

FILTRAÇÃO



Profa. MARGARITA M^a. DUEÑAS OROZCO
margarita.unir@gmail.com



INTRODUÇÃO



Processos de tratamento de água

CLARIFICAÇÃO



Remoção de sólidos

DESINFECÇÃO



Eliminação de
microorganismos

FLUORETAÇÃO



Prevenção de cárie

**CONTROLE DE
CORROSÃO**



Aspectos
econômicos

INTRODUÇÃO



• TRATAMENTO CONVENCIONAL

Clarificação

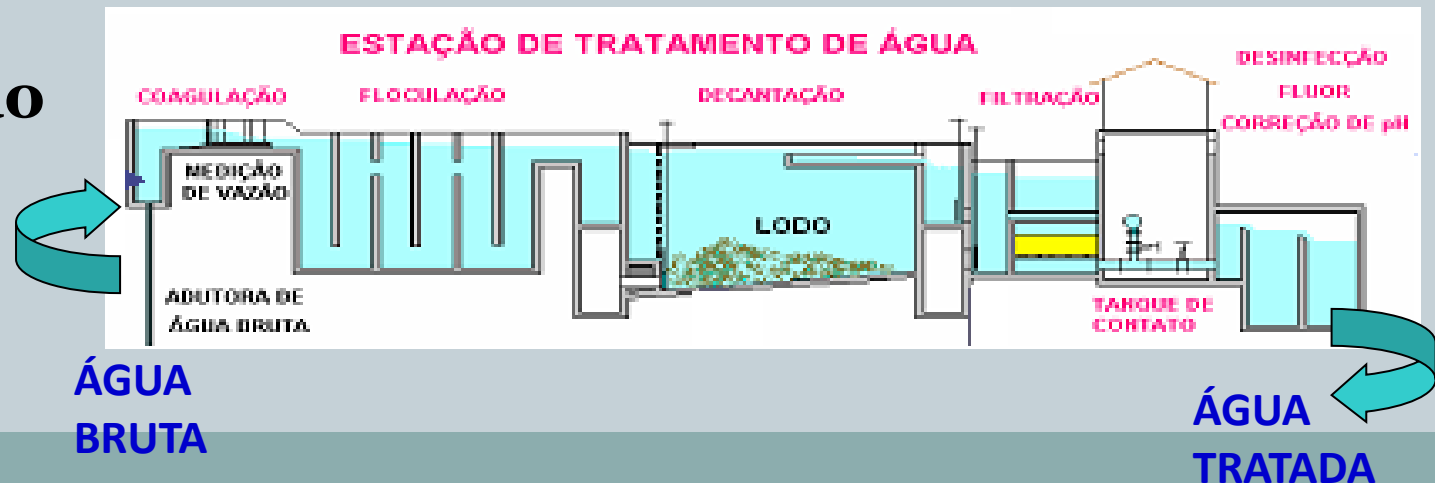
+

Filtração

+

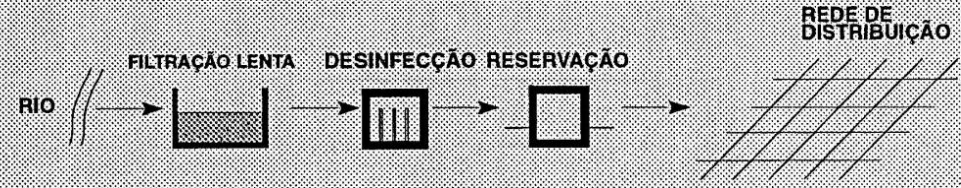
Desinfecção

COAGULAÇÃO
+
FLOCULAÇÃO
+
DECANTAÇÃO/FLOTAÇÃO



FILTRAÇÃO LENTA

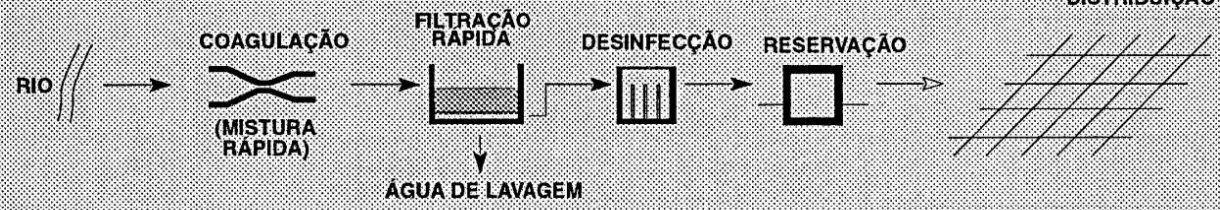
CONDIÇÕES INDICADAS



ÁGUA BRUTA COM TURBIDEZ < 50 UT AO LONGO DO ANO
VAZÃO PEQUENA
DISPONIBILIDADE DE ÁREA
OPERADOR POUCO QUALIFICADO

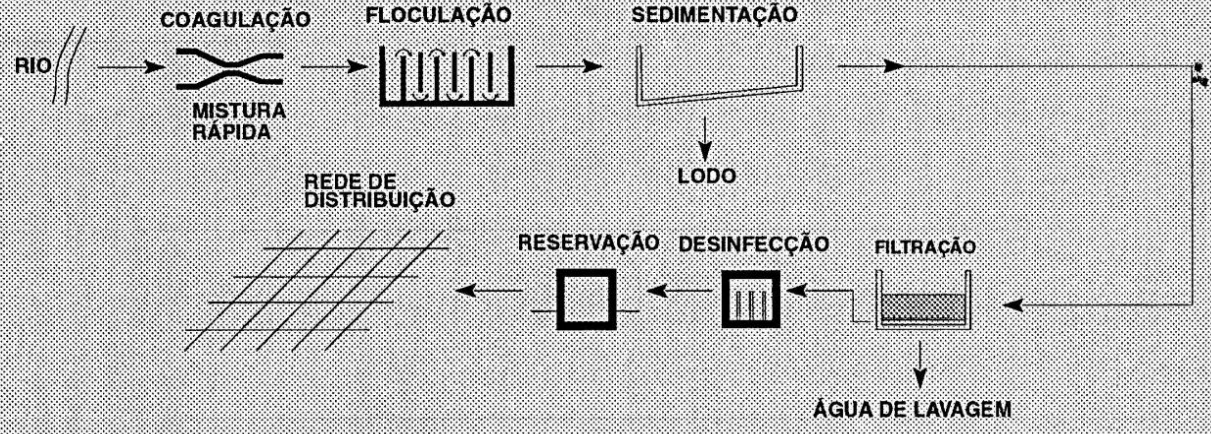
FILTRAÇÃO DIRETA

REDE DE DISTRIBUIÇÃO



PEQUENA VARIACÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA
MÃO DE OBRA QUALIFICADA

TRATAMENTO CONVENCIONAL



ÁGUA BRUTA COM QUALIDADE INSATISFATORIA
DISPONIBILIDADE DE PRODUTOS QUÍMICOS
MÃO-DE-OBRA QUALIFICADA

Linhas de tratamento de água

INTRODUÇÃO



Comparação entre as diversas linhas de tratamento

Parâmetro	Linha de Tratamento			
	Filtração lenta	Filtração direta descendente	Filtração direta ascendente	Tratamento convencional*
Operação	Simple	Especializada	Especializada	Especializada
Consumo de produtos químicos	Nulo	Baixo (dosagem coagulante usualmente inferior a 10 mg/l)	Baixo (dosagem coagulante usualmente inferior a 10 mg/l)	Alto (dosagem coagulante freqüentemente superior 15 mg/l)
Resistência à variação da qualidade da água	Baixa	Baixa	Moderada	Alta
Lavagem dos filtros	Raspagem da camada superficial (operação trabalhosa), com baixa freqüência	Fluxo ascendente	Fluxo ascendente (em alguns casos, problemas para a remoção completa do lodo)	Fluxo ascendente
Porte da estação	Usual limitar a pequenas instalações	Sem limitações	Sem limitações	Sem limitações
Custo de implantação (US\$/hab)	10 - 100 (muito dependente da taxa de filtração e do processo construtivo)	2 - 30	5 - 45	10 - 60
Necessidade de área	Grande	Pequena	Pequena	Média

* Convencionado como aquele que inclui as operações de coagulação, floculação, sedimentação e filtração.

CONCEITO



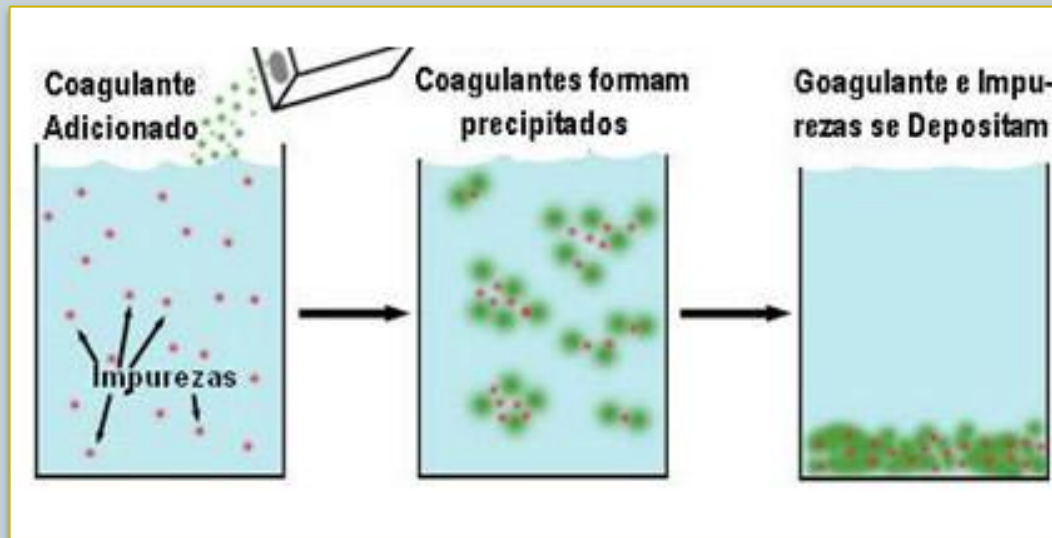
- Remoção de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes na água que escoam através de um meio poroso.
- Desinfecção



CONCEITO



- O desempenho dos filtros está relacionado à eficiência das unidades que os precedem.

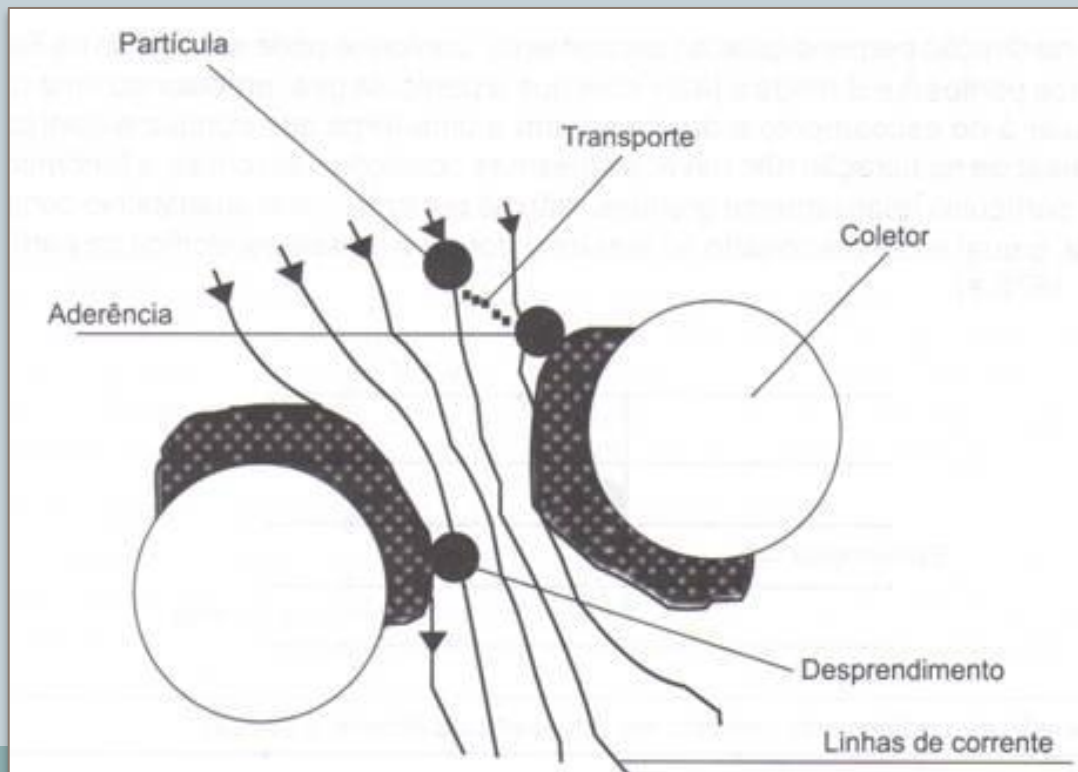


- Falhas corrigidas

MECANISMOS DE FILTRAÇÃO

filtração em meio granular

resultado da ação conjunta de três mecanismos



Transporte
(fenômeno físico)

Aderência
(fenômeno físico-químico)

Desprendimento
(fenômeno físico)

MECANISMOS DE FILTRAÇÃO



- MECANISMOS DE TRANSPORTE
 - Influenciados pela T da água
 - ✦ Viscosidade
 - ✦ Laminaridade do escoamento
 - Características do meio filtrante
 - Taxa de filtração



MECANISMOS DE FILTRAÇÃO



- MECANISMOS DE ADERÊNCIA
 - Influenciados por
 - ✦ Mecanismos de transporte
 - ✦ Fomenta a retenção das partículas suspensas afluentes na superfície dos grãos ou por agregação



PROCESSOS INTERVENIENTES



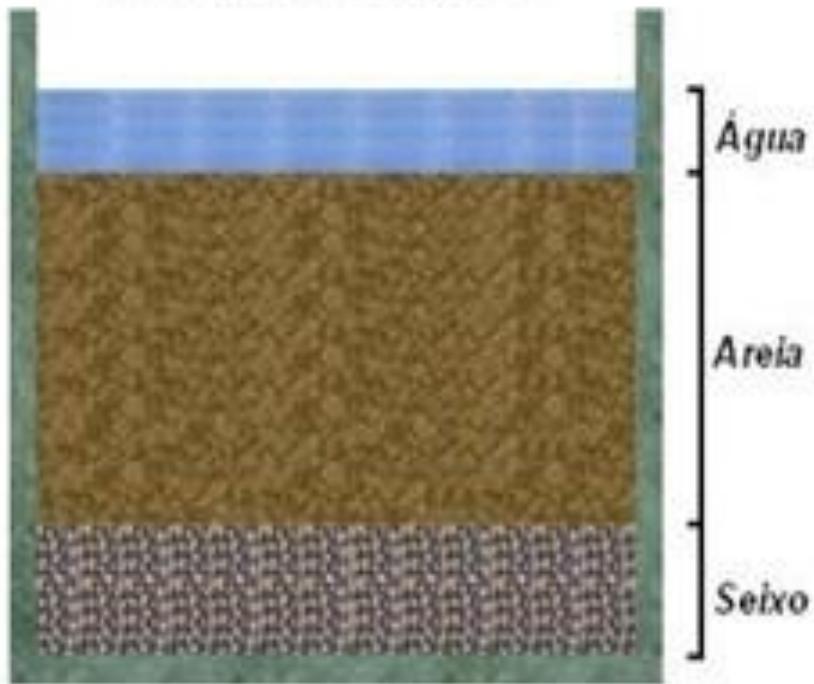
Processos de filtração

- predominantemente **biológicos**: nos filtros lentos;
- predominantemente **físicos e físico-químicos**: nos filtros rápidos.

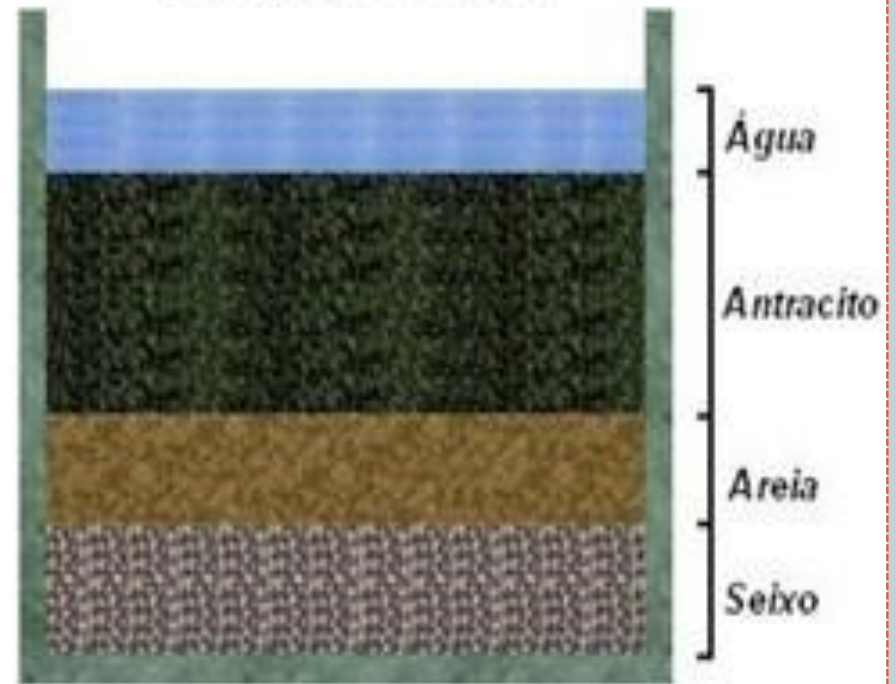
MEIOS FILTRANTES



Camada Simples



Camada Dupla



MEIOS FILTRANTES



- Caracterizados por vários fatores:
 - Tamanho e distribuição dos grãos (granulometria)
 - Esfericidade (forma)
 - Porosidade
 - Densidade
 - Dureza



MEIOS FILTRANTES



- Caracterizados por vários fatores:
 - Tamanho e distribuição dos grãos (granulometria)

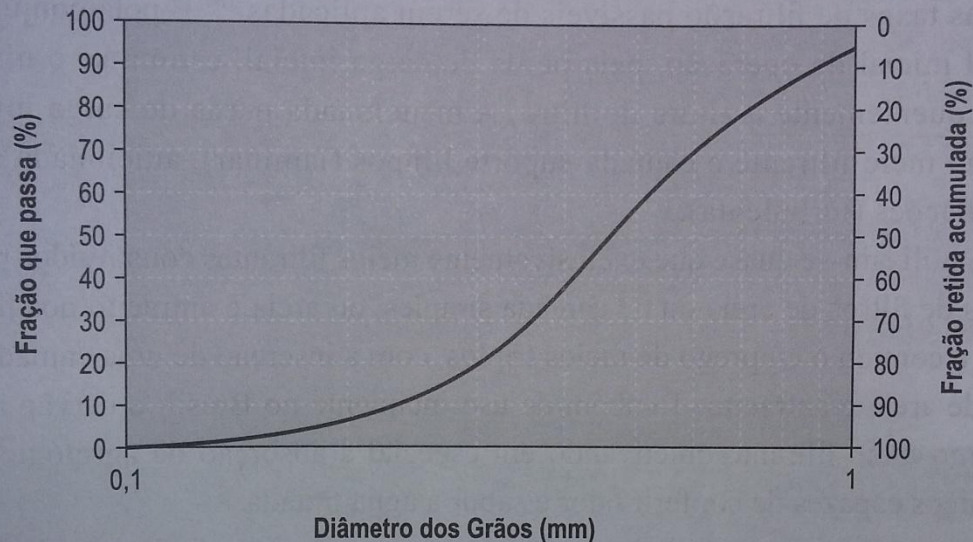


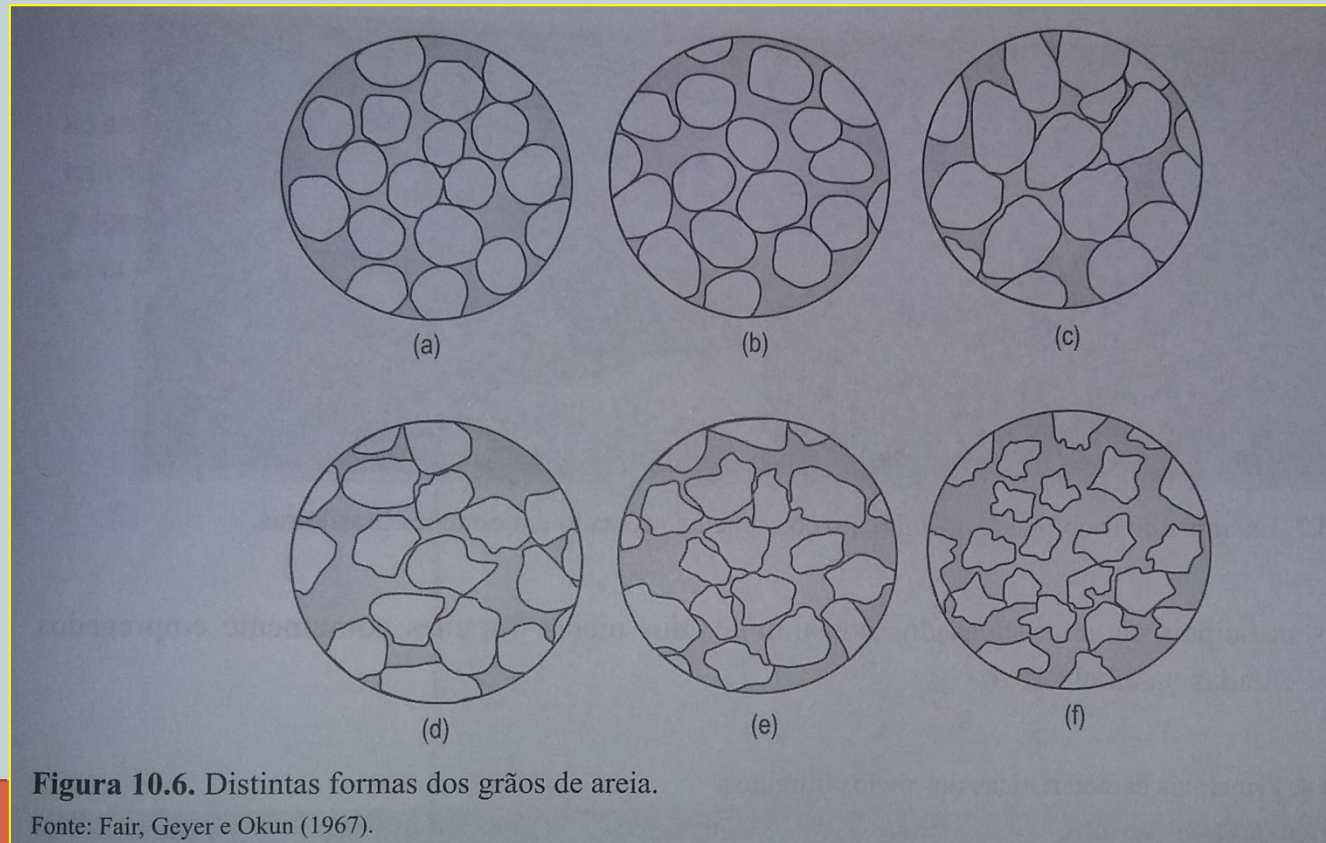
Figura 10.5. Curva característica de análise de granulometria de areia utilizada em unidade-piloto de filtração lenta.

Qualidade do efluente
Duração das carreiras de
filtração

MEIOS FILTRANTES



- Caracterizados por vários fatores:
 - Esfericidade



Perda de carga
Velocidade ascensional de
lavagem

MEIOS FILTRANTES



- Características dos meios filtrantes

Tabela 10.4. Principais características dos meios filtrantes.

Característica/Meio filtrante	Areia	Antracito	Carvão ativado	Granada
Densidade	2,65	1,45 a 1,73	1,3 a 1,5	3,6 a 4,2
Porosidade (%)	42 a 47	56 a 60	50	45 a 55
Esfericidade (ψ)	0,7 a 0,8	0,46 a 0,60	0,75	0,60

Fonte: Cleasby e Logsdon (1999).

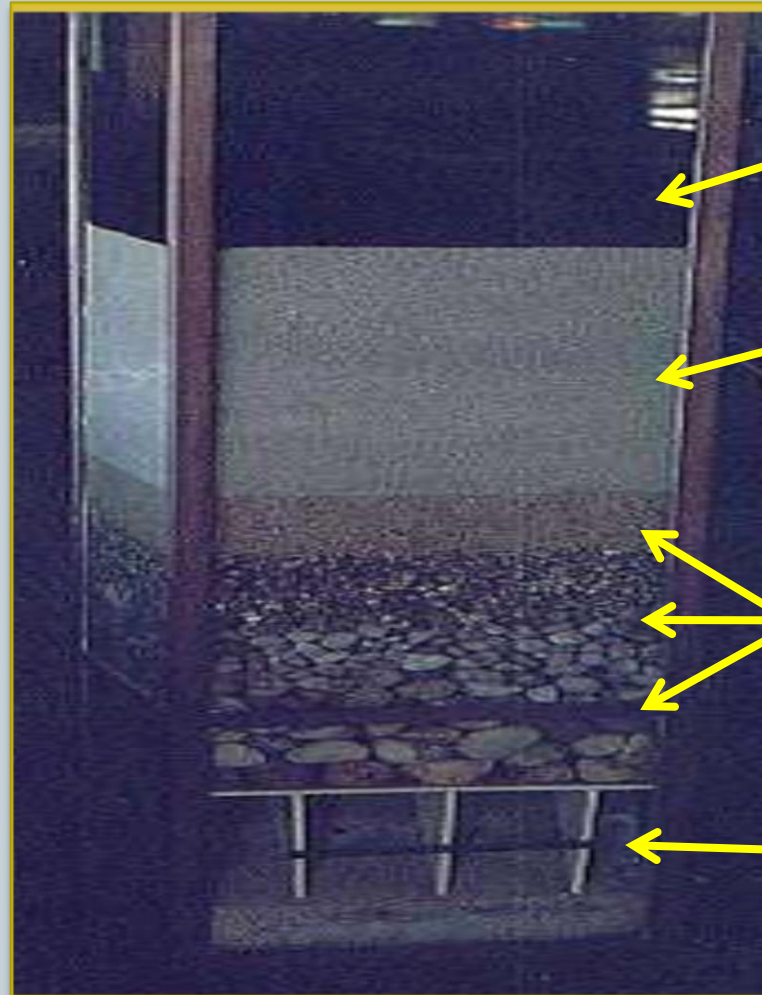
**FILTROS DE
CAMADA DUPLA**
Mais utilizados no
Brasil

MEIOS FILTRANTES



ABNT EB 2097/90 – Material Filtrante

- Antracito: grãos densos e duros de carvão antracitoso (mineral)
- Areia: grão de material silicoso, com maior dimensão $< 4,8$ mm
- Pedregulho: fragmentos arredondados, encontrados em leitos de rios ou jazidas, de tamanho entre 4,8mm e 76mm



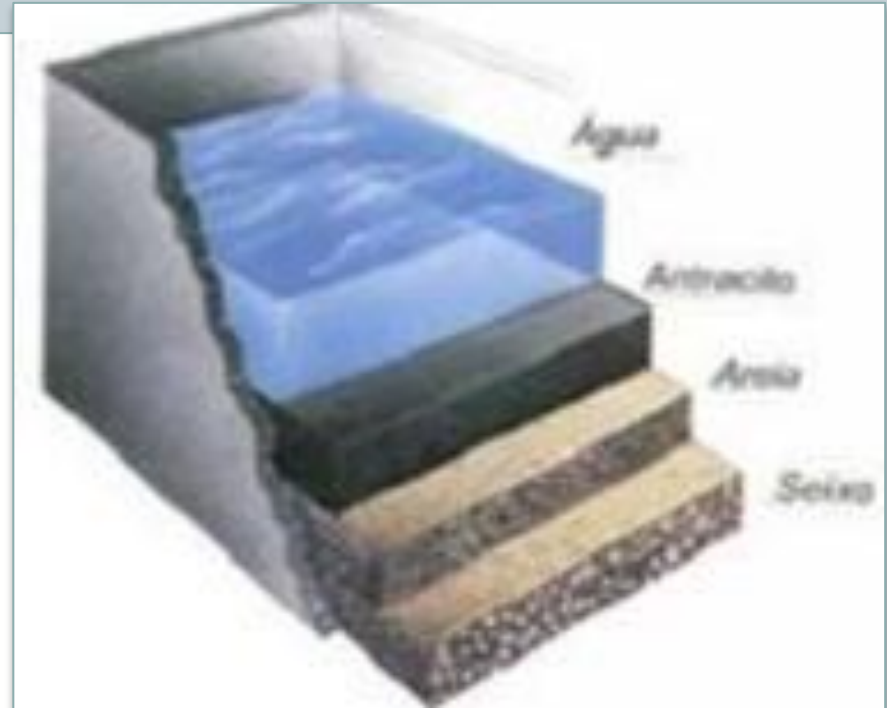
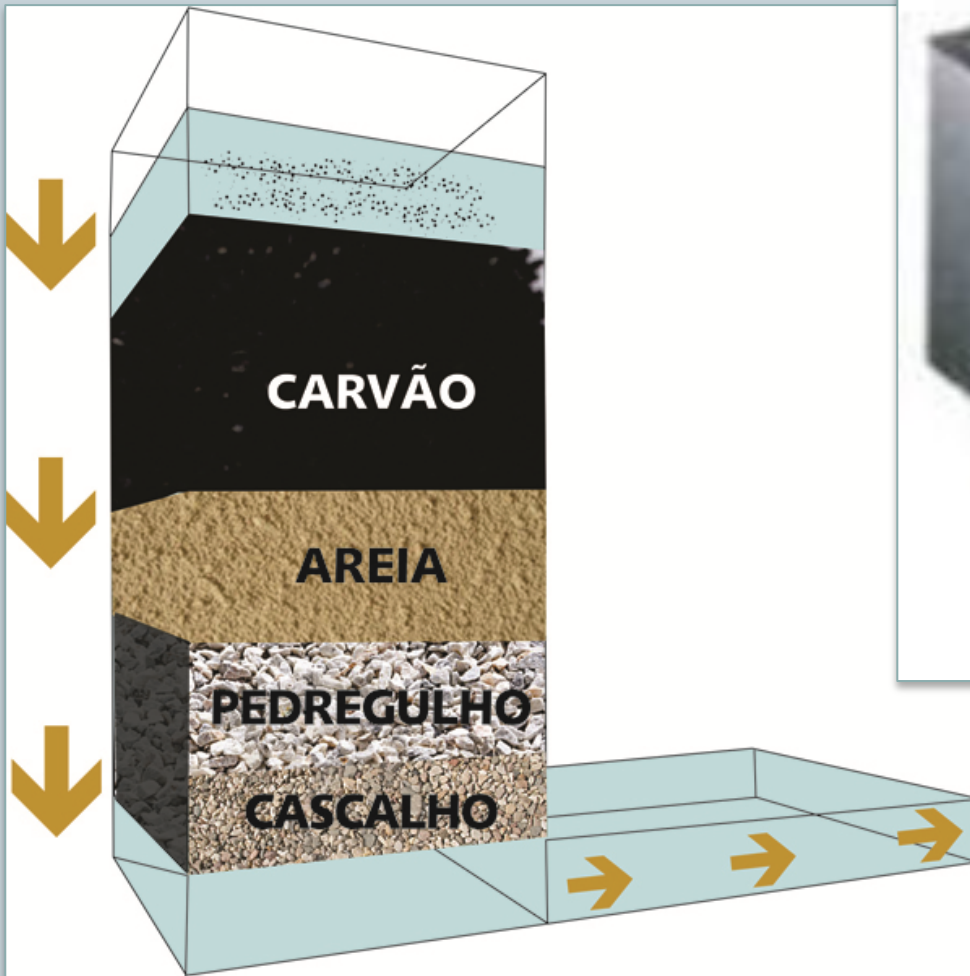
Antracito

Areia

Pedregulhos

Fundo falso

MEIOS FILTRANTES



TIPOS DE FILTROS

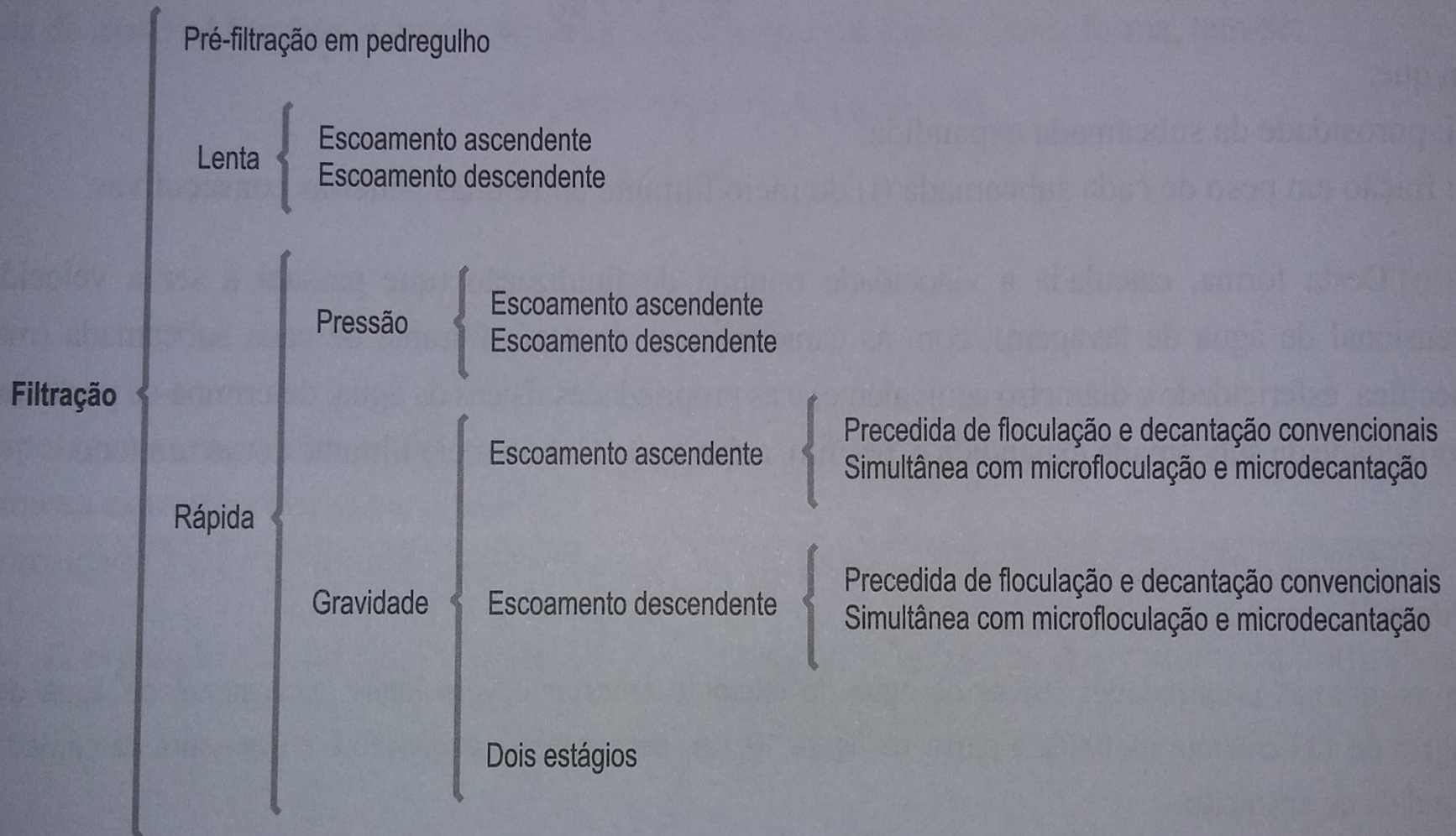
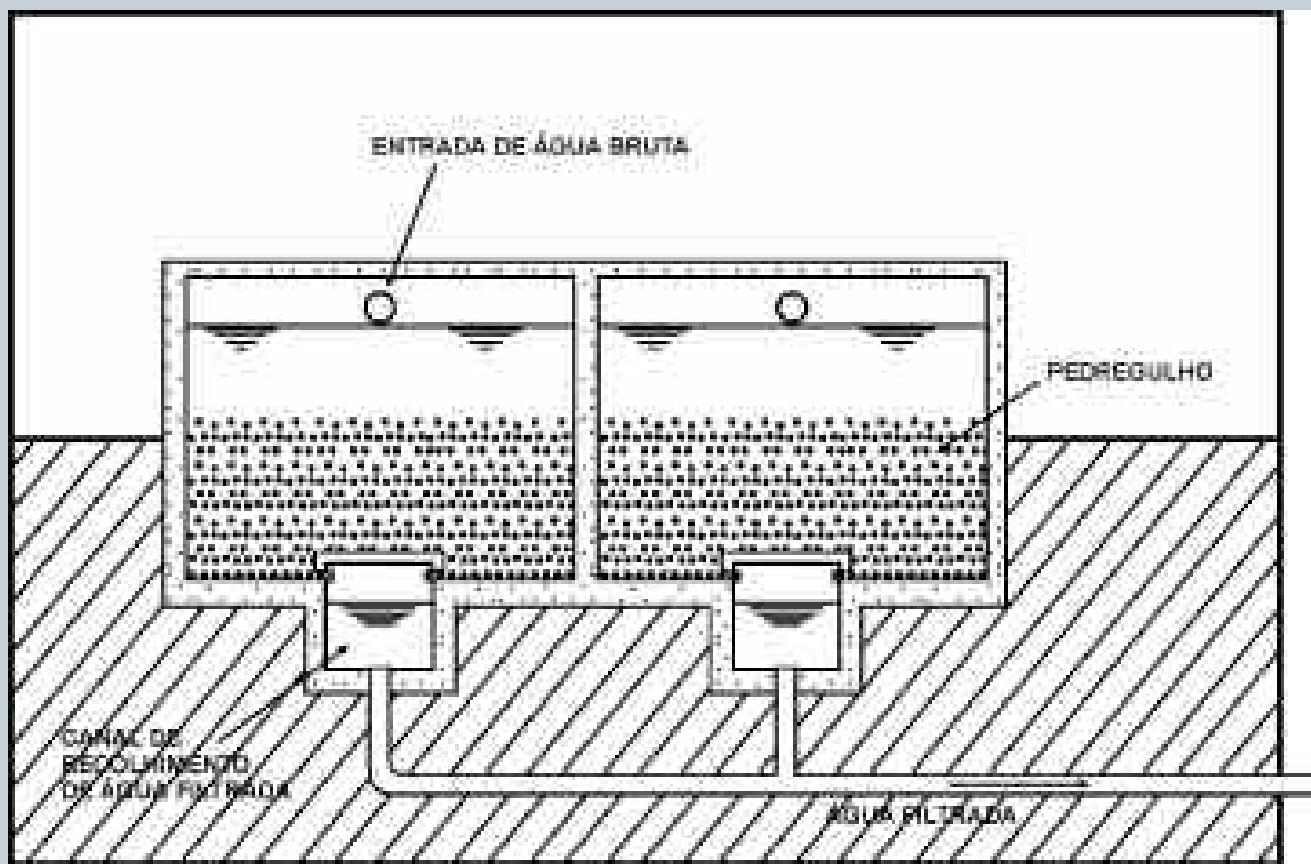


Figura 10.11. Classificação da filtração no tratamento das águas de abastecimento.

TIPOS DE FILTROS



- **PRÉ-FILTROS**



TIPOS DE FILTROS



- **FILTROS LENTOS**

- Requerem águas brutas de boa qualidade;
- Baixos teores de turbidez e cor
- Comunidades de pequeno porte



TIPOS DE FILTROS



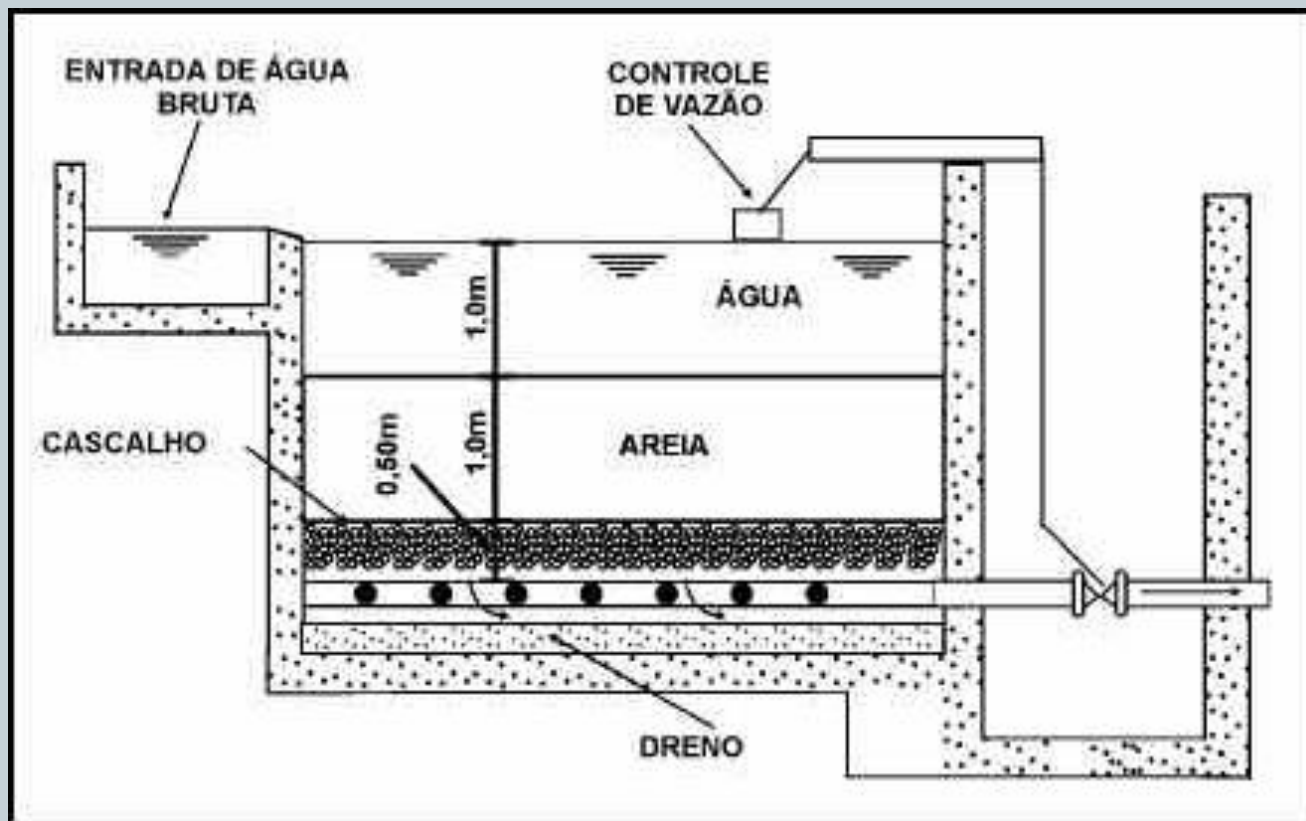
- **FILTROS LENTOS**

- **Ação Mecânica de Coar** : retenção das partículas maiores nos interstícios existentes entre os grãos de areia;
- **Sedimentação**: reposição de partículas sobre a superfície dos grãos de areia;
- **Ação Biológica**: feita através de uma camada gelatinosa formada pelo desenvolvimento de certas variedades de bactérias, que envolvem os grãos de areia na superfície do leito, que por adsorção retém microorganismos e partículas finamente divididas.

TIPOS DE FILTROS



- **FILTROS LENTOS**



TIPOS DE FILTROS



- **FILTROS LENTOS**

- Baixas Taxas de Filtração (3 a 9 m³/m².d) comparadas com as de filtros rápidos (120 a 360 m³/m².d)

FNS : 3 a 5m³/m²/ dia;

ARBOLEDA : 6 a 9m³/m²/dia;

ABNT : não sendo possível determinar experimentalmente, a taxa de filtração a ser adaptada não deve ser superior a 6m³/m²/dia.

- A superfície filtrante é de 40 a 120 vezes superior à dos filtros rápidos

TIPOS DE FILTROS



- **FILTROS LENTOS**

- Após a lavagem do filtro, a água filtrada necessita que o leito filtrante *amadureça* (isto é, readquira sua camada filtrante biológica, o que leva dias) para voltar a produzir água filtrada de qualidade satisfatória.
- A comunidade biológica é capaz de reter partículas e impedir a passagem de microrganismos.
- Maiores carreiras de filtração (tempo de funcionamento)

TIPOS DE FILTROS



- **FILTROS LENTOS DESCENDENTES**



**Entrada de água no filtro lento
(bairro Ana Benta – Capão
Bonito, SP)**



**Filtro lento (bairro Ana Benta –
Capão Bonito, SP) ETA construída
em 1992**

TIPOS DE FILTROS



VANTAGENS

- operação simples;
- custos operacionais baixos;
- boa eficiência na remoção de microorganismos patogênicos;
- boa eficiência na remoção de turbidez.

DESVANTAGENS

- ocupam grandes áreas;
- necessidade periódica de remoção e lavagem da areia;
- possibilidade de degradação do manancial com o tempo, alterando as características físico-químicas iniciais da água (aumento excessivo da turbidez).

TIPOS DE FILTROS



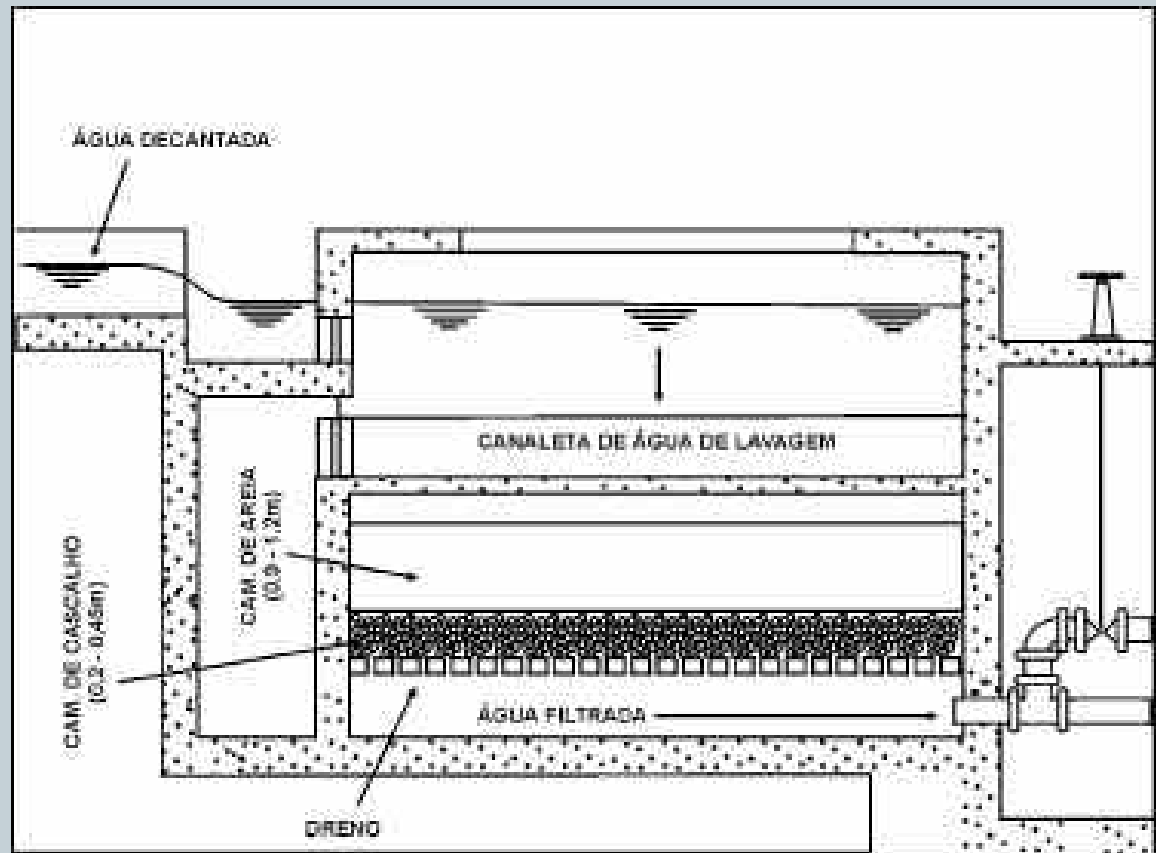
- **FILTROS RÁPIDOS**

- Surgiram da necessidade de tratamento de uma maior vazão para cidades grandes
- Águas menos resguardadas e mais próximas ao centro de consumo
- Maior controle operacional e pessoal qualificado
- Retenção de impurezas ocupa o meio filtrante ao longo de toda sua profundidade

TIPOS DE FILTROS



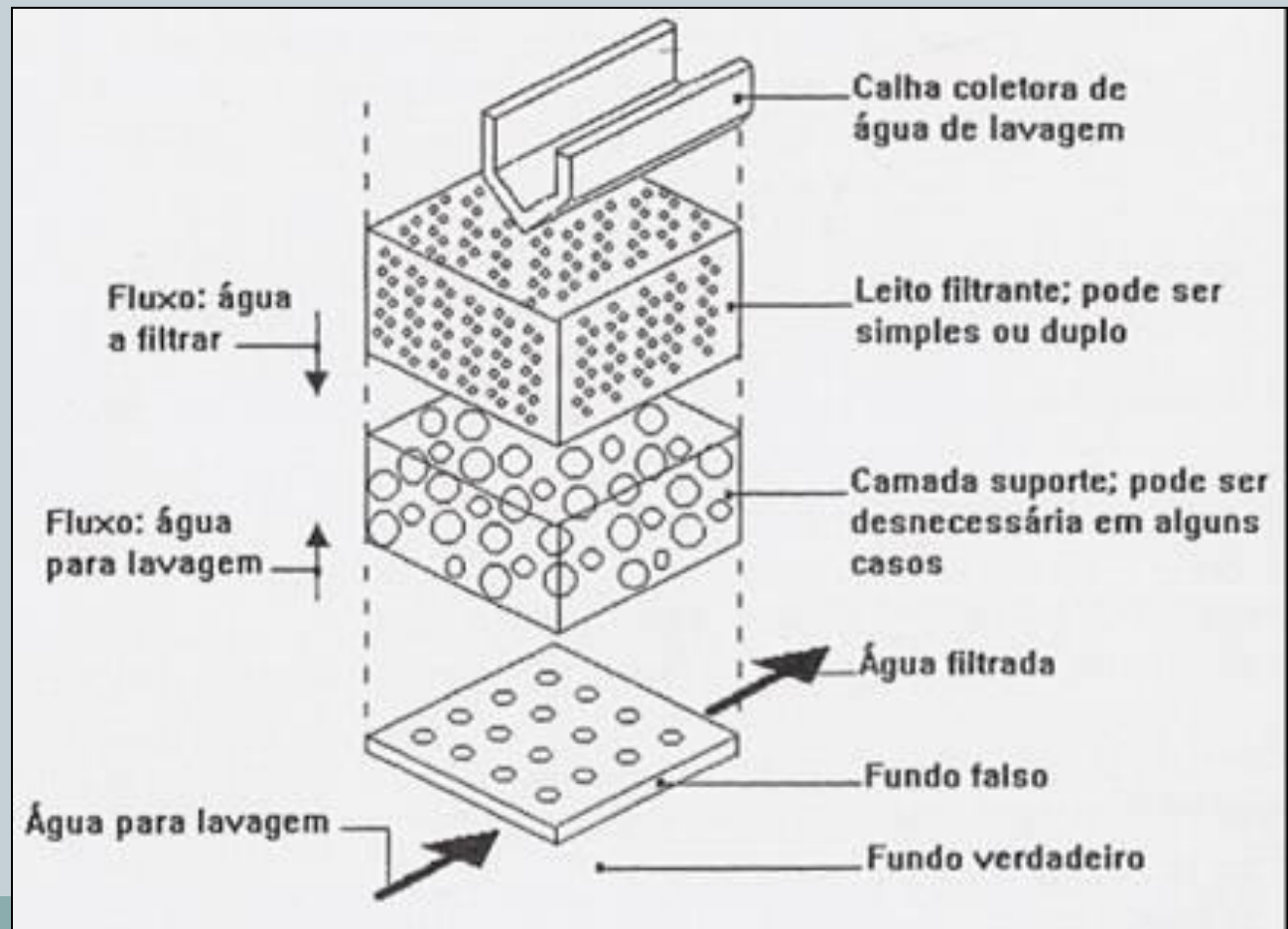
- **FILTROS RÁPIDOS DESCENDENTES**



TIPOS DE FILTROS



- FILTROS RÁPIDOS **FLUXO DESCENDENTE**



Mais utilizados em ETA com tratamento convencional

TIPOS DE FILTROS



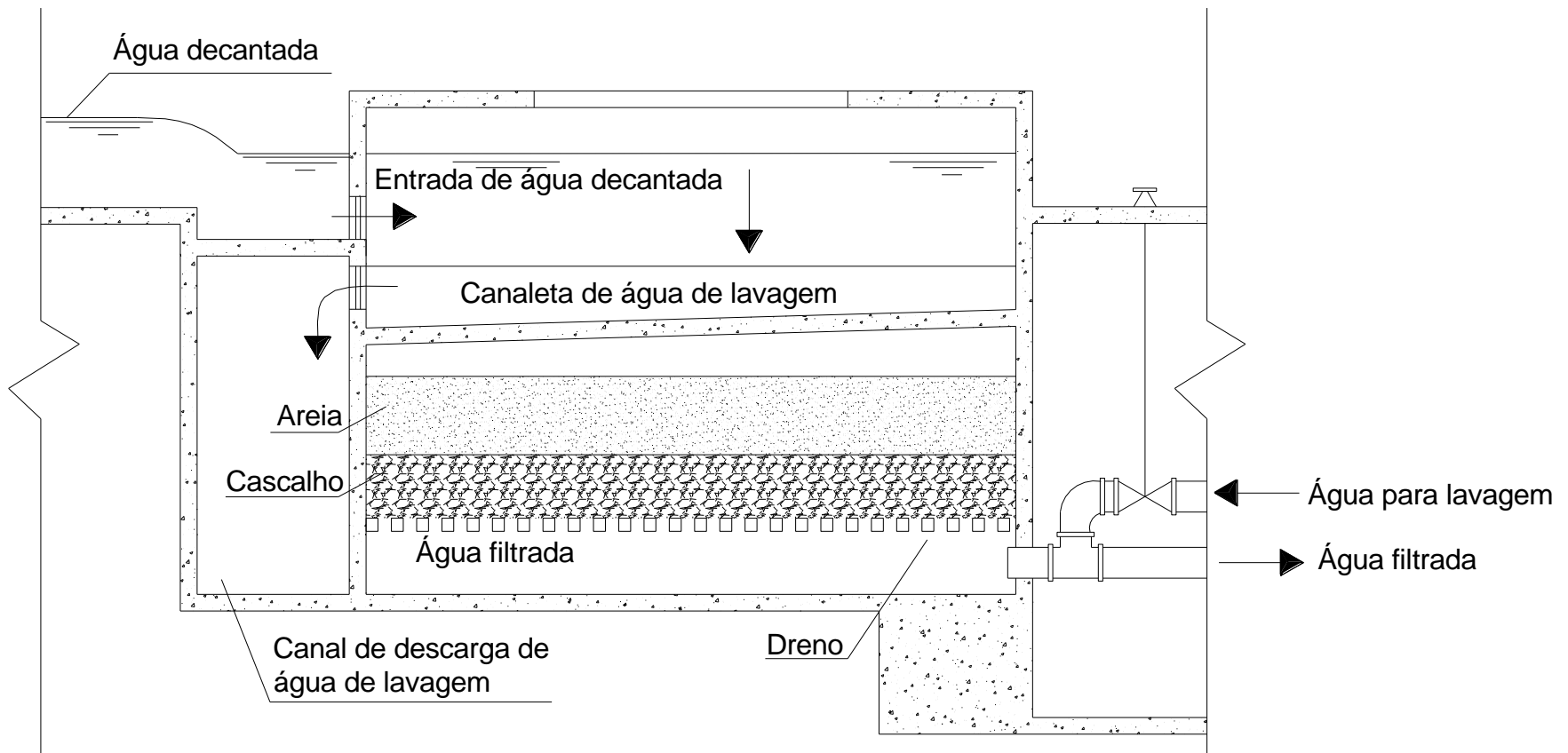
- FILTROS RÁPIDOS **FLUXO DESCENDENTE**



TIPOS DE FILTROS



- **FILTROS RÁPIDOS FLUXO DESCENDENTE**



TIPOS DE FILTROS



- FILTROS RÁPIDOS **FLUXO DESCENDENTE**



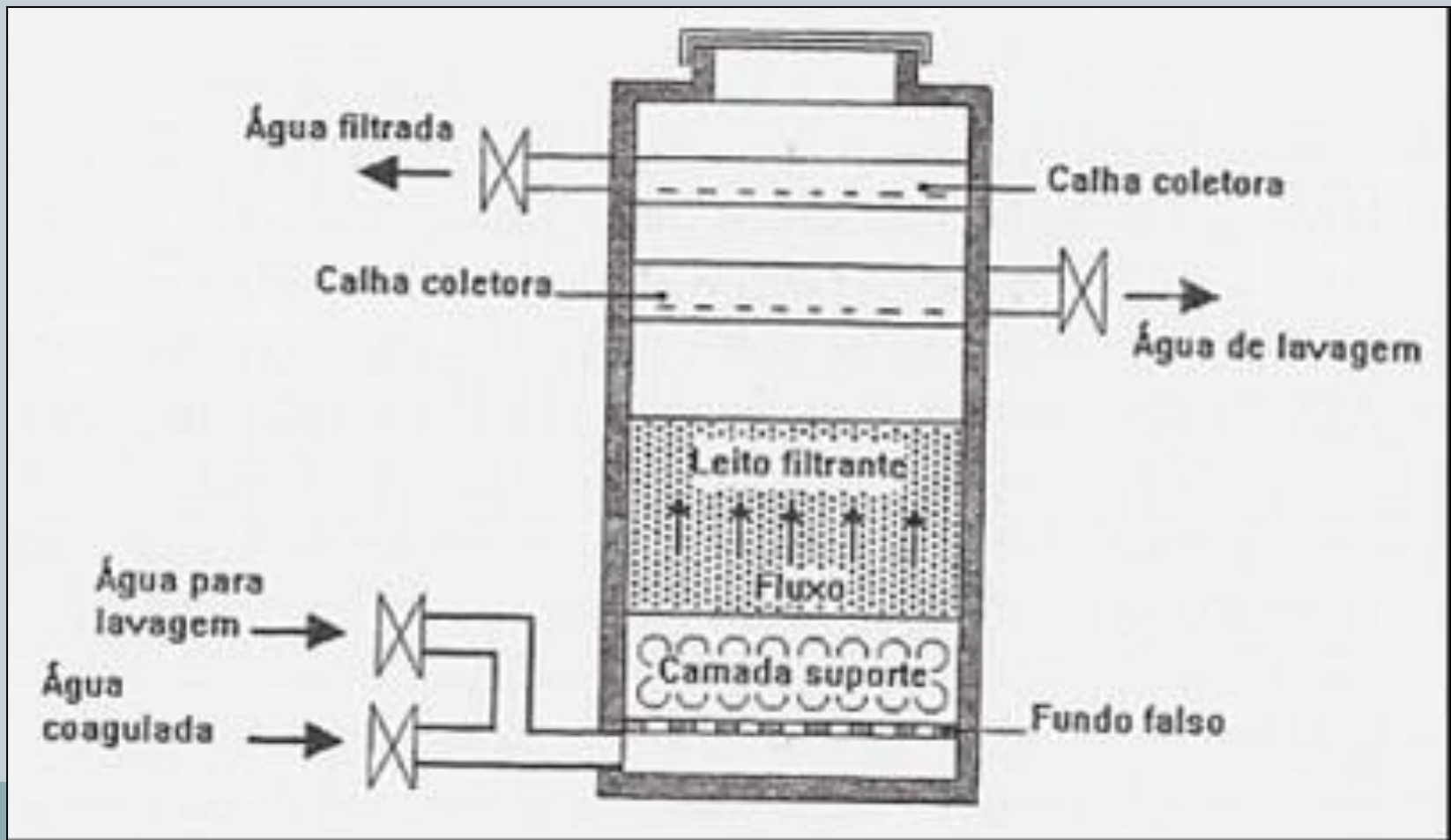
ETA Rio Grande (SABESP)



TIPOS DE FILTROS



- FILTROS RÁPIDOS **FLUXO ASCENDENTE**



TIPOS DE FILTROS



- FILTROS RÁPIDOS **FLUXO ASCENDENTE**

Dificuldades:

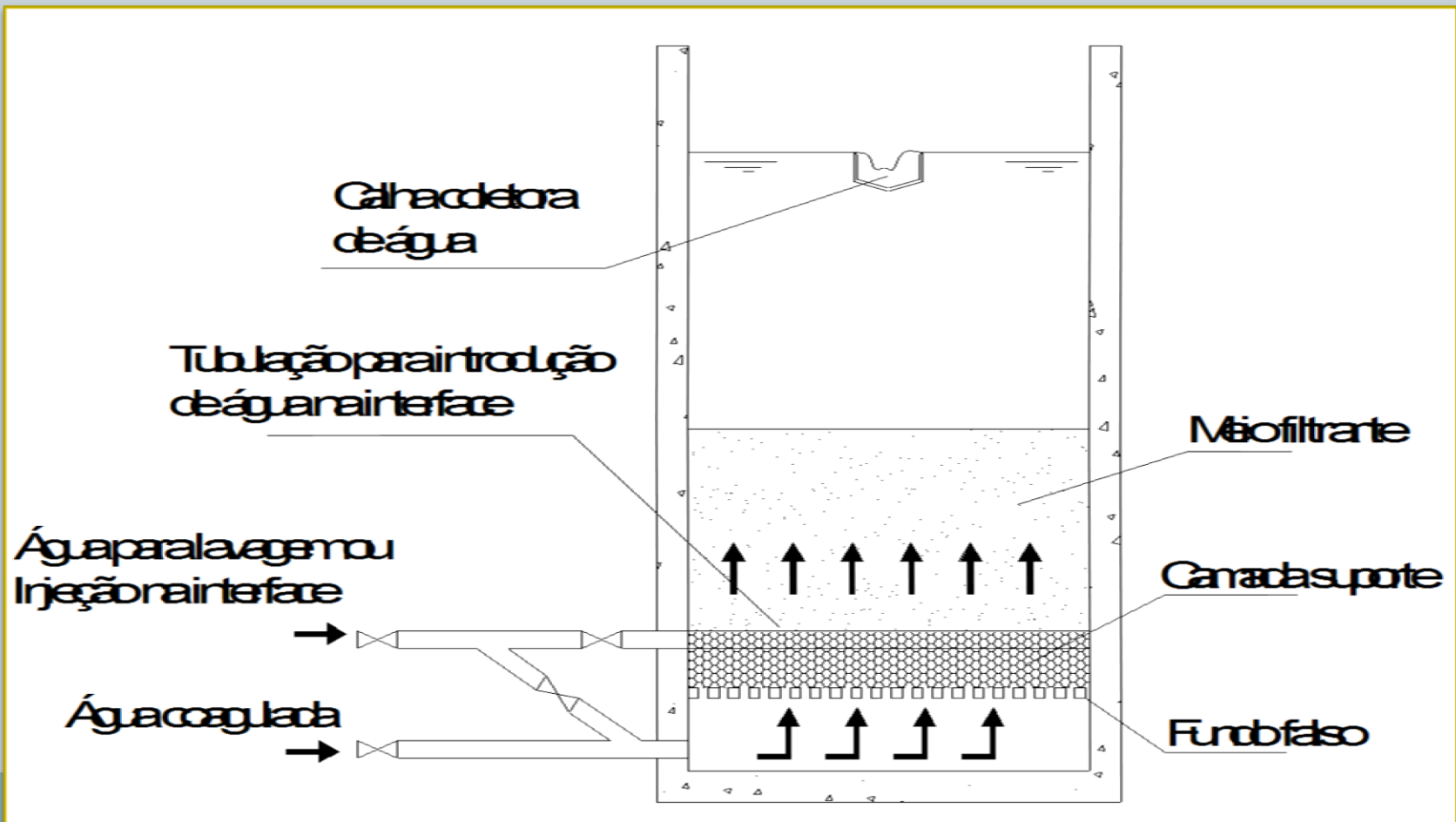
- Mesma canaleta de drenagem da água de lavagem e a tratada
- Água tratada fica exposta na superfície
- Água com muitos sólidos podem colmatar rapidamente o filtro



TIPOS DE FILTROS



- FILTROS RÁPIDOS **FLUXO ASCENDENTE**



CARREIRA DE FILTRAÇÃO



Intervalo de tempo decorrido entre o momento que um filtro é colocado em operação e o momento em que ele é retirado de operação para limpeza.

Lavagem de filtro



- Velocidade da água de lavagem entre 0,6 e 1,0 m/min (filtro ascendente $V_{min}=0,8$ m/min)
- Lavagem em contra corrente deve obter uma expansão de 20 a 30% do leito filtrante
- Filtros de dupla camada: lavagem com ar e água

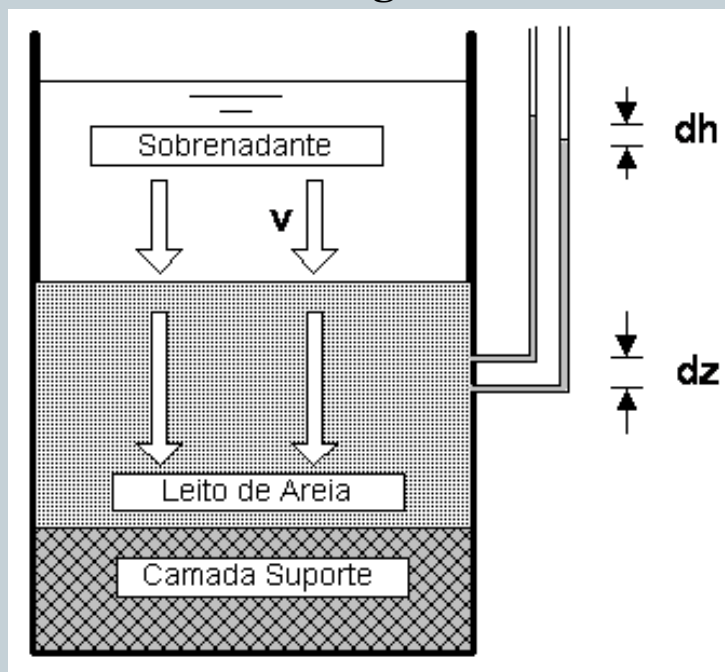
CARREIRA DE FILTRAÇÃO



- **CRITÉRIOS DE ENCERRAMENTO**

- Turbidez da água filtrada superior a um valor pré-determinado (geralmente superior a 0,5 UNT);
- Perda de carga igual ou superior a carga hidráulica máxima disponível (geralmente da ordem de 2,0 a 3,0 metros);
- Carreira de filtração com duração superior a 20 horas para filtros rápidos e de 25 dias para filtros lentos

Perda de carga



DIMENSIONAMENTO



No projeto de um filtro objetiva-se otimizar o volume efetivo de água produzido na ETA, o que depende das características do meio filtrante e da taxa de filtração correspondente.

Características do Meio Filtrante e da Taxa de Filtração

<i>Característica</i>	<i>Aplicação</i>				
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Tamanho efetivo (mm)	0,35	0,55	1,3	0,60	1,10
Tamanho dos grãos (mm)	1,0	1,41	1,68	1,41	2,00
Coefficiente de desuniformidade	5	1,6	$\leq 1,2$	$\leq 1,6$	$\leq 1,6$
Espessura (m)	1,0	0,8	$\geq 1,0$	0,30	0,60
Taxa média de filtração (m ³ /m ² .dia)	6	< 200	< 360	< 360	< 360

(a): areia para filtro lento;

(b): areia convencional para filtro rápido com escoamento descendente em camada simples;

(c): areia praticamente uniforme para filtro rápido com escoamento descendente;

(d): areia para filtro rápido com escoamento descendente em camada dupla;

(e): antracito para filtro rápido com escoamento descendente em camada dupla.

DIMENSIONAMENTO



Taxa de filtração (T_f) ou Velocidade de aproximação (V_a)

$$T_f \text{ ou } V_a = \frac{Q}{A_{\text{filtração}}}$$

Q=vazão afluyente ao filtro;

$A_{\text{filtração}}$ = área da seção do leito filtrante perpendicular ao fluxo.

DIMENSIONAMENTO

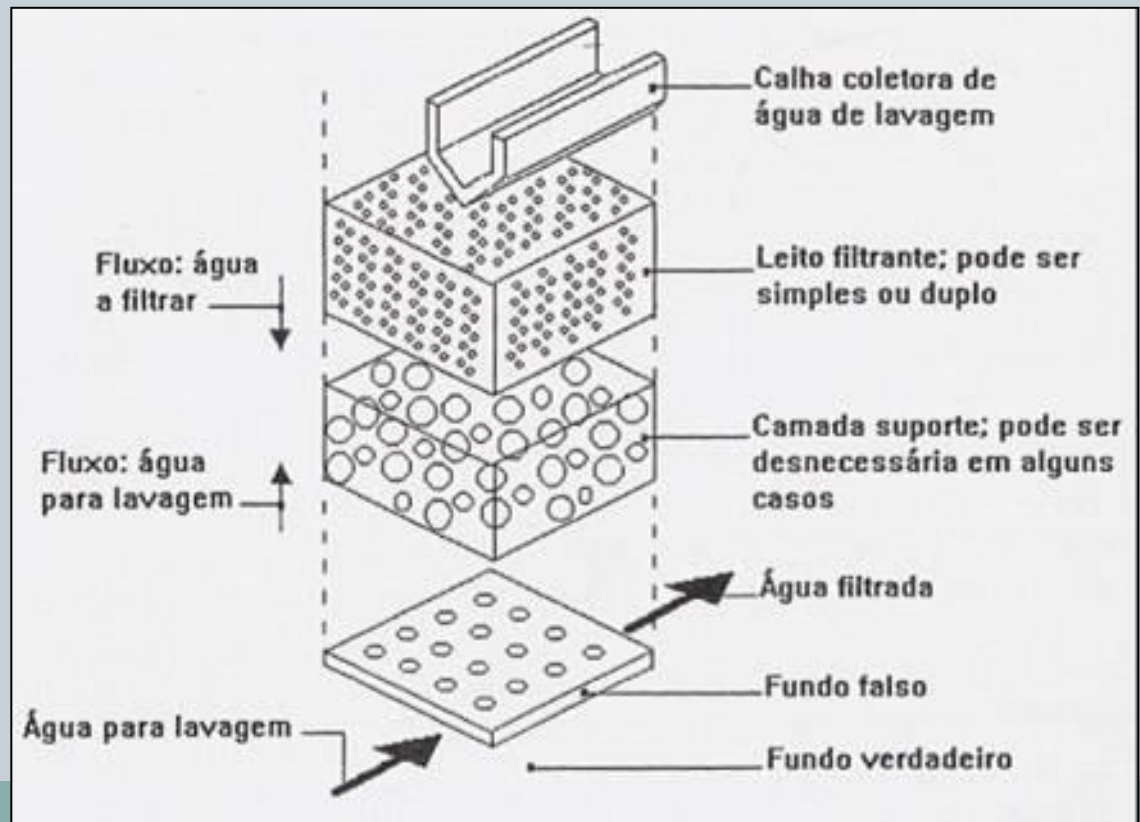


Taxas de filtração, conforme NBR 12216:

- Filtros lentos: $6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$;
- Filtro rápido de camada simples: $180 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$;
- Filtro rápido de camada dupla: $360 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$;
- A taxa máxima em filtros de fluxo ascendente é fixada, pela Norma, em $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

PARTES DO SIST. FILTRAÇÃO

- **Fundo falso:** coleta da água filtrada e introdução de água de lavagem;
- **Sistema de coleta de água de lavagem;**
- **Meio filtrante.**



PARTES DO SIST. FILTRAÇÃO



**Sistema de
coleta de água de
lavagem**

ETA Rio Grande (SABESP)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Aula baseada em:

- BARROS, R.T.V et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- FUNASA. Manual de Saneamento. 2006.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 edição. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 494 p.
- VIANNA, M.R. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. 3. ed. Belo Horizonte: Imprimatur, 1997. 576 p.