



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
CAMPUS DE SÃO CARLOS  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

# XXII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

PORTO RICO, 9-15 DE SETEMBRO DE 1990

TRABALHO : "INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL SOBRE O DESEMPENHO DE  
MANTAS SINTÉTICAS NA FILTRAÇÃO LENTA DE ÁGUAS DE  
ABASTECIMENTO"

AUTOR (ES) : LUIZ DI BERNARDO  
JOSÉ E.S. PATERNIANI  
NIGEL J.D. GRAHAM



AV. DR. CARLOS ROTELHO, 365 - Cx. Postal 350 - Fones (062) 72-8222 - TELEX 162 4H USP/UR - CEP 13560 - SÃO CARLOS - SP - BRASIL

0806598

INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL SOBRE A INFLUÊNCIA DE MANTAS SINTÉTICAS  
NA FILTRAÇÃO LENTA DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

(\*) Luiz Di Bernardo

(\*\*) José E. S. Paterniani

(\*\*\*) Nigel J. D. Graham

RESUMO

Recentemente, têm sido propostos alguns métodos de pré-tratamento com o objetivo de reduzir a quantidade de impurezas presentes no afluente dos filtros lentos de areia utilizados para o tratamento de águas para fins de abastecimento. Dentre as diversas possibilidades, o uso de mantas sintéticas, constituídas de polipropileno, poliamida e poliéster tem propiciado condições para a obtenção de carreiras de filtração mais longas.

O presente trabalho consiste numa investigação experimental onde foram comparados filtros lentos com e sem manta sintética, com camadas de areia de diferentes espessuras, para uma taxa de filtração de  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$ . Para uma carga hidráulica de 0,75 m destinada à retenção de impurezas, concluiu-se, principalmente, que: (i) com o uso de uma manta de 5 mm de espessura, obtém-se carreiras de, pelo menos, 50% mais longa, independentemente da espessura da camada de areia; (ii) a qualidade do efluente, medida pela turbidez, cor aparente, coliformes totais e ferro e manganes é praticamente a mesma, independentemente do uso de manta e da espesura da camada de areia; (iii) a manta é responsável por, aproximadamente, 90% da perda de carga total destinada à retenção de impurezas; (iv) para as condições investigadas, houve desenvolvimento de perda de carga no início da camada de areia, o que é indesejável sob o ponto de vista de limpeza.

Os autores desejam expressar seus agradecimentos à EESC-USP, CNPq, FINEP, Conselho Britânico e Imperial College of Science and Technology (Inglaterra) e ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos por oferecerem condições para que o presente trabalho fosse realizado.

\* Escola de Engenharia de São Carlos - USP

\*\* Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP

\*\*\* Imperial College of Science and Technology - Londres, Inglaterra

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PERFORMANCE OF  
FABRIC-PROTECTED SLOW SAND FILTERS

(\*) Luiz Di Bernardo

(\*\*) José E. S. Paterniani

(\*\*\*) Nigel J. D. Graham

ABSTRACT

Some alternatives have been investigated recently concerning the pretreatment of surface waters to improve the influent water quality to slow sand filters. In this work, the application of a now-woven fabric layer on the top surface of the sand layer of the filter was studied in a pilot plant assembly consisting of five filters with different thicknesses of sand layer.

For a maximum available head-loss of 0,75 m and a filtration rate constant of  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ , it was found that the performance of slow sand filtration can be significantly improved by the application of a fabric of 5 mm thickness.

Thus, longer run-lengths are achieved, good filtrate water quality is maintained, filter cleaning is easier and the sand layer thickness does not appear to influence the filtrate water quality.

The authors want to express their gratitude to the School of Engineering of São Carlos - USP, FINEP, CNPq, the British Council, Imperial College of Science and Technology - England and to the Municipal Water Works of São Carlos for providing conditions to the execution of this work.

---

(\*) School of Engineering of São Carlos - USP

(\*\*) Agricultural Faculty - UNICAMP

(\*\*\*) Imperial College of Science and Technology - London (England)

(2)

## INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL SOBRE O DESEMPENHO DE MANTAS SINTÉTICAS NA FILTRAÇÃO LENTA DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

Luiz Di Bernardo

José E. S. Paterniani

Nigel J. D. Graham

### 1 - INTRODUÇÃO

A filtração lenta é um processo de tratamento de águas para abastecimento, em que o afluente passa por uma camada de areia, obtendo-se um efluente com ca racterísticas satisfatórias ao consumo humano, após desinfecção final. Em se tratando de águas superficiais, há épocas do ano em que a turbidez é relativamente elevada, acarretando problemas operacionais sérios nos filtros lentos. Adicionalmente, se a água bruta apresentar cor relativamente alta, devida a substâncias húmicas, a filtração lenta deixa de ser uma tecnologia recomendável, pois sua remoção é, em geral, insignificante no processo.

Há muitos autores que recomendam valores limites, principalmente da turbidez, para o uso da filtração lenta. Segundo Hesparhol (5), a turbidez não deve superar a 50 UT; Huisman (6) e Di Bernardo (3) consideram que a turbidez e cor verdeadeira devem ser inferiores a, 10 UT e 20 UH, respectivamente; Pescod (13) recomenda que a turbidez seja menor que 25 UT; Ives e Rajapakse (7) limitam o teor de sólidos suspensos a 25 mg/l; Cleasby e colaboradores (2) reportam valores máximos de turbidez e cor verdeadeira menores que, respectivamente, 30 UT e 20 UH; Mbwette e colaboradores (11) mencionam valores máximos de turbidez e cor verdeadeira iguais a, respectivamente, 10 UT e 15 UH. Embora outras características do afluente pudessem ser consideradas, como carbono orgânico total, tamanho e distribuição de tamanho das partículas em estado coloidal e em suspensão, qualidade biológica (número e espécies de bactérias, protozoários, vírus e algas), temperatura, etc, o emprego da filtração lenta, notadamente nos países em desenvolvimento, tem se baseado, principalmente, na turbidez e cor verdeadeira da água bruta.

Quando somente a turbidez é o parâmetro limitante, como normalmente ocorre nos países tropicais que utilizam manancial superficial, o uso de alguma espécie de pré-tratamento pode propiciar condições para a obtenção de água que apresente qualidade compatível com aquela requerida para a filtração lenta. Tem sido in-

vestigada a pré-filtração com fluxo horizontal ou vertical, utilizando leito de pedregulho, como unidade de pré-tratamento para filtros lentos de areia. Ultimamente, os trabalhos realizados por Graham e colaboradores (9, 10, 11) têm mostrado benefícios substanciais no desempenho de instalações piloto de filtragem lenta, quando são usadas mantas sintéticas sobre o topo da camada de areia, destacando-se: (i) aumento de duração da carreira de filtragem; (ii) possibilidade de redução da carga hidráulica disponível; (iii) possibilidade do emprego de taxas de filtragem mais elevadas; (iv) facilidade na operação de limpeza e diminuição dos serviços de manutenção; (v) melhoria de qualidade da produzida; (vi) proteção do leito filtrante contra aumentos momentâneos significativos da turbidez do afluente.

Através de convênio entre a Escola de Engenharia de São Carlos - USP e a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, a pré-filtragem em pedregulho e a filtragem lenta vem sendo intensivamente estudada desde 1984. Muitos trabalhos realizados com água bruta que apresenta qualidade variável durante o ano, mostraram que a filtragem lenta pode ser empregada com sucesso sempre que as seguintes condições ocorrerem: (i) turbidez do afluente inferior a 10 UT; (ii) contagem do número total de algas menor que 500 UPA; (iii) teor de ferro e manganês menor que 3 mg/l; (iv) NMP de coliformes totais inferior a 5000 colif/100 ml; (v) cor verdadeira menor que 20 UH; (vi) taxa de filtragem máxima de 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. d, porém, função da qualidade da água bruta. Muitos destes limites foram obtidos a partir de pesquisas em que foram alteradas as características da água bruta, pois, normalmente, somente a turbidez varia significativamente, chegando a atingir valores de até 100 UT.

Com o objetivo de investigar o desempenho das mantas sintéticas, quando colocadas no topo da camada de areia dos filtros lentos, foi desenvolvido um trabalho experimental, para uma taxa de filtragem constante e igual a 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. d, comparando-se a qualidade do efluente produzido e duração da carreira de filtragem quando é variada a espessura da camada de areia.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Instalação Piloto

#### 2.1.1 - Descrição Geral

A figura 1 apresenta um esquema geral do local onde estão instalados cinco filtros (F1, F2, F3, F4, F5) utilizados na pesquisa. A água bruta é proveniente

da adutora do Espraiado, que passa no Campus da EESC-USP antes de chegar na Estação de Tratamento de Água de São Carlos. Devido ao regime de funcionamento das bombas na captação do Espraiado, foi construído um reservatório de 15 m<sup>3</sup>, de modo que as instalações de pesquisa pudessem funcionar sem interrupções. Assim, por meio de derivação efetuada na adutora, a água bruta é recalcada para o reservatório, de onde é bombeada para uma caixa localizada acima dos filtros, provida de vertedores triangulares para dividir igualmente a vazão aos cinco filtros.

#### 2.1.2 - Características dos Filtros

Os cinco filtros foram construídos em chapas metálicas, com diâmetro interno de 800 mm e revestidos interna e externamente com pintura epoxi. Apresentam uma parte cilíndrica de 2150 mm de altura (superior), complementada por um tronco de cone na parte inferior com 500 mm de altura. Na região de interligação dessas partes componentes das unidades, há anteparos, localizados interiormente, que suportam uma placa circular provida de orifícios, sobre a qual é disposta a camada de pedregulho, igual para as unidades e constituída de três subcamadas, conforme mostra o Quadro 1, que apresenta, também, as principais características da areia utilizada.

Assim, os cinco filtros possuíam a mesma camada suporte e areia de mesmas características, porém, diferiam na espessura da camada de areia e do uso de manta sobre o topo da camada da mesma, o que pode ser identificado no Quadro 2 e visto nas figuras 2, 3 e 4.

A fixação da manta sobre o topo da camada de areia foi efetuada de forma a garantir que não ocorresse curto-círcuito, isto é, que o afluente não percolasse entre a parede interna do filtro e a própria manta. A figura 5 mostra um esquema ilustrativo de fixação da manta, em que foram confeccionados dois círculos, com diâmetro ligeiramente inferior ao dos filtros, a partir de tubos de polietileno de diâmetro igual a 19 mm. Estes círculos pressionavam a manta contra a parede interna dos filtros, evitando-se, portanto, um caminho preferencial nessa região.

#### 2.1.3 - Propriedades da Manta

Em trabalho realizado (4), que precedeu a investigação experimental, objeto da presente pesquisa, foram estudadas cinco mantas sintéticas (\*), tendo-se optado pelo uso de uma delas, designada de M3, cujas propriedades são apresentadas no Quadro 3. (\* fornecidas pela Fábrica de Tapetes São Carlos - SP - Brasil)

## 2.2 - Metodologia dos Ensaios

### a) Taxa de Filtração

Embora na pesquisa completa serão estudadas taxas de filtração de 4, 6, 8 e 10  $m^3/m^2 \cdot d$ , na presente investigação são apresentados e discutidos os resultados correspondentes à taxa de filtração de 6  $m^3/m^2 \cdot d$ .

### b) Medida de Perda de Carga

Através de piezômetros instalados apropriadamente, foram efetuadas duas leituras diárias de nível, para a determinação da perda de carga na manta e ao longo da camada de areia.

### c) Qualidade do Afluente e Efluente

Duas vezes por dia (8:00 e 17:00 horas) eram coletadas amostras do afluente e efluentes dos filtros para medição da turbidez e cor aparente.

Uma vez por dia era efetuada a coleta de amostra do afluente e efluentes dos filtros para determinação de ferro e manganês.

Devido às dificuldades com o tempo dispendido com a técnica da fermentação em tubos múltiplos, a determinação do NMP de coliformes totais do afluente e efluentes dos filtros foi efetuada com amostras coletadas duas vezes por semana.

### d) Término da Carreira de Filtração

Conforme pode ser visto nas figuras 2, 3 e 4, a carga hidráulica total disponível para a filtração foi fixada em 0,75 m para todos os filtros, devido à altura limitada do filtro com camada de areia de 80 cm.

A carreira de filtração iniciava com um nível mínimo de água no interior do filtro de 0,20 m e encerrava quando atingia 0,95 m. Portanto, a perda de carga devido à retenção de impurezas resultava de 0,75 m para todas as unidades filtrantes.

### e) Limpeza dos Filtros

Nos filtros F1 e F3, sem manta, eram raspados cerca de 2 a 3 cm da superfície da areia e efetuada a reposição da quantidade de areia retirada de modo que a espessura total permanecesse constante.

No caso dos filtros F2, F4 e F5, que possuíam a manta, a mesma era retirada e lavada, esguichando-se água de torneira do sistema de abastecimento do campus da EESC-USP, utilizando-se de mangueira plástica. Como houve uma certa penetração de impurezas no início da camada de areia, cerca de 1 cm da mesma era removido. Após reposição de areia limpa, a manta lavada era recolocada no filtro.

f) Número de Ensaios

Com o objetivo de se verificar a reprodutibilidade dos resultados, foram realizados cinco ensaios com a taxa de filtração de  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ .

3 - RESULTADOS

O Quadro 4 apresenta um resumo dos cinco ensaios realizados com a taxa de  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ , com respeito à duração das carreiras de filtração.

As figuras 6, 8 e 10 apresentam, respectivamente, as leituras piezométricas nos F1-F2, F3-F4 e F5.

As figuras 7, 9 e 11 apresentam, respectivamente, o NMP de coliformes totais ferro e manganês, turbidez e cor aparente do afluente e efluentes dos filtros F1-F2, F3-F4 e F5.

4 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os resultados do Quadro 4, para a taxa de filtração de  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ , mostram claramente que se obtém carreiras de filtração com duração mais longa quando é usada a manta sobre o topo da camada de areia. Com exceção do ensaio 2, para o filtro com 0,60 m de camada de areia, as carreiras de filtração resultaram, no mínimo, 50% mais longas quando foram usadas as mantas. Outro aspecto interessante que se pode observar no Quadro 4 é a duração da carreira de filtração do filtro F5 que, para uma mesma carga hidráulica disponível para retenção de impurezas de 0,75 m, resultou da mesma ordem de grandeza dos filtros com manta com camadas de maior espessura.

Apesar de terem sido apresentados os dados específicos de perda de carga e qualidade do afluente e efluentes dos filtros somente para o ensaio 1, o comportamento dos filtros para os quatro ensaios restantes foram semelhantes ao que se nota nas figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

Nas figuras 6, 8 e 10, observa-se nitidamente que a maior perda de carga no final das carreiras de filtração nos filtros F1, F3 e F5, ocorre na manta, enquanto que, nos filtros F2 e F4, resultou nos primeiros centímetros da camada de areia, o que, pela alta porosidade da manta quando comparada à areia, é responsável pela obtenção de carreiras mais longas nos filtros F1, F3 e F5. Ainda com relação à essas figuras e com base nos resultados dos outros quatro ensaios adicionais, pode-se afirmar que não houve curto-circuito ou seja, percolação de água entre a manta e a parede interior dos filtros. Entretanto, é notório nessas figuras, que houve uma certa penetração de impurezas no início da camada de areia, o que exigiu a raspagem de 1 cm da superfície da mesma entre ensaios sucessivos. Este fato pode ser resultado de uma manta de espessura muito pequena (5 mm) comparável com a carga hidráulica disponível para retenção de impurezas (0,75 m) ou então, que a taxa de filtração é elevada. Porém, quando se observa mais detidamente essas figuras, nota-se que somente a partir do décimo dia é que começou a haver um aumento progressivo no inicio da camada de areia nos três filtros com manta. Isto indica que, ao invés de uma manta, talvez devessem ser usadas duas ou três superpostas, já que mantas de espessura maior poderiam ser difíceis de lavar.

As figuras 7, 9 e 11 mostram que, independentemente do uso de manta e da espessura da camada de areia, há remoção considerável de coliformes totais, ferro e manganês, cor aparente e turbidez. Em geral, o NMP de coliformes totais dos efluentes de todos os filtros foi inferior a 50 col/<sup>100 ml</sup>, quando o do afluente variou entre 300 e 2900 col/<sup>100 ml</sup>. Para teores de ferro e manganês do afluente compreendido entre 1 e 4 mg/<sup>l</sup>, os efluentes de todos os filtros apresentaram, em média, teores inferiores a 0,5 mg/<sup>l</sup>. A turbidez do efluente dos filtros resultou inferior a 5 UT, atingindo valores menores que 1 UT, porém, quando houve um aumento rápido e significativo da turbidez do afluente, a turbidez dos efluentes dos filtros, mesmo aqueles que possuíam mantas, também aumentou de forma parecida. Com relação à cor aparente, o comportamento dos cinco filtros foi semelhante.

Com base no trabalho realizado, para a taxa de filtração de 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. d e carga hidráulica disponível de 0,75 m para retenção de impurezas, concluiu-se que:

- a) o uso de uma manta de 5 mm de espessura permite obter carreiras de filtração mais longas;
- b) a maior parte das impurezas removidas do afluente ocorreu na manta daqueles que a possuíam (cerca de 90%);

- c) quando é usada a manta, a espessura da camada de areia não influí significativamente no desempenho do filtro, indicando a possibilidade da redução da espessura da mesma;
- d) nos filtros com uma manta de 5 mm, houve pequena penetração de impurezas no início da camada de areia;
- e) a qualidade do efluente produzido nos filtros com ou sem manta, medida pela turbidez, cor aparente, coliformes totais e ferro e manganês é praticamente a mesma.

É recomendável que sejam estudadas taxas maiores e menores que  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$  e o uso de mais de uma manta, principalmente para o filtro com menor espessura de areia, de modo a se procurar evitar que haja desenvolvimento de perda de carga na camada de areia, pois, neste caso, será necessária a raspagem da superfície da mesma.

#### 5 - BIBLIOGRAFIA

- 1- BELLAMY, W.D. et al. Filtration of Giardia Cysts and Other Substances. Cooperative Agreement nº CR 808650-02. COLORADO STATE UNIVERSITY-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USA, 1984.
- 2- CLEASBY, J.L. et al. Effective Filtration Methods for Small Water Supplies. Cooperative Agreement nº CR 808837-01-0. IOWA STATE UNIVERSITY-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USA, 1984.
- 3- DI BERNARDO, L. Filtração Lenta e Pré-filtração de Águas de Abastecimento. ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - APOSTILA, 1989.
- 4- DI BERNARDO, L. et al. Caracterização de Mantas Sintéticas não Tecidas Utilizadas na Filtração Lenta de Águas de Abastecimento. XXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. San Juan, Puerto Rico, setembro, 1990.
- 5- HESPAÑOL, I. Investigação sobre o Comportamento e Aplicabilidade de Filtros Lentos no Brasil. Tese de Doutorado - FACULDADE DE HIGIENE E SAÚDE PÚBLICA - USP. São Paulo, 1969.
- 6- HUISMANN, L. Research and Demonstration Project on Slow Sand Filtration.

PROCEEDINGS PANAMERICAN CONGRESS ON SANITARY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
CONGRESS. .Panama, August, 1982.

- 7- IVES, K.J. & RAJAPAKSE, J.P. Pretreatment with Pebble Matrix Filtration  
Chap 2 - Pretreatment Methods. In: Slow Sand Filtration - Recent Develop-  
ments in Water Treatment Technology. Ed. N.J.D. GRAHAM. London, England,  
1988.
- 8- LETTERMAN, R.D. & CULLEN JR., T.R. Slow Sand Filter Maintenance - Costs and  
Effects on Water Quality. Cooperative Agreement n° CR-810850010. SYRACU  
SE UNIVERSITY - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USA, 1985.
- 9- MBWETTE, T.S.A. & GRAHAM, N.J.D. Improving the Efficiency of Slow Sand Fil-  
tration with Now-Woven Synthetic Fabrics. Filtration and Separation.  
Vol. 24, p: 46-50, 1987.
- 10- MBWETTE, T.S.A. & GRAHAM, N.J.D. Pilot Plant Evaluation of Fabric - Protected  
Slow Sand Filters. Chap. 5 - Process Developments. In: Slow Sand Fil-  
tration - Recent Developments in Water Treatment Technology. Ed. N. J. D.  
GRAHAM. London, England, 1988.
- 11- MBWETTE, T.S.A. et al. Performance of Fabric - Protected Slow Sand Filters Treating  
Lowland Surface Water. Journal of the Institution of Water and Envi-  
ronmental Management (in Press), London, England, 1989.
- 12- McINDOE FALLS FIREDISTRICT Slow Sand Filter and Package Treatment Plant Evalu-  
ation - Operating Costs and Removal of Bacteria, Giardia and Trihalomethanes.  
Cooperative Agreement n° 809284010. Mc INDOE FALLS - ENVIRONMENTAL PROTEC-  
TION AGENCY - USA, 1985.
- 13- PESCOD, O.B.E. et al. Slow Sand Filtration - A Low Cost Treatment for Water  
Supplies in Developing Countries. WHO-IRC, 19.

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS DA CAMADA SUPORTE E DA AREIA UTILIZADA

CAMADA SUPORTE		CAMADA DE AREIA				
ESPESSEURA (mm)	TAMANHO (mm)	TAMANHO DOS GRÃOS (mm)			Coeficiente de Desuni- formidade	Coeficiente Esfericida- de
		Menor Grão	Maior Grão	D <sub>10</sub>		
75	25,4 - 19,7					
75	13,9 - 7,9	0,08	0,84	0,23	1,8	0,75
75	6,4 - 3,2					
75	2,4 - 1,4					

QUADRO 2 - CARACTERÍSTICAS DOS MEIOS CONSTITUINTES DOS FILTROS

FILTRO	ESPESSEURA DA CAMADA DE AREIA (mm)	USO DE MANTA
F1	80	NÃO
F2	80	SIM
F3	60	NÃO
F4	60	SIM
F5	30	SIM

QUADRO 3 - PROPRIEDADES DA MANTA UTILIZADA NA INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

PROPRIEDADES		CARACTERIZAÇÃO
- Cor		preta
- Composição		68% PP - 15 DTEX 32% PA - 17 DTEX
- Másssa Específica da Fibra PP(g/cm <sup>3</sup> )		0,91
- Massa Específica da Fibra PA(g/cm <sup>3</sup> )		1,14
- Massa Específica Média das Fibras (g/cm <sup>3</sup> )		0,9835
- Massa Específica Média da Manta (g/cm <sup>3</sup> )		0,1151
- Diâmetro da Fibra PP(µm)		45,8
- Diâmetro da Fibra PA(µm)		43,6
- Diâmetro Médio das Fibras (µm)		45,1
- Porosidade (%)		88,29
- Superfície Específica (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )		10388
- Conduvidade Hidráulica (mm/s)		7,16
- Espessura (mm)		5,0

PP: polipropileno

PA: poliamida

DTEX: medida textil do diâmetro da fibra

QUADRO 4 - DURAÇÃO DA CARREIRA DE FILTRAÇÃO (T) E FATOR DE AUMENTO (F)  
COM MANTAS - T.F = 6 m/d

FILTRO	ENSAIO 1		ENSAIO 2		ENSAIO 3		ENSAIO 4		ENSAIO 5	
	T(h)	F								
F1 - S/M	226	-	261	-	237	-	289	-	316	-
		1,526		1,540		1,797		1,643		1,649
F2 - C/M	406	-	402	-	426	-	475	-	521	-
F3 - S/M	208	-	318	-	279	-	291	-	266	-
		1,981		1,198		1,667		1,618		1,861
F4 - C/M	412	-	381	-	465	-	471	-	495	-
F5 - C/M	393	-	396	-	443	-	484	-	574	-

FIG. 1 - ÁREA PARA PESQUISA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA  
ABASTECIMENTO - FILTRAÇÃO LENTA.

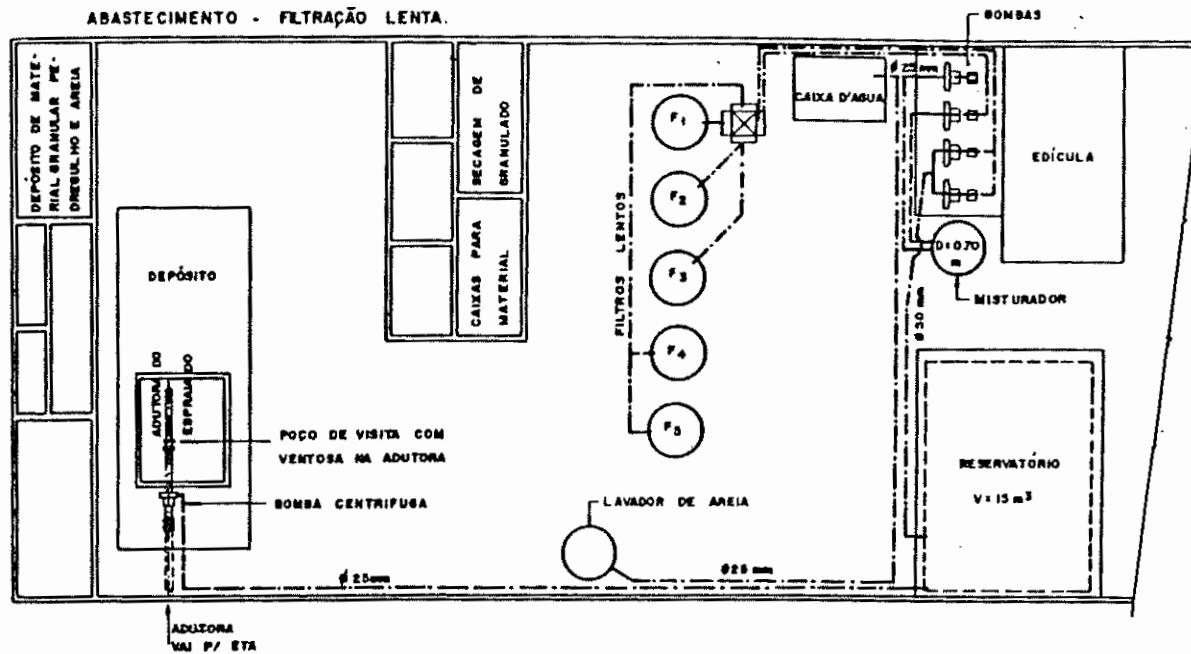


FIGURA 2 - CARACTERÍSTICAS DOS FILTROS F1 E F2

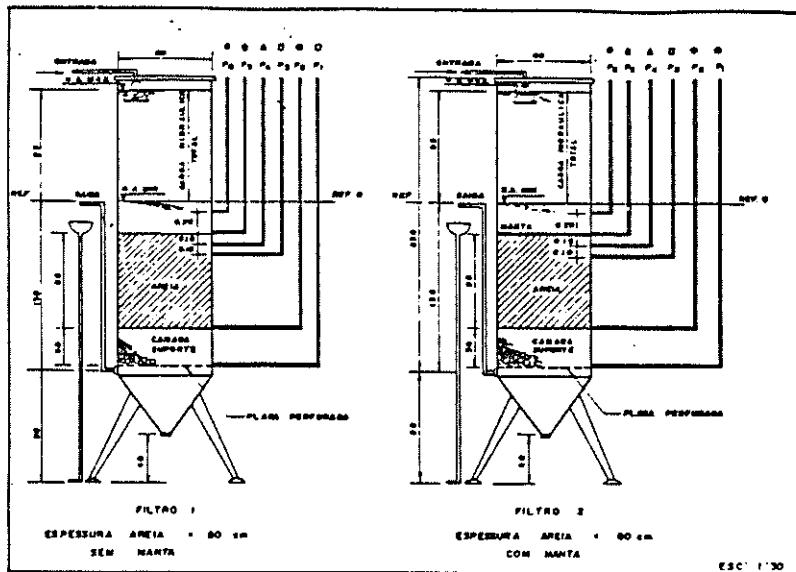
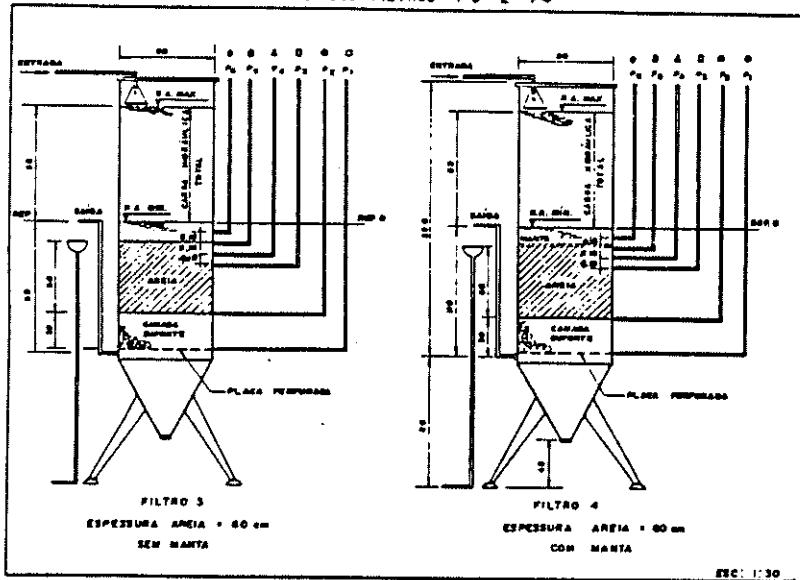


FIGURA 3 - CARACTERÍSTICAS DOS FILTROS F3 E F4



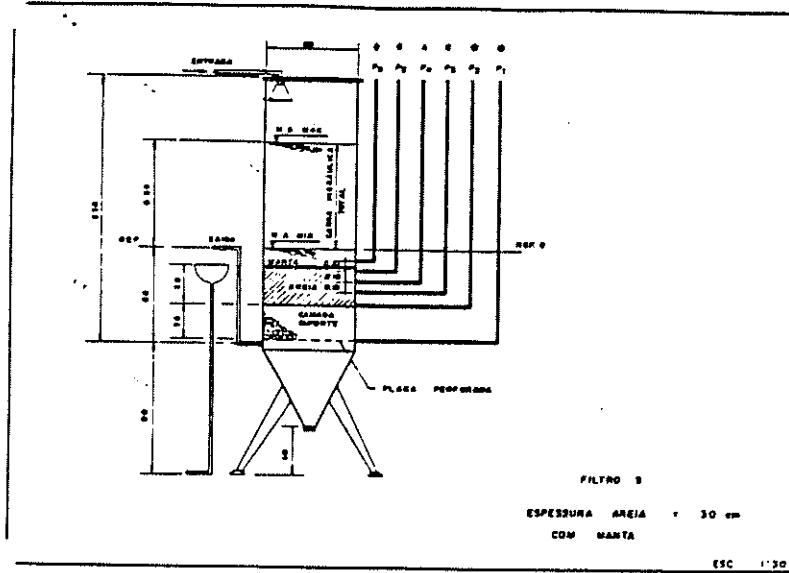


FIGURA 4 - CARACTERÍSTICAS DO FILTRO F3

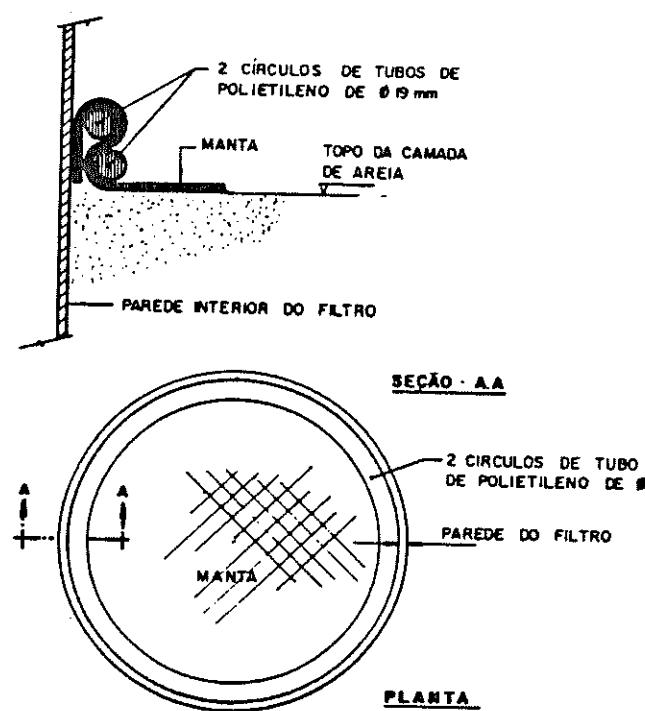


FIGURA 5 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DE FIXAÇÃO DA MANTA NO TOPO DA CAMADA DE AREIA.

