

Emprego de casca de coco moída como material filtrante alternativo em filtros de camada dupla

Prof. Luiz Di Bernardo (*)
Eng. Alberto Ribeiro de Araújo Filho

RESUMO

A filtração rápida, de fluxo descendente e realizada em filtros de camada dupla, mediante o emprego de antracito e areia, tem sido comumente adotada no projeto de reforma de estações de tratamento de água existentes e de novas instalações, devido às grandes vantagens advindas de tal tecnologia.

Como no Brasil é abundante a existência de coco, programou-se o presente trabalho com o fim de comparar os resultados de operação de uma instalação piloto de filtração rápida de fluxo descendente com os seguintes meios filtrantes: (1) antracito e areia; (2) casca de coco natural moída e areia; (3) casca de coco queimada moída e areia.

Com base na investigação experimental realizada, empregando-se taxas de filtração compreendidas entre 240 m³/m² e 720 m³/m² dia e utilizando-se de água decantada da ETA de São Carlos como afluente aos filtros, concluiu-se que a casca de coco moída pode perfeitamente substituir o antracito sem causar prejuízo à qualidade do efluente e acarretar diminuição da carreira de filtração.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio concedido para a realização deste trabalho (processo n.º 80/1018-5).

1. INTRODUÇÃO

Apesar de serem relativamente recentes no Brasil, os filtros de várias camadas têm sido intensivamente estudados na Europa e Estados Unidos desde o início deste século. Dentre os principais estudos realizados com filtros de várias camadas, destacam-se os de Conley e colaboradores (2, 3), Ives (6), Mohanka (7) e aqueles publicados por vários autores na referência (10). Em relação aos filtros de camada única, o uso dos filtros de várias camadas tem resultado vantajoso, não só pela qualidade superior do efluente produzido, como também pelo aumen-

to da carreira de filtração e emprego de taxas de filtração mais elevadas.

Atualmente, é comum o uso de filtros de camada dupla, com antracito e areia, tanto em novas instalações quanto em reformas de instalações existentes. Portanto, seria desejável investigar outros materiais filtrantes que pudessem substituir o antracito, cujo custo tem resultado bastante elevado. Este estudo torna-se importante devido, principalmente, ao fato de o mercado produtor estar situado em uma região distante de muitos consumidores e de algumas regiões disporem naturalmente da matéria-prima para a produção do meio filtrante constituído de casca de coco moída.

Assim sendo, o presente trabalho foi realizado para estudar a possibilidade do emprego da casca de coco como material filtrante, em substituição ao antracito. Especificamente, foi es-

tudado o comportamento dos seguintes meios filtrantes, em comparação com o antracito e areia:

- I) casca de coco moída e areia com as mesmas granulometrias que o antracito e areia;
- II) casca de coco moída e areia com o mesmo grau de mistura que o antracito e areia;
- III) casca de coco moída queimada e areia com o mesmo grau de mistura que o antracito e areia.

2. INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

2.1 Descrição Geral da Unidade Piloto

A investigação experimental foi programada com o fim de se verificar os resultados da utilização da casca de coco e areia como meio filtrante em

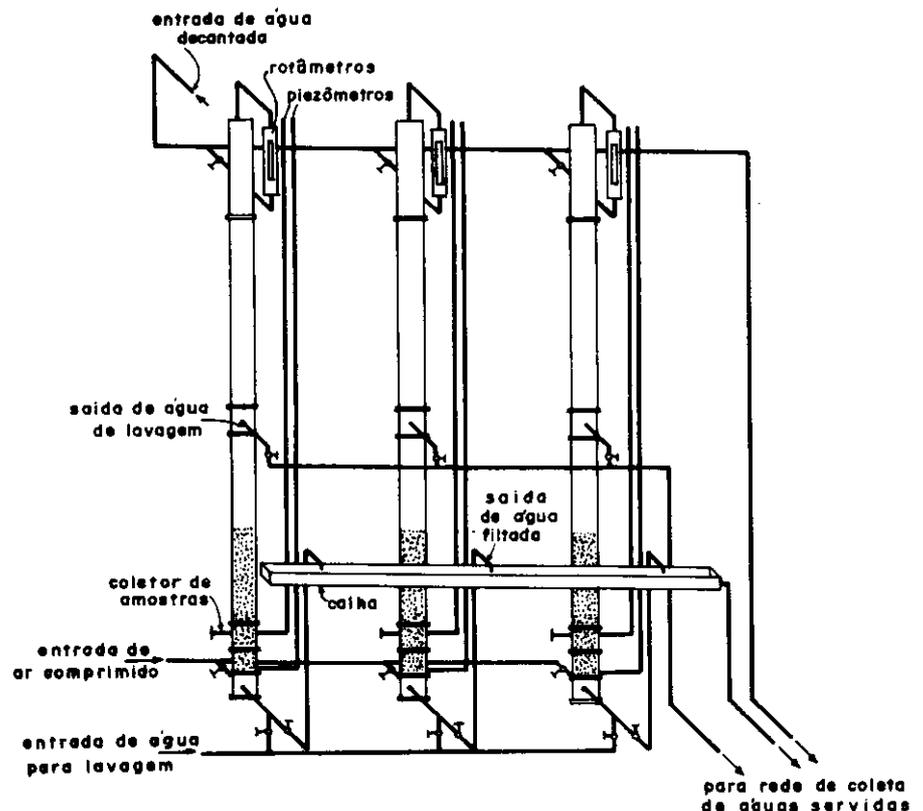


Figura 1 — Esquema geral da instalação piloto

(*) Professor livre-docente do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

Quadro 1 — Características dos Materiais Filtrantes

Características	F1		F2		F3		F3	
	Antracito	Areia	Casca de Coco	Areia	Casca de Coco	Areia	Casca de Coco	Areia
Espessura da camada (cm)	50	20	50	20	50	20	50	20
Tamanho mínimo dos grãos (mm)	0,71	0,42	0,71	0,42	0,71	0,42	0,71	0,42
Tamanho máximo dos grãos (mm)	1,68	1,19	1,68	1,19	2,00	1,19	2,00	1,19
Tamanho efetivo (mm)	0,95	0,50	0,95	0,50	1,05	0,55	1,05	0,55
D60% passa (mm)	1,33	0,70	1,33	0,70	1,45	0,77	1,45	0,77
D90% passa (mm)	1,50	0,84	1,50	0,84	1,65	0,92	1,65	0,92
Coefficiente de desuniformidade	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Peso específico (g/cm ³)	1,59	2,67	1,49	2,67	1,49	2,67	1,48	2,67

comparação com o antracito e areia, operando simultaneamente os filtros com valores da taxa de filtração variando entre 240 m³/m² e 720 m³/m² dia. A filtração empregada foi do tipo descendente e por gravidade, com taxa constante e nível variável, como mostra a figura 1.

A instalação piloto foi montada na galeria dos filtros da ETA de São Carlos (SP), utilizando-se, como afluente, da água proveniente de um dos decantadores da ETA. A vazão afluente a cada filtro, construído em acrílico de diâmetro igual a 100 mm, era medida por meio de rotâmetro instalado na canalização de afluente, sendo o valor desejado, obtido por meio de regulagem de válvula de gaveta localizada na mesma canalização. Os filtros dispunham de piezômetros para determinação de perda de carga nas camadas filtrantes e de coletores de amostras para verificação da qualidade da água na interface de mistura entre os diferentes materiais filtrantes. A água filtrada era encaminhada para uma calha comum aos filtros através das canalizações de efluente e, posteriormente, conduzida para a rede de coleta de águas servidas da ETA. Utilizou-se de água para lavagem proveniente da instalação de água fria da ETA e de compressor de ar para lavagem auxiliar.

2.2 Materiais filtrantes

Foram realizadas duas séries de ensaios de filtração. Na primeira série, a unidade piloto foi operada com três filtros operando simultaneamente, denominados, de F₁, F₂, e F₃. Na segunda série foram operados os filtros F₁ e F₂ simultaneamente. A granulometria do filtro F₂ foi fixada a partir dos resultados obtidos durante a primeira série de ensaios.

O Quadro 1 apresenta as características principais dos materiais filtrantes de cada filtro.

As granulometrias de casca de coco moída *in natura* e da areia do filtro F₂ eram idênticas às do antracito e da areia do filtro F₁. Como os pesos específicos do antracito e da casca de coco eram diferentes, o filtro F₂ teve sua granulometria fixada de modo a resultar o mesmo grau de mistura observado para o filtro F₁ e daí o fato de os maiores grãos de casca de coco do filtro F₂ terem dimensões maiores que os do antracito do filtro F₁.

Após o término da primeira série de ensaios, a casca de coco moída do filtro F₂ foi mantida a 170°C durante cerca de 1,5 hora, constituindo, assim, o material do filtro F₄.

2.3 Tempo de operação

O tempo de operação de um filtro entre lavagens sucessivas foi determinado com base em dois critérios: a) turbidez máxima do efluente igual a 5 UT; b) carga hidráulica disponível igual a zero.

O limite de turbidez igual a 5 UT é um valor considerado como máximo

permitido pelos padrões de potabilidade da Norma Brasileira (1) enquanto que, a carga hidráulica disponível no início de funcionamento, para a instalação piloto utilizada, resultava igual a, aproximadamente, 1,9 m.

2.4 Coleta de amostras e leitura de perda de carga

Durante o decorrer de cada ensaio foram coletadas amostras de água do afluente, da interface entre as duas camadas filtrantes e do efluente dos filtros, para realização das leituras de turbidez. No mesmo instante em que eram coletadas as amostras, foram medidas as perdas de carga em cada filtro através dos piezômetros instalados.

A figura 2 apresenta os detalhes do coletor de amostra utilizado.

2.5 Lavagem dos filtros

A lavagem dos filtros era feita rebaixando-se o nível de água no interior dos mesmos até que se obtivesse uma lâmina de aproximadamente 20 cm sobre o topo da camada filtrante e, em

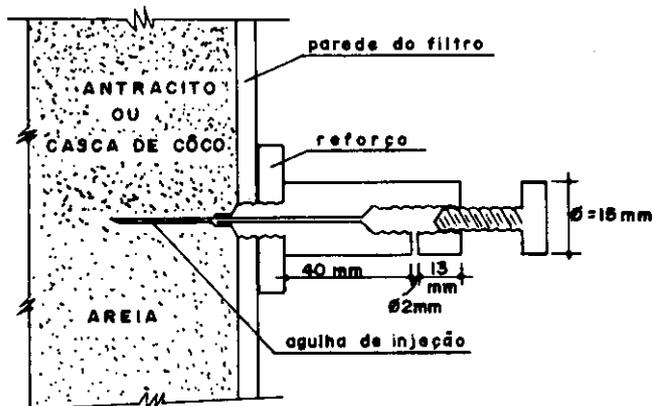


Figura 2 — Coletor de amostras

seguida, introduzia-se ar durante 5 minutos. Posteriormente, introduzia-se água em contracorrente durante 5 minutos com uma vazão para produzir uma expansão de 10% na camada de areia.

2.6 Operação dos filtros

Inicialmente, era controlada a vazão de afluente em cada filtro utilizando-se dos rotômetros, porém, evitando-se a entrada de água nos filtros através de uma canalização de "by-pass". O nível de água limpa em cada filtro, após a lavagem dos mesmos, situava-se entre 20 cm e 30 cm sobre o topo do meio filtrante. Em seguida, introduzia-se água afluente aos filtros e, rapidamente, abriam-se as válvulas de efluente e, paralelamente, eram posicionadas a calha comum de coleta dos filtros e as canalizações de efluente, de modo a se ter, no início de cada ensaio, uma lâmina líquida mínima, de 20 cm sobre o topo do meio filtrante no filtro que apresentava a menor perda de carga.

A primeira coleta de amostras de água e medidas de perda de carga ao longo do meio filtrante foram feitas após 30 minutos de operação e as demais coletas e medidas, feitas em intervalos de tempo que variavam entre 2 e 6 horas, dependendo do valor da taxa de filtração.

2.7 Resultados

Devido à quantidade elevada de dados, são apresentados nos quadros a seguir os resumos dos resultados obtidos.

A figura 3 mostra os resultados típicos de perda de carga em função do tempo de operação enquanto que a figura 4 apresenta a variação da qualidade do afluente e efluente de ambos os filtros para a segunda série de ensaios.

3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Durante a realização da investigação experimental, verificou-se, visualmente, ter havido um certo grau de mistura entre a areia e o antracito (F₁), porém, parece não ter sido excessiva. Com relação ao filtro F₂, praticamente não se observou mistura entre a casca de coco e areia enquanto que, para o filtro F₃, já era evidente um pequeno grau de mistura entre os dois materiais. Embora no filtro F₄ a casca de coco, idêntica à do filtro F₃, tivesse sido queimada, a mistura entre esse material e a areia resultou semelhante à do filtro F₃. A relação D90% (antracito) / D10% (areia) igual a 3,0, normalmente recomendada (9), parece não ser um valor adequado para os filtros F₃ e F₄, sendo, provavelmente,

Quadro 2 — Valores da duração da carreira de filtração e valores médios da turbidez nos meios filtrantes em função das taxas de filtração - segunda série de ensaios.

TAXA m ³ /m ² dia	FILTRO 1				FILTRO 2				FILTRO 3			
	TEMPO CARREIRA (horas)	TURBIDEZ AFLUENTE (UT)	TURBIDEZ INTERFA- CE (UT)	TURBIDEZ EFLUENTE (UT)	TEMPO CARREIRA (horas)	TURBIDEZ AFLUENTE (UT)	TURBIDEZ INTERFA- CE (UT)	TURBIDEZ EFLUENTE (UT)	TEMPO CARREIRA (horas)	TURBIDEZ AFLUENTE (UT)	TURBIDEZ INTERFA- CE (UT)	TURBIDEZ EFLUENTE (UT)
	240	42.30	4.58	0.59	0.39	42.50	4.58	0.85	0.41	46.50	4.49	0.76
300	32.25	4.23	0.52	0.16	37.25	3.91	0.51	0.17	36.25	4.05	0.55	0.21
360	25.75	2.64	0.67	0.37	30.75	2.51	0.73	0.36	30.75	2.51	0.67	0.35
420	19.50	3.11	0.43	0.20	25.50	2.96	0.79	0.38	27.50	2.96	0.76	0.45
480	16.30	1.91	0.44	0.16	27.50	1.88	0.85	0.24	28.50	1.84	0.58	0.28
540	16.25	2.10	0.55	0.34	22.00	1.96	0.66	0.30	22.50	1.89	0.59	0.34
600	11.00	2.32	0.52	0.31	19.00	2.35	0.93	0.36	19.00	2.36	0.72	0.23
660	13.50	1.99	0.66	0.37	18.50	2.08	0.94	0.47	19.67	2.01	0.83	0.50
720	11.50	2.07	0.85	0.42	15.00	2.07	0.81	0.47	15.00	2.07	0.83	0.46

Quadro 3 — Valores de duração da carreira de filtração e valores médios da turbidez nos meios filtrantes em função das taxas de filtração — segunda série de ensaio.

TAXA m ³ /m ² dia	FILTRO 1				FILTRO 4			
	TEMPO CARREIRA (horas)	TURBIDEZ AFLUENTE (UT)	TURBIDEZ INTERFA- CE (UT)	TURBIDEZ EFLUENTE (UT)	TEMPO CARREIRA (horas)	TURBIDEZ AFLUENTE (UT)	TURBIDEZ INTERFA- CE (UT)	TURBIDEZ EFLUENTE (UT)
240	81.50	5.06	0.28	0.13	55.50	5.78	0.28	0.14
300	49.50	4.24	0.36	0.13	52.50	4.18	0.51	0.11
360	47.50	5.27	0.87	0.37	51.00	5.15	0.97	0.34
420	33.30	6.37	1.15	0.49	33.50	6.37	1.02	0.29
480	26.00	3.41	1.20	0.59	26.50	3.42	1.20	0.27
540	20.50	4.14	1.23	0.80	22.50	4.08	1.06	0.39
600	19.00	3.73	1.42	0.85	28.50	3.18	1.42	0.86
660	17.00	2.74	1.05	0.70	24.50	2.82	1.19	0.74
720	18.50	3.69	1.63	1.12	26.50	3.16	1.57	1.04

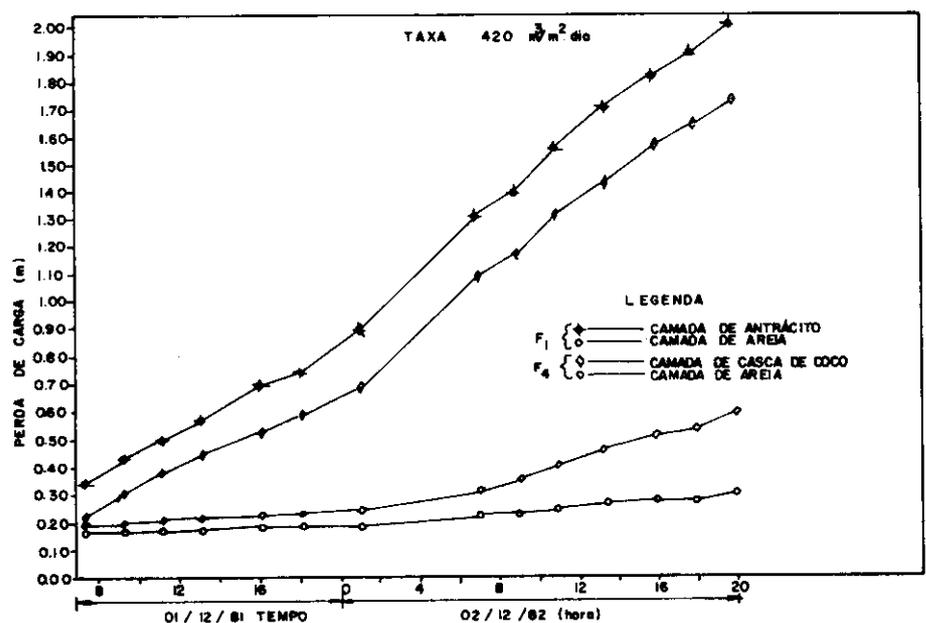


Figura 3 — Perda de carga nas camadas filtrantes em função do tempo de operação — segunda série de ensaios

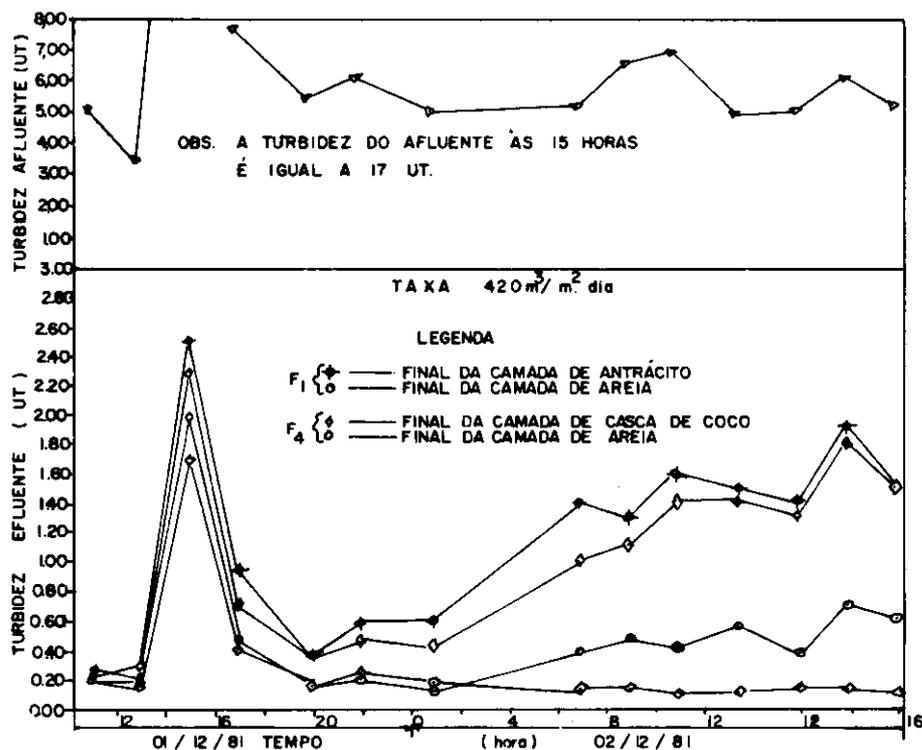


Figura 4 — Turbidez afluente e efluente nas camadas filtrantes em função do tempo de operação - Segunda série de ensaios

necessário um valor maior quando se deseja obter o mesmo grau de mistura que se verificou no filtro F₁.

Durante os ensaios foram coletadas algumas amostras do afluente e efluente dos filtros para a verificação da possível presença de microrganismos, através da cultura e contagem de colônias em placas. Os resultados obtidos mostraram que na água decantada e nos efluentes dos filtros F₂ e F₃, era evidente a presença de colônias, enquanto que raramente foi observada a presença de colônias de microrganismos quando as placas foram inoculadas com amostras dos efluentes dos filtros F₁ e F₄.

De um modo geral, os resultados obtidos na primeira série de ensaios mostram que a qualidade do efluente do filtro F₁ resultou ligeiramente superior à dos filtros F₂ e F₃; comparando-se os filtros F₂ e F₃ nota-se, no Quadro 2, uma ligeira superioridade do filtro F₃ sobre o filtro F₂. Entretanto, as durações das carreiras de filtração do filtro F₁ foram normalmente mais curtas que as dos filtros F₂ e F₃; dentre esses dois últimos, o filtro F₃ apresentou uma taxa de crescimento de perda de carga inferior ao filtro F₂, motivo pelo qual a granulometria adotada para o filtro F₄ foi idêntica à do filtro F₃.

Os resultados obtidos na segunda série de ensaios mostram claramente que ficou evidenciada, em termos de qualidade de água efluente, a superioridade do filtro F₄ (casca de coco queimada e areia) sobre o filtro F₁ (antracito e areia) quando operados

com taxas de filtração superiores a 420 m³/m² dia, embora, para taxas inferiores, a qualidade dos efluentes seja praticamente a mesma. É provável que a casca de coco, quando queimada, tenha passado por um processo de ativação, aumentando, desta forma, o seu poder de adsorção e sua eficiência como material filtrante.

Com exceção do ensaio com a taxa de 240 m³/m² dia, o filtro F₄ apresentou carreiras de filtração mais longas que as do filtro de antracito e areia, ficando nitidamente evidenciada a sua superioridade quando operados com taxas mais altas (acima de 540 m³/m² dia). Com exceção do ensaio para a taxa de filtração de 240 m³/m² dia, a taxa de crescimento da perda de carga total para o filtro F₁ foi sempre maior que a do filtro F₄.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

a) A casca de coco moída e queimada pode ser utilizada em filtros de camada dupla em substituição ao antracito pois, além da qualidade do efluente resultar ligeiramente superior, as carreiras de filtração resultaram mais longas;

b) o filtro com casca de coco moída e queimada é superior aos filtros com casca de coco moída em seu estado natural, tanto em termos de retenção de microrganismos como pela qualidade do efluente produzido.

c) a granulometria mais adequada para a casca de coco é aquela que apresenta os seus maiores grãos, com tamanhos superiores aos maiores grãos de antracito.

4 BIBLIOGRAFIA

1. ABNT — Padrões de Potabilidade, 1976.
2. CONLEY, W. R. — Experience with Anthracite-sand Filters — Journal AWWA, 53, (12): 1473-84, dec. 1961.
3. CONLEY, W. R. & HSIUNG, K. — Design and Application of Multimedia Filters — Journal AWWA, (2):97. 101, feb. 1969.
4. DI BERNARDO, L. — Estudos sobre a Filtração Direta — Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1977, 268 p. — Tese de Doutorado.
5. DI BERNARDO, L. — Filtração. In: Hidráulica de Estações Convencionais de Tratamento de Água. FEEMA 74 p. 1981.
6. IVES, K. J. — Deep-bed Filters New Developments — University College London, 1968.
7. MOHANKA, S. S. Multilayer Filtration — Journal AWWA, (10):504-511, oct. 1969.
8. RICHARD, Y. Dual Media Filters: Myth or Reality Techniques et Sciences Municipales — L'eau n.º 10/75 — 445-452. oct. 1975.
9. ROBECK, G. & KREISSL, J. F. Multimedia Filtration: Principles and Pilot Experiments. Transactions of the Seventeenth Annual Conference on Sanitary Engineering. The University of Kansas, Lawrence Kansas: 10-21, 1967.
10. THE WATER RESEARCH ASSOCIATION Anthracite-sand Filtration — A Working Conference at the University of Reading, England, 1972.