		75	60	50	43	37

## 2 — Tratabilidade

Quando se consideram dois filtros em série é indispensável a introdução de um novo conceito: "tratabilidade". Esse conceito de tratabilidade do esgoto decorre do seguinte: O segundo filtro sempre recebe um líquido parcialmente purificado pelo primeiro. Os materiais mais facilmente oxidáveis são tratados pelo primeiro filtro. O que resta não é tão facilmente tratável: Daí a idéia em consideração. A tratabilidade é menor para a segunda unidade.

## 3 — Eficiência dos filtros de segundo estágio

Dois filtros em série: Para o segundo a % de remoção de BOD será:

Em unidades métricas:

$$E_2 \% = \frac{100}{1 + \frac{0,443 \sqrt{\frac{w'}{VF}}}{1 - E_1}}$$

w' = kg de BOD do efluente do primeiro filtro, após a decantação intermediária: é a carga real sobre o segundo filtro.

E<sub>1</sub> = Eficiência do primeiro filtro.

Em unidades Americanas:

$$E_2 \% = \frac{100}{1 + 0,0085 \sqrt{\frac{w'}{VF(1 - E_1)^2}}}$$

$$w' = \text{BOD em libras/dia do efluente do primeiro filtro, após decantação intermediária} = \text{BOD}_{\text{esg. bruto, lbs}} (1 - 0,35)(1 - E_1)$$

A expressão acima leva em conta a decantação final. Nessas condições o BOD final em uma estação de tratamento com filtração em dois estágios será:

$$\text{BOD}_{\text{final, 2º est.}} = \text{BOD}_{\text{esg. bruto}} (1 - 0,35)(1 - E_1)(1 - E_2)$$

### 11.07 — Principais tipos de filtros de alta capacidade

Encontram-se no mercado os seguintes tipos patenteados, de origem Americana:

- 1 — Biofiltros
- 2 — Aerofiltros
- 3 — Filtros Accelo
- 4 — Filtros comuns (não patenteados)

Dados comparativos e elementos para projeto (unidades patenteadas)

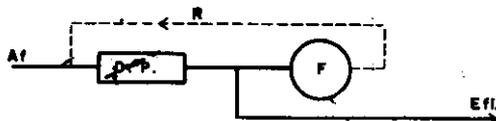
	Biofiltros	Aero-filtros	Filtros Accelo
Taxa de aplicação, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> dia	5,5 — 28,0	9,4 — 24,4	9,4 — 14,0
Carga de BOD, kg/m <sup>3</sup> camada	0,475 — 1,950	1,350	1,040 — 1,630
Profundidade, altura, m . . . . .	0,9 — 1,2	1,5 — 2,5	Acima de 1,8
Razão de recirculação . . . . .	Elevada : r > 1	Baixa : r < 1	Qualquer
Características especiais . . . . .		Ventilação forçada; Perfeita distribuição	A recirculação não afeta os decantadores.

#### 1 — Filtro de Jenks: Biofiltro

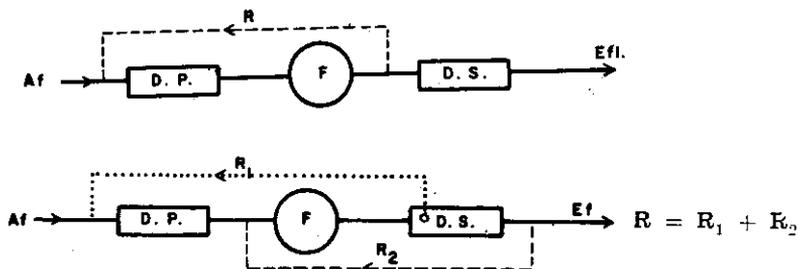
Companhias: Dorr-Oliver Co. — Link Belt Co.

Variantes:

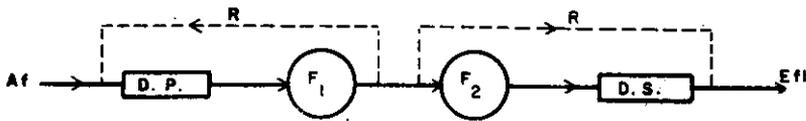
Biofiltração, um estágio, intermediário:



Biofiltração, um estágio, completa:



Biofiltração, dois estágios, completa:

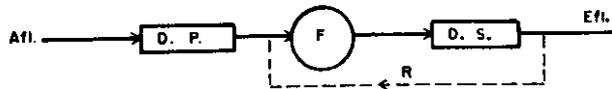


## 2 — Aero-filtros ou filtros de Halvorson

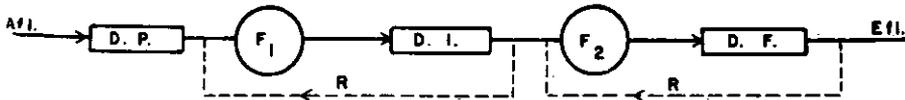
Companhias: Chain Belt. Co.; Lakeside Engineering Corpo.; Yeomans Brothers.

Variantes:

Aerofiltração simples, ou em um estágio:



Aerofiltração, em dois estágios:

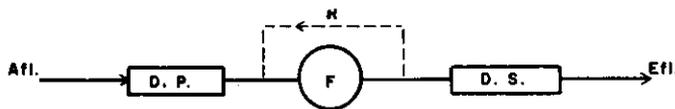


## 3 — Filtro Accelo (Infilco)

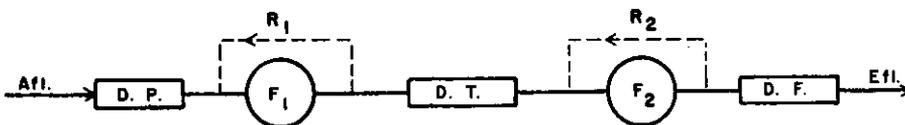
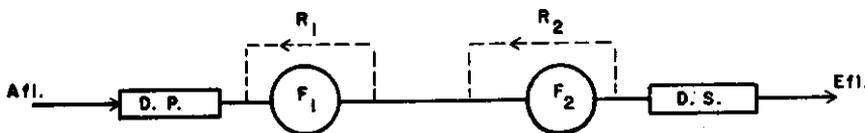
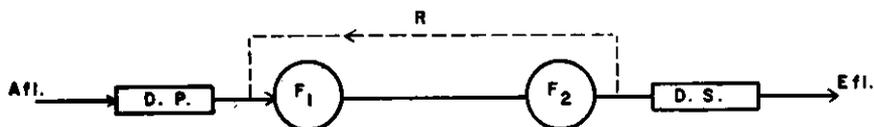
Companhia: Infilco Inc.

Variantes:

a) Com um estágio



b) Com dois estágios



## 11.08 — Biofiltros

### 1 — Princípio

A recirculação elevada do efluente dos filtros biológicos concorre para aumentar a eficiência das unidades, exigindo contudo, maior suprimento de oxigênio. Daí a conveniência de se construírem filtros mais baixos que permitam melhor ventilação natural.

## 2 — Recirculação

Como os filtros são de pequena altura a recirculação é relativamente elevada.

Estabelece-se a razão de recirculação de acôrdo com a concentração das águas residuárias, recomendando-se os seguintes valores:

BOD do esg. bruto	Um estágio	Dois estágios	Est. intermed.
até 150 ppm	0,75:1	0,50:1	1,00:1
150 — 300	1,50:1	1,00:1	2,00:1
300 — 450	2,25:1	1,50:1	3,00:1

## 3 — Taxa de aplicação e carga

Em geral a taxa de aplicação deve estar compreendida entre 7,5 e 28 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia (incluindo-se a recirculação). Em casos especiais êsses limites são mais liberais: desde 3,75 até várias dezenas de metros cúbicos por metro quadrado em 24 horas.

A carga aplicada geralmente está compreendida entre 0,475 e 1,950 kg/m<sup>3</sup> (incluindo-se a carga recirculada), não devendo ultrapassar 2,4 kg·m<sup>3</sup>.

## 4 — Meio filtrante

As pedras devem satisfazer as seguintes condições:

Filtros primário .....	2 a 3 1/2"
Filtros secundários .....	1 1/2 a 2 1/2"

## 5 — Decantação.

Recomendam-se os seguintes dados:

Decantadores	Taxa de escoam. supl.	Período de det.	Obs.
Primário	50 a 60 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> dia	1 1/2 h	*
Secundário	33 a 41 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> dia	1 1/2 h	**

\* No caso de estágio intermediário: 33 a 41 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia e 2 horas.

\*\* No caso de dois estágios: 50 a 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia e 2 horas.

## 11.09 — Aerofiltros

### 1 — Princípio

Enquanto os biofiltros funcionam com base em recirculação elevada, o mesmo não ocorre com os aero-filtros.

A teoria dos Aero-Filtros se baseia mais no estabelecimento de determinada taxa de aplicação momentânea a ser efetivamente mantida, do que em uma recirculação prefixada. A aplicação deve ser contínua e uniforme dentro de certos limites, no espaço e no tempo.

Nos aero-filtros as reduções elevadas de BOD são conseguidas pelo fato de se manter uma distribuição excelente, e não pela recirculação.

### 2 — Recirculação

Freqüentemente as instalações prescindem de recirculação e quando a recirculação se tornar conveniente devido às grandes variações de vazão, ado-

tam-se valores relativamente baixos para a razão de recirculação. Se durante a operação a taxa de aplicação momentânea se mantiver acima de um mínimo considerado admissível, não se fará a recirculação. Esta apenas será necessária quando a taxa de aplicação cair a valores muito baixos. Ainda neste caso a prática tem indicado que a recirculação em média não ultrapassa 10% da vazão total.

### 3 — Taxa de aplicação e carga

Os aero filtros podem ser projetados para funcionar com 16 a 18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 24 horas, com base na vazão média. Com a vazão máxima se terá 24 a 27 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. No período de vazão mínima 8 a 9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia, fazendo-se a recirculação de modo a se completar a vazão de 12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> 24 horas.

A carga de BOD deve limitar-se a 1,35 kg/m<sup>3</sup> de material filtrante.

### 4 — Meio filtrante:

Especificações para os Aero-filtros: "As pedras deverão ser arredondadas evitando-se as que fôrem chatas. O material deverá ser uniforme em todos os pontos do leito e deverá ter a seguinte granulação:

Pelo menos 95% deverá passar por peneiras de .....	4"
45 a 65% deverá ser retido em peneiras de .....	3"
Pelo menos 95% deverá ser retido em peneiras de ....	2 1/2"
No máximo 5% poderá passar por peneiras de .....	2 1/2"
No máximo 5% poderá passar por peneiras de .....	2 1/2"

### 5 — Decantação

Os decantadores primário e secundário devem ser dimensionados para um período de detenção igual ou superior a 1 1/2 hora, baseando-se na vazão máxima do filtro. No dimensionamento de ambos os decantadores não se deve levar em conta retornos ou recirculação. Os lódos do decantador secundário podem retornar ao decantador primário.

### 6 — Ventilação

Os aero filtros podem ser abertos ou fechados (cobertos). A ventilação artificial é recomendada e geralmente se faz de cima para baixo. Poços de ventilação ou tubos ventiladores podem ser previstos. Nos filtros cobertos os ventiladores podem ser instalados na cúpula. Nos filtros abertos executa-se um poço lateral para a tiragem forçada. Para os filtros com diâmetro até 12 m basta um ventilador. Filtros até 25 m de diâmetro devem ser equipados com dois ventiladores. Filtros maiores (diâmetro acima de 25 m) não são recomendados. Capacidade dos ventiladores: 300 litros de ar/m<sup>2</sup>/minuto. A potência dos ventiladores geralmente é superior a 1/5 HP e, raramente ultrapassa 1,5 HP. Os ventiladores são de diâmetro de 12" para cima e a pressão máxima é da ordem de 3/4 a 1" de coluna d'água.

## 11.10 — Filtros Accele

### 1 — Princípio

A passagem dos líquidos recirculados pelos decantadores pode reduzir a atividade das bactérias aeróbias. A recirculação diretamente do filtro para o filtro elimina essa possibilidade e apresenta a grande vantagem de não exigir aumento dos decantadores.

## 2 — Recirculação

A recirculação pode ser estabelecida de acôrdo com as características dos esgotos e de conformidade com a eficiência necessária ou esperada, dentro de limites amplos: desde 0,1 : 1 até 10,0 : 1.

Os valores usuais estão compreendidos entre 1:1 e 2:1, adotando-se razões mais elevadas nos casos de esgotos concentrados, resíduos industriais de BOD elevado e cursos d'água de vazão reduzida.

## 3 — Taxa de aplicação e carga

A taxa de aplicação pode ser estabelecida entre 9,4 e 28 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia (incluindo-se a recirculação), adotando-se geralmente valores abaixo de 14 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia.

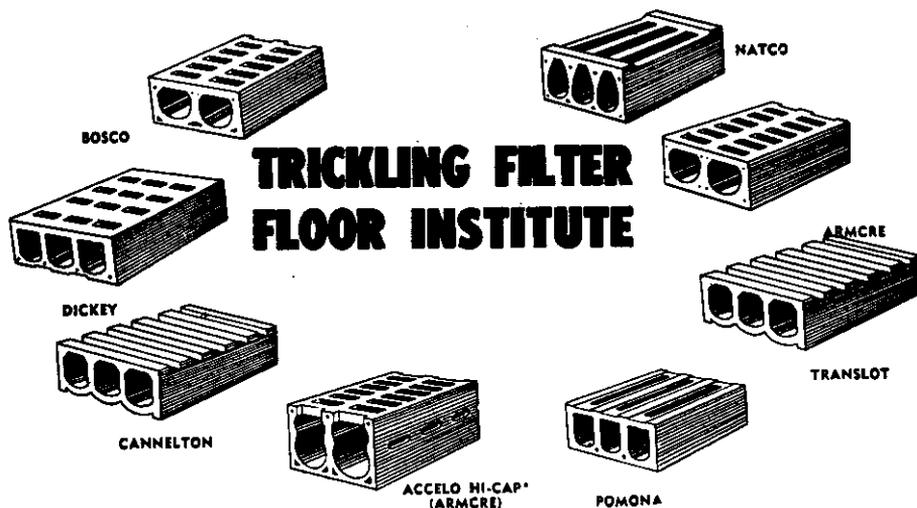
A carga de BOD por metro cúbico de material filtrante geralmente está em tôrno de 1,1 kg, podendo atingir até 1,6 kg.

## 4 — Meio filtrante

Tamanho especificado para as pedras: 2 a 4".

## 5 — Decantação

Os decantadores, tanto primário como secundário, são projetados com taxas de escoamento superficial abaixo de 35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> dia e períodos de detenção de 2 a 2 1/2 horas.



Peças premoldadas típicas para fundos de filtros biológicos de alta capacidade (Trickling Filter Floor Institute)