



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
DEPARTAMENTO DE ÁGUA E SOLO**

**DESEMPENHO DE DIFERENTES TIPOS  
DE MANTAS SINTÉTICAS NÃO TECIDAS  
NA FILTRAÇÃO DA ÁGUA PARA  
IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**

**MILLER MARANI LIMA  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Orientador: Prof. Dr. José Euclídes Stipp Paterniani**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia  
Agrícola como requisito parcial para obtenção do  
Título de mestre em Engenharia Agrícola, área  
de concentração Água e Solo**

**CAMPINAS - SP  
JUNHO DE 1999**

"Tudo que pedirdes em oração, crendo, recebereis."

(Marcos 11:24)

A Deus por se fazer presente em todos os momentos, me dando força e coragem na conquista dos meus ideais.

A minha querida esposa Eliane pelo amor, carinho, compreensão e dedicação. Aos meus pais Parcifal e Maria Augusta pelo amor e pelas orações, dedico esta tese.

## AGRADECIMENTOS:

Ao Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani, pela orientação, amizade e compreensão ilimitadas.

Aos Profs. Dr. Denis Miguel Roston e Dr. José Teixeira Filho, do Departamento de Água e Solo, pela assessoria científica.

Aos funcionários, Túlio A P. Ribeiro, Gelson E. da Silva, Marta A. R. Vechi, Ana Paula Montagner, Sillvia e a outros que contribuíram para a elaboração deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo incentivo na concessão da bolsa e pelo financiamento integral do projeto.

Ao amigo Marcos Eduardo Scatolini que me apoiou com seus conhecimentos científicos e com sua experiência de vida, meus sinceros agradecimentos.

A amiga Rosa Helena que nos momentos difíceis me ouviu e carinhosamente me apoiou.

Aos colegas, Giovanni, Antônio, Carlos e Rogério que me acolheram e me apoiaram.

## SUMÁRIO

I. Introdução-----	1
II. Objetivo-----	3
III. Revisão de literatura-----	4
3.1. Histórico da irrigação localizada-----	4
3.2. Características da irrigação localizada-----	5
3.3. Qualidade da água para irrigação localizada-----	6
3.3.1. Aspectos gerais da qualidade da água para irrigação localizada-----	6
3.4. Filtração da água para irrigação localizada-----	9
3.4.1. Objetivos da filtração-----	9
3.4.2. Análise dos filtros-----	9
3.4.3. Tipos de filtros usados na irrigação localizada-----	11
3.4.3.1. Filtro de areia-----	11
3.4.3.2. Filtro hidrociclone -----	12
3.4.3.3. Filtro de tela-----	13
3.4.3.4. Filtro de disco-----	14
3.4.3.5. Filtros de mantas sintéticas não tecidas-----	15
IV. Material e métodos-----	18
4.1. Descrição da primeira etapa-----	18
4.1.1. Concepção dos filtros-----	19
4.2. Descrição da segunda etapa-----	20
4.3. Análise do material e avaliação-----	22
4.3.1. Programação dos ensaios-----	22

4.3.2. Calibração dos transdutores de pressão-----	22
4.4. Procedimento de análises dos parâmetros de qualidade de água.-----	23
4.4.1. Sólidos suspensos totais-----	23
4.4.2. Turbidez-----	25
4.5. Análise estatística dos dados-----	26
V. Resultados-----	27
5.1 Resultados da primeira etapa-----	27
5.2. Resultados da Segunda etapa-----	28
VI Discussão-----	69
6.1. Comentários gerais dos resultados da primeira etapa-----	69
6.2. Comentários dos resultados da segunda etapa-----	69
6.2.1. Evolução da perda de carga devido à retenção de impurezas-----	69
6.2.2. Eficiência de remoção de impurezas-----	71
6.2.3. Vazão <i>versus</i> perda de carga-----	73
VII. Conclusões e recomendações-----	75
VIII. Bibliográficas-----	76

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 3.1. Eficiência de remoção-----	9
Equação4.1. Calibração dos transdutores de pressão-----	23
Equação4.2. Para determinação dos sólidos suspensos totais-----	25

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Esquema de um filtro de areia para uso em irrigação localizada.-----	12
Figura 3.2. Constituição do corpo do filtro e seus elementos filtrantes, tela e disco.-----	13
Figura.4.1 Instalação piloto para elaboração da primeira etapa.-----	18
Figura 4.2. Ilustração do procedimento de instalação das mantas no filtro-----	19
Figura 4.3. Esquema Geral da Segunda Etapa-----	20
Figura 4.4. Foto ilustrando sistema de aquisição de dados -----	21
Figura 4.5. Foto ilustrando Transdutor de pressão -----	21
Figura 4.6. Suporte de filtro com receptor da marca NALGE COMPANY usado para determinação de sólidos suspensos totais.-----	24
Figura 51 - Perda de carga versus vazão-----	28
Figura 5.2 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n1.-----	29
Figura 5.3 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n2.-----	30
Figura 5.4 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n3.-----	31
Figura 5.5 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n4.-----	32
Figura 5.6 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n5.-----	33
Figura 5.7 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n6.-----	34
Figura 5.8 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n7.-----	35
Figura 5.9 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n8.-----	36

Figura 5.10 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n9.	37
Figura 5.11 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n10.	38
Figura 5.12 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n1.	39
Figura 5.13 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n12.	40
Figura 5.14 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n13.	41
Figura 5.15 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n14.	42
Figura 5.16 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n15.	43
Figura 5.17 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n16.	44
Figura 5.18 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n17.	45
Figura 5.19 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n18.	46
Figura 5.20 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n19.	47
Figura 5.21 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n20.	48
Figura 5.22 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n21.	49
Figura 5.23 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n22.	50
Figura 5.24 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n23.	51

Figura 5.25 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n24-----52

Figura 5.26 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n25-----53

Figura 6.1 ; Média dos Valores de Perda de Carga em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Para um mesmo Tempo de Operação----  
-----71

Figura 6.2 ; Porcentagem de Remoção de Sólidos Suspensos Totais para os Meios Filtrantes Tela, Disco e mantas M2, M3 e M8. Para um Mesmo Tempo de Filtração----72

Figura 6.3 ; Porcentagem de Remoção de Turbidez para os Meios Filtrantes Tela, Disco e mantas M2, M3 e M8. Para um Mesmo Tempo de Filtração -----72

Figura 6.4 ; Volume Acumulado Médio dos Ensaios para os Meios Filtrantes Tela, Disco e mantas M2, M3 e M8-----73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1.: Elementos físicos, químicos e biológicos que provocam obstruções nos sistemas de irrigação localizada.-----	7
Tabela 3.2. Influência da qualidade da água no surgimento de problemas de obstrução de emissores em sistemas de irrigação localizada:-----	8
Tabela 3.3 : Mantas sintéticas não tecidas (Fabricante Tapeçaria São Carlos)-----	16
Tabela 3.4: Características das mantas sintéticas não tecidas (Fabricante OBER S/A)---	17
Tabela 3.5.: Características das mantas sintéticas não tecidas (Fabricante Amoco Ltda)-	17
Tabela 4.1. Delineamento estatístico do experimento:-----	26
Tabela 5.1 : Ensaio completo com todos os meios filtrantes-----	27
Tabela 5.2 Equações das retas e coeficientes de correlação-----	27
Tabela 5.3. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 1.-----	54
Tabela 5.4. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 2.-----	54
Tabela 5.5. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 3.-----	55
Tabela 5.6. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 4.-----	55
Tabela 5.7. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 5.-----	56
Tabela 5.8. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 6.-----	56
Tabela 5.9. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 7.-----	57
Tabela 5.10. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 8.-----	57
Tabela 5.11. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 9.-----	58

Tabela 5.12. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 10.-----	58
Tabela 5.13. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 11.-----	59
Tabela 5.14. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 12.-----	59
Tabela 5.15. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 13.-----	60
Tabela 5.16. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 14.-----	61
Tabela 5.17. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 15.-----	62
Tabela 5.18. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 16.-----	62
Tabela 5.19. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 17.-----	63
Tabela 5.20. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 18.-----	63
Tabela 5.21. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 19.-----	64
Tabela 5.22. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 20.-----	64
Tabela 5.23. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 21.-----	65
Tabela 5.24. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 22.-----	65
Tabela 5.25. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 23.-----	66
Tabela 5.26. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 24.-----	66

Tabela 5.27. - Valores da concentração de sólidos suspensos totais e turbidez no afluente e nos efluentes dos filtros de tela, de disco e mantas m2, m3 e m8. Ensaio n 25.-----67

Tabela 5.28 - Analise estatística para sólidos suspensos totais-----68

Tabela 5.29 - Analise estatística para turbidez-----68

## Resumo

A presente pesquisa foi desenvolvida em duas etapas, sendo a primeira delas realizada no laboratório de Hidráulica e Irrigação, da Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, onde foi avaliado o desempenho hidráulico (perda de carga em função da vazão, com água limpa, proveniente da rede de abastecimento da UNICAMP ) de oito tipos diferentes de mantas sintéticas não tecidas definidas M1,M2,M3,M4,M5,M6,M7 e M8 e também dos elementos, de tela e de disco de 120 *mesh*, usados como meio filtrante, em filtros para irrigação localizada. A segunda etapa foi realizada no município de Holambra, estado de São Paulo, em estufas onde são produzidas flores com o uso de sistemas de irrigação por gotejamento. A água utilizada era proveniente de um açude onde devido a altas concentrações de partículas sólidas em suspensão provocava obstrução dos gotejadores.

Nesta segunda etapa foi avaliado o comportamento de três das mantas testadas na primeira etapa (M2,M3 e M8) e os elementos tradicionais de tela e de disco, medindo-se a perda de carga, devido à retenção de impurezas em função da remoção dos sólidos em suspensão ao longo do tempo e a capacidade de filtração, mantendo-se a vazão constante. Concluiu-se a partir dos resultados da primeira etapa que o comportamento hidráulico das mantas ensaiadas foi semelhante ao da tela. Com os resultados da segunda etapa pode-se concluir que, estatisticamente as mantas testadas (M2, M3 e M9) não diferem entre si quanto à eficiência de remoção de partículas sólidas em suspensão, mas diferem ao nível de 1% de significância, dos elementos de tela e disco, indicando uma eficiência melhor de remoção de impurezas.

A partir de todos os resultados foi possível indicar que tipo de manta (suas características) é mais adequada para ser usada como meio filtrante para irrigação localizada.

## Summary:

This work was developed in two phases. During the first one was evaluated the hydraulic behavior ( head loss vs water flow) of eight different non woven synthetic fabrics ( M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 and M8) and filter media (screen and 120 mesh disc) of a localized irrigation filter.

The second phase was conducted in the town of Holambra- SP where flowers are produced in green houses and trickle irrigation is used. The water used for irrigation has a high concentration of suspended solids which could cause clogging of the dropper.

During the second phase was evaluated the behavior of the 3 fabrics tested on the first phase ( M2, M3 and M8 ), the disc and the screen. Measurements of head loss due to impurities retentions and the filtration capacity were done. For this test a  $2\text{m}^3/\text{h}$  flow was utilized. The results from the first phase showed that the hydraulic behavior of the fabrics were similar to the screen.

The second phase indicated no difference among the fabrics M2, M3, M8 concerned to suspended solids removal, but presented better removal to the significance level of 1%, than the screen and disc.

Using the obtained results it is possible to indicate the type of non woven synthetic fabric most suitable to be used as filter medium for localized irrigation.

## **I. Introdução:**

O método de irrigação localizada caracteriza-se pela aplicação de pequenas quantidades de água na zona radicular da planta, suprindo de forma específica as necessidades da cultura.

Segundo Souza (1980), as principais vantagens e desvantagens da irrigação localizada são:

### **a) Vantagens:**

- \_ Pode ser instalada em qualquer tipo de topografia de solo, ou seja, não importa que o terreno seja irregular;
- \_ É um sistema automatizável na sua operação, somente uma pessoa pode tomar conta de uma grande área, havendo economia de mão de obra;
- \_ Não há lavagem de nutrientes, pois a água é aplicada na medida exata, não havendo escoamento superficial ou percolação para as camadas mais profundas do solo;
- \_ Proporciona economia de água;
- \_ Não molha as folhas da planta, portanto não propicia microclima para desenvolvimento de fungos e pragas da parte aérea da planta;
- \_ Facilita o emprego da quimigação (fertigação, fungigação e nematigação, etc);
- \_ Melhorar a qualidade dos frutos quanto ao aspecto e sabor.

### **b) Desvantagens:**

- \_ Entupimento dos emissores;
- \_ Investimento inicial mais elevado.

O uso da irrigação localizada vem crescendo cada vez mais devido ao avanço tecnológico dos materiais plásticos, que possibilitam o desenvolvimento de diversos tipos de tubos, emissores e microaspersores, que também favorecem o crescimento do número de estufas, onde a irrigação localizada se destaca tanto por sua facilidade de operação como por sua eficiência e

uniformidade de distribuição de água, refletindo em economia e aumento na produção das culturas.

A irrigação localizada é o sistema mais indicado para a cultura de um grande número de hortaliças, tais como as *solanaceas* (Ex. tomate, tabaco, etc.) e as *curcubitaceas*, que durante o seu desenvolvimento não devem ter as folhas molhadas a fim de não se tornarem susceptíveis ao ataque de fungos (Sganzerla,1990). Os riscos de contaminação de hortaliças de consumo *in natura* por microrganismos patogênicos são reduzidos, uma vez que a água é aplicada diretamente ao solo, não havendo contato com as folhas e frutos (Paterniani *et al*, 1994).

Este sistema só não é mais difundido devido à crescente falta de disponibilidade de água de boa qualidade, cuja conseqüência principal, dependendo da concentração de partículas sólidas em suspensão, é o entupimento precoce dos emissores ou gotejadores, tornando inviável o seu uso na irrigação localizada. O uso de filtros de diversos tipos têm sido recomendado procurando obter uma melhoria da qualidade físico-química e bacteriológica de águas para irrigação localizada.

Bons resultados têm sido obtidos com utilização de mantas sintéticas não tecidas como meio filtrante na remoção de impurezas do ar e que, recentemente, está sendo utilizada com grande sucesso na filtração lenta para tratamento de água de abastecimento (Paterniani, 1991).

Silva (1996), estudando experimentalmente, em laboratório, o uso de manta sintética não tecida na filtração sobre pressão para tratamento de água para irrigação localizada, demonstrou a grande potencialidade deste meio filtrante para retenção de partículas sólidas em suspensão, viabilizando, em muitos casos, o emprego do método de irrigação localizada.

Consequentemente, as investigações experimentais sobre o desempenho de diferentes mantas sintéticas não tecidas, para filtros utilizados em irrigação localizada permitirão obter resultados que possam indicar quais os tipos de mantas que mais se adequam a filtros para irrigação localizada.

## II. Objetivos:

Avaliar, através de ensaios experimentais, a eficiência das mantas sintéticas não tecidas, utilizadas como meio filtrante para o tratamento de água em sistema de irrigação localizada comparando com os meios filtrantes tradicionalmente usados na irrigação localizada ( tela e disco de 120 *mesh* ) com relação:

- a) do desenvolvimento da perda de carga em função da vazão;
- b) da evolução da perda de carga em função do tempo de filtragem;
- c) do percentual de remoção das partículas sólidas em suspensão na água de irrigação, em condições de campo.

### **III. Revisão de literatura:**

#### **3.1. Histórico da irrigação localizada:**

A irrigação localizada foi desenvolvida para molhar apenas parte da área, onde a água é aplicada próximo ao sistema radicular da planta, e é uma técnica recente se comparada aos métodos de irrigação por gravidade, cujos achados históricos e arqueológicos mostram que a irrigação por gravidade começou ao longo do Nilo a 6000 anos A.C. (Bucks e Nakayama, 1986).

Segundo Bucks e Nakayama (1986), o primeiro trabalho de irrigação por subsuperfície em que a água foi aplicada na zona radicular da planta foi conduzido nos Estados Unidos, na Universidade Estadual do Colorado em 1913, onde o autor observou um aumento significativo no rendimento da cultura, mas por causa da carência de material econômico, concluiu ser de aplicação muito cara.

Mais pesquisas foram desenvolvidas na Alemanha, por volta de 1920, utilizando tubos perfurados, e nos Estados Unidos, com tubos porosos ou lona para irrigação por subsuperfície. Mais tarde as pesquisas e desenvolvimentos se concentraram ao redor do uso de tubos perfurados feitos de vários materiais. (Bucks e Nakayama, 1986).

Com o desenvolvimento dos plásticos durante e após a Segunda Guerra Mundial, a idéia de usar tubos plásticos para irrigação tornou-se prática viável no final de 1940, no Reino Unido. Tubos plásticos, em sistemas de irrigação por gotejamento, foram também usados para irrigar plantas em estufas climatizadas. Mais de cem publicações foram listadas, na época sobre o conceito de irrigação subsuperficial. (Bucks e Nakayama, 1986).

O conceito de irrigação localizada de superfície surgiu em Israel, foi propagando para Austrália, América do Norte e África do Sul após 1960, e finalmente por todo o mundo. Publicações mais recentes sobre sistemas localizados de superfície começaram a aparecer em Israel, em 1963 e nos Estados Unidos, em 1964. A partir de 1968, até o início de 1970, inúmeros inventores e companhias começaram a desenvolver emissores para irrigação localizada totalizando mais de 250 tipos de dispositivos. Em 1971 o I Congresso Internacional de Irrigação por Gotejamento, foi realizado em Tel Aviv, Israel. Em 1974, oitenta e três artigos foram apresentados no II Congresso de Irrigação por Gotejamento, realizado em San Diego, Califórnia, com mais de mil participantes de 26 países (Bucks e Nakayama, 1986).

No III Seminário Latino Americano sobre “Riego por Goteo”, realizado em Campinas, São Paulo, em 1979, foram apresentados diversos trabalhos sobre emissores de água que não eram gotejadores, mas que tinham a mesma característica de área molhada. No encerramento do seminário, foi proposta por vários técnicos e pesquisadores a mudança do nome do seminário para “Irrigação Localizada” e a introdução do novo vocabulário no dicionário de irrigação. A proposta não foi aceita, principalmente pela resistência dos fabricantes e empresas ligadas ao setor, mas a partir daquela data a denominação de irrigação localizada passou a ser usada internacionalmente, principalmente pelos países de língua latina (Azevedo, 1986).

### **3.2. Características da irrigação localizada:**

A irrigação localizada é um método de irrigação que mantém a umidade do solo na zona radicular próximo da capacidade de campo, procedendo com a aplicação de lâminas de água com pequena intensidade e com elevada frequência.

Segundo Azevedo (1986), a irrigação localizada compreende a aplicação da água molhando apenas uma fração do sistema radicular das plantas. A área molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, enquanto que a área mínima molhada é de 20% nas regiões úmidas e 30% nas regiões de clima semi-árido. O laboratório de Engenharia de Irrigação da Universidade Federal da Paraíba classifica esse método de irrigação da seguinte maneira:

- Gotejamento; compreende a aplicação pontual d'água, com vazão de até 12 l/h, tendo o solo como meio de propagação da umidade.

- Subsuperficial; tem o solo como meio de propagação da água. Os emissores podem ser potes de barro e cápsula porosa com vazão até 24 l/dia e tubos perfurados enterrados na profundidade do sistema radicular das plantas.

- Microaspersão; a água é aplicada por emissores rotativos ou fixos, tendo o ar como principal meio de propagação e a vazão varia de 12 l/h a 120 l/h.

Os métodos localizados que têm o solo como principal meio de propagação não são indicados para solos arenosos, porque a área molhada pelo emissor é pequena, e a infiltração vertical é grande, promovendo perdas da água por percolação. Já na microaspersão como o ar é o

meio de propagação, a área molhada é definida pelo emissor, independente do tipo de solo (Azevedo, 1986).

A irrigação localizada é um método muito eficiente para suprir a necessidade de água e nutrientes para as plantas, mas isto depende de uma boa uniformidade de aplicação. Quando ocorrem problemas com a uniformidade de aplicação de água na cultura, sua produção e produtividade ficam comprometidos, causando grandes prejuízos. O maior problema da variação de uniformidade está associado ao entupimento dos emissores (Tessler, 1986 e Ravina *et al*, 1992).

Com o desenvolvimento da técnica de irrigação por gotejamento e microaspersão, o estudo da qualidade da água se tornou ainda mais importante pois, problemas como o entupimento de gotejadores e microaspersores e a redução de água de boa qualidade ficaram mais freqüentes devido a crescente poluição dos mananciais de água.

### **3.3. Qualidade da água para irrigação localizada:**

A qualidade da água de forma geral refere-se a existência de impurezas físico- químicas e biológicas que podem inviabilizar o seu uso. Estes aspectos interferem diretamente nos sistemas de irrigação, obstruindo orifícios e danificando equipamentos, como também podem causar efeitos danosos específicos na cultura irrigada, como por exemplo, concentrações de sais acima dos níveis suportados pelas plantas.

A irrigação não requer tratamento de água específico, como para a potabilidade, mas para atender a uma qualidade para as culturas de um modo geral, e principalmente as que são consumidas *in natura*. Para obtenção desta qualidade é indicado o tratamento por processos físicos dentre eles a filtração (Phillips, 1993).

#### **3.3.1. Aspectos gerais da qualidade da água para irrigação localizada:**

Devido a escassez de água de boa qualidade na agricultura, atenção especial também tem sido direcionada aos aspectos bacteriológicos da água de irrigação. Paterniani *et al* (1994), diagnosticando a qualidade da água na irrigação de hortaliças em 20 propriedades produtoras da região de Campinas-S P, encontraram focos de contaminação desta água por coliformes fecais,

oriundos de esgoto doméstico, que proporcionam um elevado potencial de contaminação das hortaliças, principalmente aquelas ingeridas *in natura* e conseqüentemente a possibilidade de transmissão de várias doenças de veiculação hídrica.

Os aspectos físicos, químicos e biológicos da água aliados a outros fatores, como propriedades do solo, características das culturas, condições climáticas e práticas de manejo podem tornar a água inadequada para irrigação localizada. Scaloppi e Brito, (1986).

Bernardo (1989), cita como principais agentes responsáveis pelo entupimento dos gotejadores, partículas sólidas e partículas orgânicas, sendo que estes agentes podem e devem ser evitados com a filtração da água de irrigação localizada.

Buks et al (1979), relacionaram os principais elementos responsáveis pelas obstruções dos emissores na irrigação localizada, os quais são apresentados na Tabela 3.1.

Características físicas, químicas e biológicas conferem qualidade à água e estão diretamente ligadas ao problema de entupimento de gotejadores e microaspersores afetando a capacidade de condução da água. Nakayama (1982), propôs uma classificação da qualidade da água de acordo com a potencialidade de obstrução dos emissores conforme é mostrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.1.: Elementos físicos, químicos e biológicos que provocam obstruções nos sistemas de irrigação localizada.

Físicos (sólidos em suspensão)	Químicos (precipitados)	Biológicos (bactérias e algas)
1. Areia	1. Carbonatos de Ca e Mg	1. Filamentos
2. Limo	2. Sulfato de Ca	2. Lodo
3. Argila	3. Metais pesados :óxidos, hidróxidos, carbonatados, silicatos e sulfetos	3. Depósitos microbianos com Fosfatos, Enxofre e Manganês
4. Matéria orgânica	4. Fertilizantes: Amônia líquida, Fe, Cu, Zn, e Mn	4. Bactérias
		5. Organismos aquáticos ovos de caracóis , larvas .

Fonte: Bucks et al. (1979)

Tabela 3.2. Influência da qualidade da água no surgimento de problemas de obstrução de

Problemas	Unidades	Grau de restrição de uso		
		Baixa	Moderada	Severa
<b>Físicos</b>				
Sólidos em suspensão	mg/l	< 50	50 -100	>100
<b>Químicos</b>				
pH		< 7,0	7,0 - 8,0	>8,0
Sólidos solúveis	mg/l	< 500	500-200	> 2000
Manganês	mg/l	< 0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Ferro	mg/l	< 0,1	0,1 - 1,5	>1,5
Ácido sulfúrico	mg/l	< 0,5	0,5 - 2,0	> 2,0
<b>Biológicos</b>				
Populações bacterianas	número máximo de unidades formadoras de colonias	<10000	10000 a 50000	> 50000

Fonte: Nakayama(1982)

emissores em sistemas de irrigação localizada:

Tezteslaf *et al* (1994), estudaram a viabilidade do emprego da irrigação localizada em 20 propriedades produtoras de hortaliças da região de Campinas-SP, que usavam irrigação por aspersão. Embora os autores tenham constatado que a substituição da irrigação por aspersão pela irrigação localizada nessas propriedades proporcionariam maior economia de água e de energia, concluíram que em todas as propriedades estudadas a água apresentava índices comprometedores para o uso da irrigação localizada, principalmente em relação a concentração de sólidos em suspensão, turbidez, ferro e manganês sendo, que na maioria dos casos o risco de obstrução dos emissores se classificou como moderado e em alguns casos com risco severo de obstrução.

Nessas propriedades, ainda concluíram os autores, se fosse feita opção pela irrigação localizada, a água deveria certamente, passar por um tratamento de filtração, para melhoria de sua qualidade e eficiência do sistema de irrigação.

### 3.4 . Filtração da água para irrigação localizada:

#### 3.4.1. Objetivos da filtração:

Matsura et al (1989) citam que o objetivo da filtração da água é remover sólidos em suspensão, em função da necessidade de utilização da água, evitando assim a obstrução dos emissores e a desuniformidade de distribuição de água às culturas irrigadas.

Segundo Santamaria (1993), a eliminação dos resíduos encontrados na água pode ser feita através de processos físicos, físicos-químicos e biológicos, afim de reduzir o nível de risco de obstrução dos gotejadores.

#### 3.4.2. Análise dos Filtros:

O uso de filtros para irrigação localizada tem sido amplamente recomendado. O desempenho do sistema de irrigação será tanto melhor, quanto maior for a eficiência dos filtros na remoção de impurezas da água. Assim sendo, a avaliação dos diferentes tipos de filtros tem sido importante para se estabelecer sua eficiência e melhorar seu desempenho.

Nakayama e Bucks (1986), definem como sendo três os parâmetros mais importantes na avaliação do desempenho dos filtros num sistema de irrigação localizada:

##### 1) Eficiência de remoção:

Visa determinar a capacidade do filtro em remover impurezas da água a partir da avaliação das concentrações de sólido suspensos totais na água, na entrada e na saída dos filtros através da equação 4.1.

$$E_R = \frac{S_1 - S_2}{S_1} * 100 \quad (\%) \quad \text{Equação 4.1.}$$

Onde:

$E_R$  = eficiência de remoção (%)

$S_1$  = Concentração de sólidos suspensos totais na entrada do filtro (mg/l)

$S_2$  = Concentração de sólidos suspensos totais na saída do filtro (mg/l)

Zeier e Hills (1987), consideram que a avaliação, em campo, da eficiência de um sistema de irrigação localizada quanto à qualidade da água devem incluir além da determinação da eficiência de remoção, também a diferença de pressão antes e depois do filtro.

2) Perda de carga, ou diferencial de pressão:

Esse segundo aspecto do desempenho dos filtros num sistema de irrigação localizada é medido através da diferença de pressão na entrada e na saída do filtro. O aumento da diferença entre essas duas medidas de pressão representa a perda de carga no filtro devido à retenção e acúmulo de impurezas e presta-se também como indicador do momento de se efetuar a limpeza do mesmo.

3) Entupimento dos emissores:

Pode-se empregar ainda um terceiro parâmetro que refere à observação local do grau de entupimento dos emissores que pode ser estimado através da medida da vazão destes, e permitir estimar, de forma indireta a eficiência do filtro.

Para essa avaliação existem metodologias que através de um critério de amostragem associado a programas de computação permitem estimar o grau de entupimento e o possível comprometimento do sistema de irrigação localizada, no que se refere a uniformidade de distribuição de vazão pelo sistema.

### **3.4.3. Tipos de filtros usados na irrigação localizada:**

A filtração da água pode ser realizada através de vários tipos de filtros usados individualmente ou agrupados de forma a se obter uma melhor eficiência na remoção de impurezas conforme afirmam Zeier e Hills (1987) e Phillips (1993).

Dentre os vários tipos de filtros destacam-se os filtros de areia, os filtros hidrociclone, os filtros de tela e os filtros de disco.

Recentemente Silva (1996), propôs um novo elemento filtrante, mantas sintéticas não tecidas, que embora ainda em fase de pesquisa tem demonstrado, em teste preliminares realizados por pesquisadores da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, seu grande potencial de utilização.

#### **3.4.3.1. Filtro de areia:**

LOPEZ et all (1992), descrevem que o filtro de areia constitui-se de um tanque geralmente de metal (aço galvanizado ou pintados com antioxidantes) ou de plástico reforçado (poliéster bobinado com fibra de vidro ou poliéster laminado) capaz de resistir a altas pressões estáticas e dinâmicas da rede. O diâmetro do tanque pode variar de 10 a 50 cm (0,1 a 0,5 m) e a altura mínima de areia para compor a camada filtrante deve ser de 40 a 50 cm. A figura 3.1 mostra um esquema do filtro de areia normalmente utilizado na irrigação localizada.

No sistema de filtração com areia ocorrem fenômenos físico- químicos quando a água passa no interior do filtro permitindo a retenção de partículas de silte, areia fina e principalmente matéria orgânica, como afirmam Ramos (1992) e Phillips (1995).

Filtros de areia são eficientes na retenção de material suspenso de maior diâmetro, como algas e outros materiais orgânicos, areia fina e partículas de silte, principalmente se a água provém de reservatórios ou canais abertos.

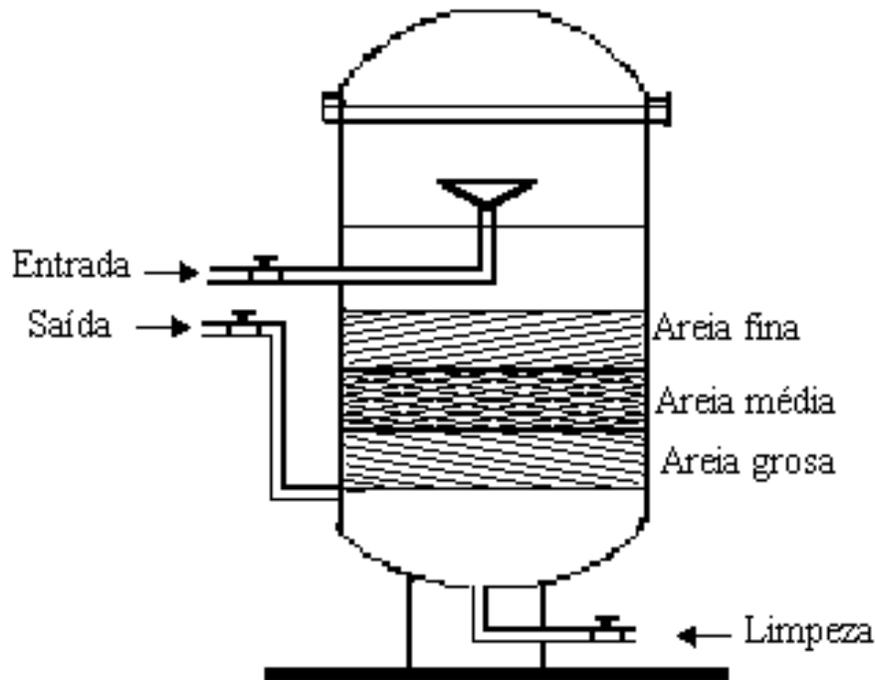


Figura 3.1. Esquema de um filtro de areia para uso em irrigação localizada.

Bucks e Nakayama (1986), sugerem que para um bom desempenho do filtro de areia é necessário efetuar uma retrolavagem quando o diferencial de pressão entre a entrada e a saída do filtro for da ordem de 6 m.c.a.. Porém Bernardo (1989), afirma que a limpeza do filtro deve ser feita toda vez que se notar um aumento na perda de carga, provocada pelo filtro de mais ou menos 2 m.c.a. em relação ao filtro limpo, ou no final da irrigação. Não devendo nunca permitir que a perda de carga chegue a 6 m.c.a., para não comprometer a uniformidade de distribuição de água às plantas.

### 3.4.3.2. Filtros hidrociclone:

Estes filtros são utilizados na separação de partículas mais densas da água de irrigação. A separação é realizada pela alta aceleração centrífuga gerada pela injeção tangencial da água dentro do filtro hidrociclone. São usados principalmente para filtragem de partículas inorgânicas presentes na água de irrigação (Lopez, 1992).

### 3.4.3.3. Filtro de tela:

Trata-se de um filtro constituído por um corpo geralmente de forma cilíndrica que aloja em seu interior o elemento filtrante, composto de um suporte perfurado metálico ou plástico recoberto por uma tela (Lopez, 1992). A figura 3.2. mostra um esquema de um filtro de tela onde o elemento de disco pode ser utilizado em substituição à tela, no mesmo corpo do filtro.

Os filtros de tela, assim como os filtros de disco, que será descrito mais adiante, têm como principal objetivo reter a passagem de partículas sólidas inorgânicas em suspensão na água de irrigação, sendo a abertura das telas classificadas como um valor em *mesh* ( Onde: *mesh* é igual ao número de malhas por polegadas linear ). Segundo manual da empresa israelense PLASTRO citado por Lopez *et al* (1992), as telas destes filtros podem ser de materiais plásticos ou metálicos, variando de 50 à 200 *mesh*. O tamanho dos filtros bem como os seus números de *mesh* são definidos conforme a necessidade, de acordo com as partículas que deverão ser removidas e de acordo com o tipo de emissor utilizado.

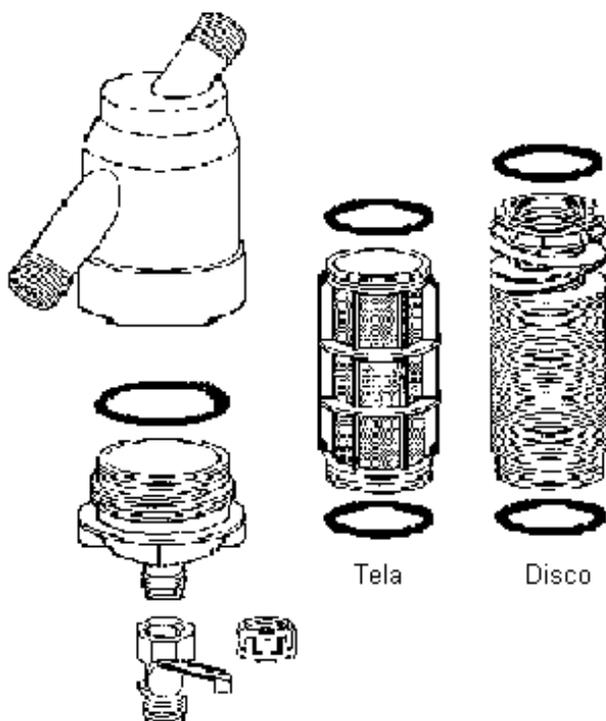


Figura 3.2. Constituição do corpo do filtro e seus elementos filtrantes, tela e disco.

Segundo Vermeirem e Jobling (1984), geralmente nos sistemas de irrigação localizada o filtro de tela está instalado depois do filtro de areia (constituindo um sistema de filtração combinado) e do sistema injetor de fertilizantes, quando a fertigação é empregada. Entretanto este filtro é pouco eficiente na retenção de matéria orgânica, microrganismos e partículas pequenas ou coloidais, pois a separação das impurezas consiste em um processo de retenção superficial de partículas na tela que se obstruem muito rapidamente

O fator determinante para o entupimento dos filtros de tela é o diâmetro das partículas de areia fina porque bloqueiam diretamente a área dos poros, enquanto que as partículas de areia grossa necessitam preencher todo o volume do elemento filtrante para que ocorra o mesmo efeito (Phillips, 1993).

#### **3.4.3.4. Filtro de disco:**

O filtro de disco apresenta forma cilíndrica e é normalmente empregado no mesmo corpo do filtro de tela, porem invertendo-se o sentido do fluxo de água. O elemento filtrante que o compõe é um conjunto de anéis com ranhuras impressas sobre um suporte central também cilíndrico e perfurado. A água é filtrada ao passar pelos pequenos condutos formados pelas ranhuras entre 2 anéis consecutivos (Lopez *et al*, 1992). A figura 3.2., ilustra o elemento de disco utilizado no filtro para irrigação localizada.

A qualidade da água neste tipo de filtro dependerá da espessura das ranhuras, podendo conseguir um número de ranhuras equivalente a unidade em *mesh* dos filtros de tela. O filtro é compacto e bastante resistente, admitindo pressões de trabalho até 10 atm. Tanto para o filtro de disco como para o de tela a limpeza deve ser manual e consiste em abrir o corpo do filtro e limpá-los com jato de água, sendo que para o filtro de disco há necessidade de separar os anéis para que a limpeza seja eficiente. Pode-se utilizar a retro-lavagem embora este método, segundo alguns autores, não permite uma limpeza eficiente.

### 3.4.3.5. Filtros de mantas sintéticas não tecidas:

Objetivando aperfeiçoar os sistemas de filtração lenta para o tratamento de águas de abastecimento, Mbwette e Graham (1987), e mais recentemente Paterniani (1991), realizaram investigações experimentais utilizando mantas sintéticas não tecidas, instaladas no topo da camada de areia de filtros lentos.

As mantas sintéticas não tecidas são geralmente fabricadas com fibras de polipropileno, poliamida e poliéster, possuem alta porosidade (cerca de 80 a 90% contra 45% da areia) e alta superfície específica que proporcionam pequena perda de carga aumentando-se conseqüentemente a duração da carreira de filtração além de possuir maior volume de vazios para armazenagem das impurezas retidas. As tabelas 3.3, 3.4 e 3.5, apresentam as principais características das mantas sintéticas não tecidas, utilizadas nos experimentos.

As características e propriedades físicas das mantas sintéticas não tecidas sugerem que são bastante adequadas para a filtração de água contendo partículas sólidas em suspensão já que não se deterioram na água e são fáceis de serem limpas.

Paterniani (1991), afirma que a combinação dos parâmetros: condutividade hidráulica, superfície específica e espessura das mantas, determinam a manta que melhor se adapta às condições de filtração, assim como a taxa de filtração, a qualidade da água e o sistema de filtração utilizado.

Silva (1986), realizou diversos ensaios experimentais introduzindo numa instalação de irrigação localizada uma mistura de água com areia para simular a contaminação da água. Foi empregada uma mistura de água e areia de granulometria variando de 53 a 152  $\mu\text{m}$ , sendo que a concentração de areia na água de irrigação variou de 70 a 300 mg/l.

Operando filtros de tela, de disco de 120 *mesh* e de manta M3 (ver características tabela 3.3), com vazões que variaram de 6, 9 e 12  $\text{m}^3/\text{h}$ , Silva (1996), obteve resultados que mostraram uma eficiência média de remoção de partículas de areia da ordem de 15 a 25 % pelo filtro de manta contra uma percentagem média de remoção de 2 a 10 % nos filtros de tela e de disco.

Além disso Silva (1996), observou que o filtro de manta quando operado com uma vazão de 9  $\text{m}^3/\text{h}$  demorava cerca de 75 minutos para ter sua perda de carga elevada de 0.5 a 3.7 m. c. a., enquanto que os filtros de tela e de discos levavam cerca de 58 minutos para alcançar a

mesma perda de carga. Tal resultado confere ao filtro de manta maior vantagem do que os filtros de tela e de disco quanto ao tempo de funcionamento entre operações de limpeza.

Adicionando a estes resultados Silva (1996), observou também que os filtro de tela e disco deixavam passar uma quantidade de areia fina 10 vezes maior, durante um ensaio, do que o filtro de manta.

A pesquisa realizada por Silva (1996), pioneira no uso de manta sintética não tecida em filtros para irrigação localizada, comprovou a viabilidade de se empregar este meio filtrante para tal finalidade, atribuindo assim, uma nova alternativa de material filtrante para tornar a água de irrigação de melhor qualidade.

Devido à grande variedade de composição e tipos de mantas existentes no mercado, acredita-se ser possível através de investigações experimentais, estabelecer parâmetros que determinem as características que uma manta sintética não tecida deve possuir a fim de ser utilizada com sucesso na filtração de água para irrigação localizada.

Tabela 3.3 : Mantas sintéticas não tecidas (Fabricante Tapeçaria São Carlos ).

Mantas	unidades	M1	M2	M3	M4
Cor	-	Verde	Cinza	Preta	Branca2
Massa específica do fio	(g/cm <sup>3</sup> )	1,2031	1,1237	0,9835	1,1215
Massa específica da manta	(g/cm <sup>3</sup> )	0,10812	0,1235	0,1151	0,1713
Porosidade	(%)	91,02	89,01	88,29	84,72
Diâmetro médio do fio	(µm)	37,81	42,43	45,09	29,58
Superfície específica	(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	9500	10360	10388	20662
Condutividade hidráulica	(mm/s)	7,33	7,01	7,16	1,31
Composição	DTEX	9%PES 14	50%PA 17	68%PP15	15%PP15
		17%PES17	21%PES17	32%PA32	40%PP 5,5
		30%PA 14	21%PP15		15%PES14
		23%PA 10	8%PP9		20%PES6,6
		21%FV			10%PES1,8

Fonte: Paterniani(1991)

Onde:

PA - Poliamida (nylon)

PES - Poliester

PP - Polipropileno

FV- Fibras vegetais

DTEX - Unidade textil de medida do diâmetro do fio

Tabela 3.4: Características das mantas sintéticas não tecidas (Fabricante OBER S/A ).

MANTAS		M5	M6	M7
Gramatura	(g/cm <sup>2</sup> )	150	200	300
Espessura nominal	(mm)	1,5	2,15	2,8
Condutividade hidráulica	(mm/s)	4	4	4
Abertura aparente de poros	(mm)	0,100	0,080	0,050

Tabela 3.5.: Características das mantas sintéticas não tecidas (Fabricante Amoco Ltda).

MANTAS		M8
Gramatura	(g/m <sup>2</sup> )	380
Espessura nominal	(mm)	3,8
Condutividade hidráulica	(mm/s)	5
Abertura aparente de poros	(mm)	0,150

#### IV. Materiais e métodos:

A investigação experimental do presente trabalho foi desenvolvida em duas etapas, cujas descrições são apresentadas a seguir:

##### 4.1. Descrição da primeira etapa:

A primeira etapa foi realizada no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, e visou a caracterização hidráulica dos tipos de mantas sintéticas não tecidas, usadas como meio filtrante, cujas propriedades foram apresentadas nas tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 através da determinação da perda de carga em função da variação da vazão. Ainda nesta etapa, foram avaliadas as perdas de cargas em função da vazão para filtros de tela e de disco (*mesh* 120) a fim de comparar seus desempenhos com os das mantas.

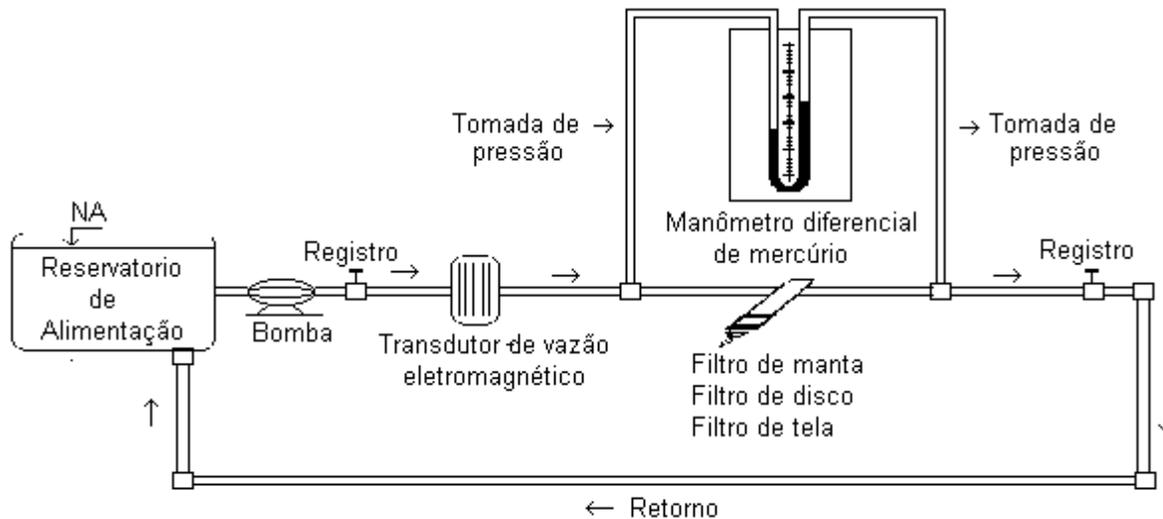


Figura.4.1 Esquema da instalação piloto para elaboração da primeira etapa.

A instalação experimental para a realização desta etapa, esquematizada na figura 4.1, constituiu num circuito fechado de tubos de PVC com 1,5” de diâmetro, alimentado através de bombeamento com água proveniente de um reservatório de 600 litros (água de abastecimento da UNICAMP). Ao longo desta tubulação foram instalados, um transdutor de vazão eletromagnético para monitoramento deste parâmetro, o filtro a ser ensaiado, bem como tomadas de pressão localizadas antes e depois do filtro, às quais foram ligadas a um manômetro

diferencial de mercúrio para medir a perda de carga em função da vazão. A variação da vazão foi feita por meio de manobras em registro de agulha instalado na extremidade da tubulação. Na saída da bomba, uma válvula reguladora de pressão foi instalada a fim de manter a pressão constante para as diferentes vazões. Na construção deste sistema observou-se a distância mínima de dez vezes o diâmetro da tubulação antes e depois do filtro para a instalação das tomadas de pressão, o que equivale à distância de 50,8cm. Este procedimento é recomendado para evitar transientes hidráulicos que possam interferir nas determinações de pressão.

#### **4.1.1. Concepção dos filtros:**

O experimento, descrito nesta primeira etapa foi realizado separadamente para os filtros de tela, de disco e para cada uma das mantas sintéticas não tecidas ensaiadas.

Utilizou-se o mesmo corpo do filtro de tela e de disco da marca AMIAD de 1", onde apenas o meio filtrante era substituído ora por tela, ora por disco, ora por uma das mantas. Com esse procedimento pode-se garantir a semelhança geométrica entre os filtros permitindo uma comparação entre eles mais confiável.

A instalação das mantas no filtro foi realizada retirando-se os anéis de disco do seu suporte cilíndrico e envolvendo as mantas nesse suporte, fixando-as por meio de presilhas plásticas. Houve uma sobreposição da manta de 20% para evitar possíveis caminhos preferenciais. A figura 4.2. mostra o procedimento de instalação das mantas no filtro.



Figura 4.2. Ilustração do procedimento de instalação das mantas no filtro

## 4.2. Descrição da segunda etapa:

A segunda etapa do presente trabalho foi realizada em uma estufa situada no município de Holambra, SP, onde são produzidas flores com sistema de irrigação por gotejamento. A água de origem superficial utilizada na propriedade é proveniente de um açude e possui grande quantidade de partículas sólidas em suspensão, principalmente de origem orgânica responsável pelas obstruções dos emissores já detectadas.

Nesta área foi montado um sistema de irrigação composto de uma motobomba centrífuga KSB, modelo C-2000 tubulação adutora de PVC de 50mm de diâmetro e derivações constituídas de 5 linhas de irrigação, em PVC 32mm de diâmetro, cada uma com um tipo de filtro a ser ensaiado ou seja, um filtro de disco de 120 *mesh*, um filtro de telas de 120 *mesh* e 3 filtros com diferentes tipos de manta (M2, M3 e M8) e reguladores de pressão para garantir pressão igual na entrada dos filtros, conforme apresentado na figura 4.3.

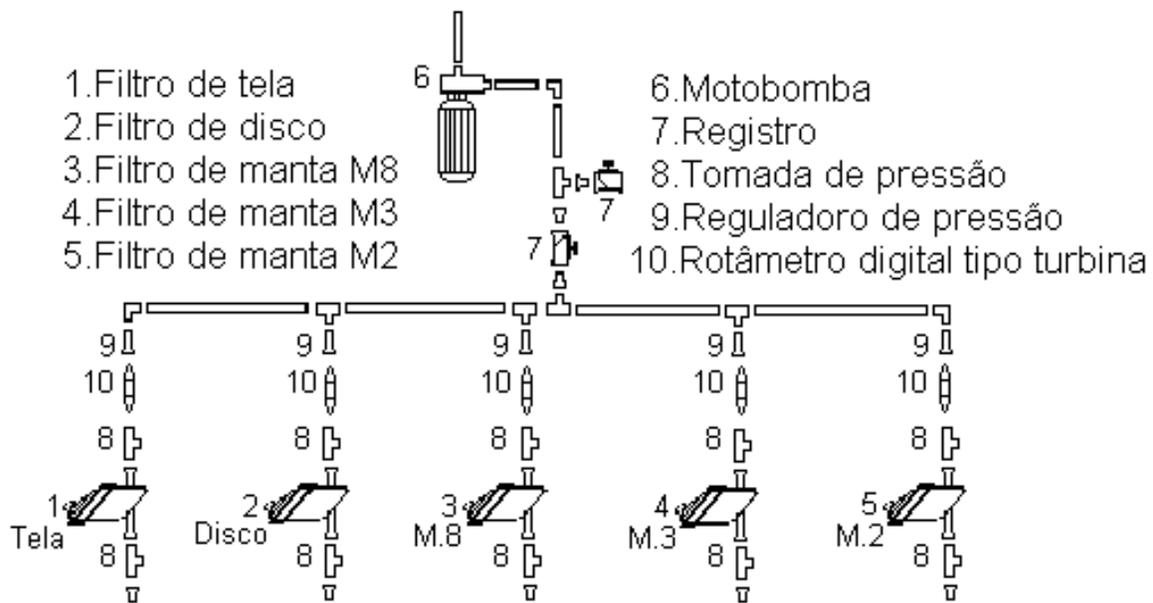


Figura 4.3. Esquema Geral da Segunda Etapa

A vazão média do sistema foi de 12 m<sup>3</sup>/h, apresentando cada filtro a vazão de 2,4m<sup>3</sup>/h.. Esta vazão foi fixada em função do manejo de irrigação adotado na propriedade e monitorada por meio de rotâmetros digitais tipo turbina marca “GPI”- série “01A” instalados no início de cada

uma das linhas e a variação da pressão devido à retenção de impurezas nos filtros foram monitoradas por meio de transdutores diferenciais de pressão marca MOTOROLA modelo MPX 2100 com tomadas instaladas antes e depois de cada filtro. Foi utilizado ainda um sistema de aquisição de dados marca CAMPBELL SCIENTIFIC, INC modelo CR10X PROMPT SHEET que permitiu o registro de todos os dados de variação de pressão em intervalos de tempo pré-estabelecidos. Antes e depois de cada filtro foram instalados pontos de coleta tipo Pitot para retirada de amostras de água.

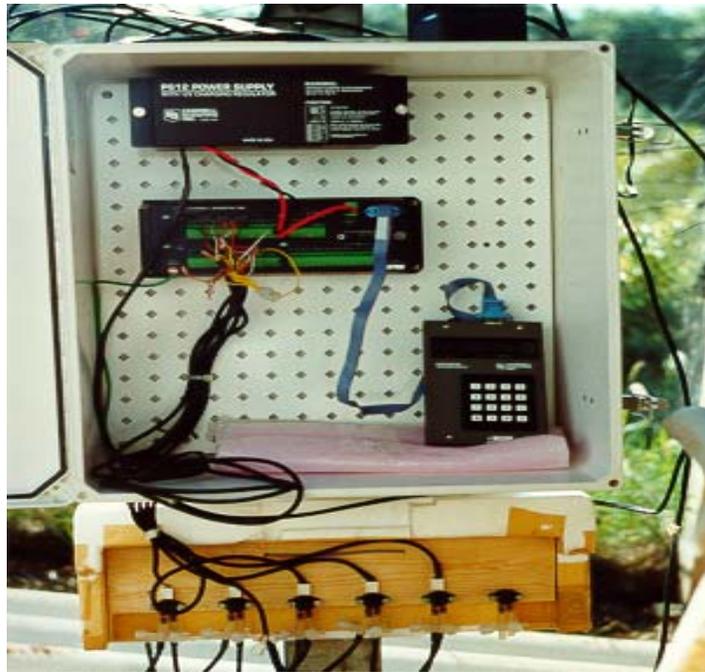


Figura 4.4. Foto ilustrando sistema de aquisição de dados



Figura 4.5. Foto ilustrando transdutores de pressão

Nesta Segunda etapa foi avaliada a eficiência de filtração dos três tipos de mantas, selecionadas entre aquelas testadas na primeira etapa e que forneceram menor perda de carga, ou seja, menor resistência a passagem da água. Para esta avaliação realizou-se, a medida da perda de carga em função do tempo de funcionamento do sistema e através da determinação da variação da qualidade da água antes e depois do filtro, monitorada pela análise da turbidez e da concentração de sólidos em suspensão no afluente e efluente dos filtros.

Os mesmos procedimentos de ensaio adotados para os filtros contendo as mantas sintéticas não tecidas foram aplicados para os filtros de tela e de disco, para que os resultados de todos os diferentes meios filtrantes pudessem ser comparados entre si.

### **4.3. Análise do material e avaliação:**

As análises das amostras de água coletadas foram realizadas nos Laboratórios de Solos e de Saneamento da FEAGRI- UNICAMP, em conformidade com as metodologias apresentadas pelo ‘Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater’, AWWA, APHA, WPCF (1995), descrita a seguir.

#### **4.3.1. Programação dos ensaios:**

Foram realizados 25 ensaios de filtração ao longo de toda a investigação experimental. O sistema de aquisição de dados foi programado para registrar dados de perda de carga nos filtros a cada 1 minuto. Ao longo de cada ensaio foram coletadas amostras de água do afluente e efluente dos 5 filtros testados, a cada 30 minutos para determinação da turbidez e da concentração de sólidos suspensos. Dessa forma o número de amostras variou para cada ensaio de acordo com a duração da carreira de filtração dos filtros.

#### **4.3.2. Calibração dos transdutores de pressão:**

Para a calibração dos transdutores de pressão utilizaram-se as instalações hidráulicas da 1<sup>o</sup> etapa, fazendo-se leitura da pressão diferencial no manômetro de mercúrio antes e depois do filtro em função da variação de vazão. Esses valores foram comparados àqueles registrados no

CR10X ( sistema de aquisição de dados), obtidos pelos transdutores de pressão diferencial em milivolts na mesma situação. Com estes dados elaborou-se a equação da reta para cada transdutor de pressão e determinou-se o coeficiente médio para o transdutor afim de inserir no software do CR10X.

A equação 4.1. com o coeficiente de correlação ( $R^2 = 0,9976$ ), representa a curva de calibração dos transdutores de pressão.

$$Y = - 0.8117 + 4,5005 X \quad \text{Equação 4.1.}$$

#### **4.4. Procedimento de análises dos parâmetros de qualidade de água:**

##### **4.4.1. Sólidos suspensos totais:**

Para análise da concentração de sólidos em suspensão totais a técnica de execução foi a seguinte:

- 1- Pesou – se o filtro de fibra de vidro modelo “GF 52/C diâmetro ( $\varnothing$  47mm) em balança analítica, após ser colocado dentro do suporte de alumínio sendo previamente calcinado na mufla a 550 °C por 30 minutos e resfriado em dessecador;
- 2- Colocou-se o filtro no suporte de filtro com receptor da marca NALGE COMPANY modelo cat.300-4000 e conectou-e ao kitassato, o qual já estava ligado ao sistema de vácuo;
- 3- Filtrou-se uma quantidade conhecida de amostra bem misturada, aplicando vácuo no sistema. Considerou-se encerrada a filtração quando do ocoreu o “entupimento” do filtro e deixou secar por alguns minutos no suporte de alumínio.
- 4- O suporte de alumínio com o filtro foi levado para estufa a 103 – 105 °C, por 1 hora;
- 5- O conjunto da estufa foi retirado e colocado no dessecador para esfriar. Então o filtro foi pesada em balança analítica e anotado o valor.



Figura 4.6. Suporte de filtro com receptor da marca NALGE COMPANY usado para determinação de sólidos suspensos totais.

6- Terminada a coleta dos dados a seguinte equação 4.2 para determinação dos sólidos suspensos totais:

$$SST = \frac{(P_1 - P_0) \times 1000}{Vol} \quad \text{Equação 4.2}$$

Onde:

SST = Sólidos suspensos totais em (mg/l)

P<sub>1</sub> = peso do filtro mais sólidos em (g)

P<sub>0</sub> = peso do filtro limpo em (g)

Vol = volume de amostra usado em (l)

#### 4.4.2. Turbidez:

Para análise da determinação de turbidez utilizou-se o método de turbidez nefelométrica. Procedendo da seguinte maneira:

1- Aferição do Aparelho (Turbidímetro marca Micronal modelo B250 ):

\_O aparelho foi ligado 15 minutos antes da leitura das amostras para que pudesse se estabilizar;

\_A calibração do aparelho foi feita com uma escala apropriada para a leitura que foi de 0 a 10 unidades de turbidez (UT).

2- Leitura da amostra

\_As amostras foram agitadas para dispersar perfeitamente os sólidos;

\_A amostra foi colocada na cubeta, limpando a sua superfície com papel absorvente;

\_O tubo foi colocado no aparelho, efetuando-se a leitura o mais rápido possível, para não ocorrer interferência devido à sedimentação;

\_Entre as leituras a cubeta foi lavada com água destilada.

#### 4.5. Análise estatística dos dados:

A análise final dos resultados da segunda etapa e relação a eficiência de remoção de S.S.T. e de Turbidez foram feitas seguindo um delineamento estatístico inteiramente casualizado conforme apresentado na tabela 4.1. utilizando o software SANEST 1987.

Tabela - Delineamento estatístico do experimento:

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento	$t-1$	$SQ_{Tr}$	$SQ_{Tr} / GL_{Tr}$	$QM_{Tr} / QM_R$
Repetição	$i (j - 1)$	$SQ_R$	$SQ_R / GL_R$	
Total	$(i \cdot j) - 1$	$SQ_T$		

Onde:

$t = n^\circ$  de tratamentos : 1 a  $i$

$r = n^\circ$  de repetições : 1 a  $j$

GL = grau de liberdade

SQ = soma dos quadrados

QM = quadrado médio

## V . Resultados:

### 5.1 Resultados da primeira etapa:

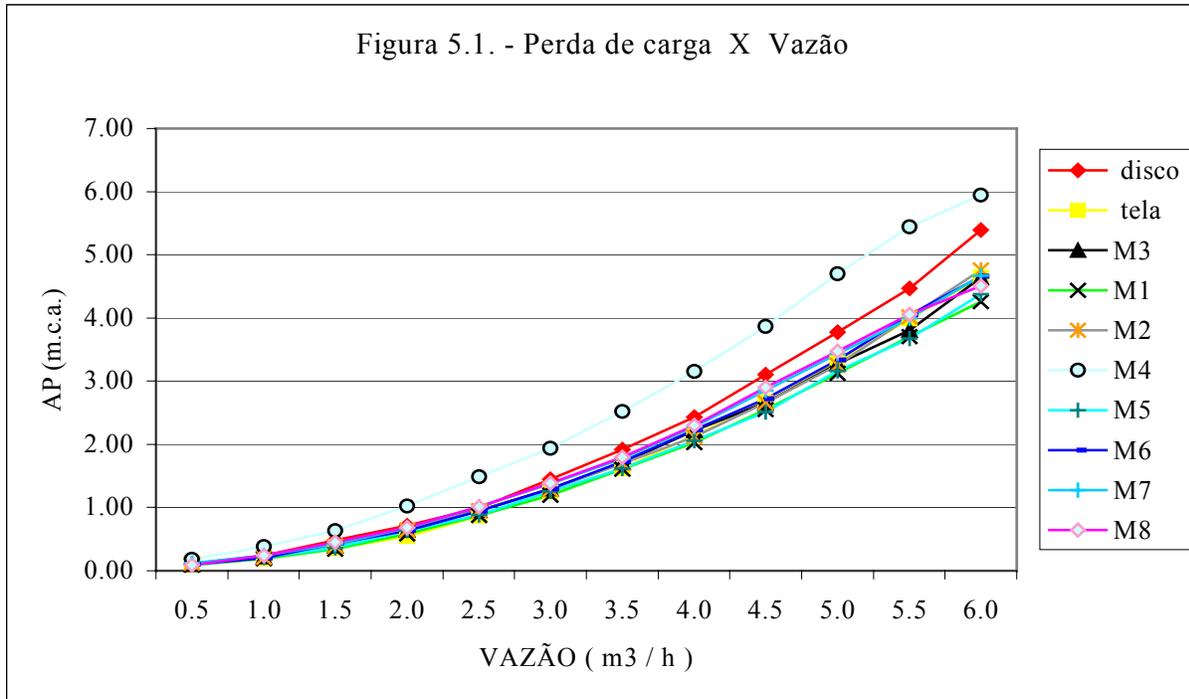
Após a montagem da instalação da primeira etapa e calibração dos equipamentos, realizaram - se os ensaios com as mantas, cujas resultados são apresentadas na Tabela 5.1, Tabela 5.2 e Figura 5.1 comparando assim os resultados obtidos com os filtros de tela e de disco.

Tabela 5.1. Ensaio Completo com Todos os Meios Filtrantes

Vazão (m <sup>3</sup> /h)→	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Perda de carga (m.c.a.)	▼											
Filtro de disco	0.11	0.24	0.48	0.71	0.99	1.45	1.92	2.43	3.10	3.78	4.47	5.39
Filtro de tela	0.09	0.19	0.35	0.54	0.86	1.25	1.62	2.14	2.67	3.29	3.99	4.65
Manta preta (m3)	0.10	0.22	0.39	0.64	0.95	1.30	1.71	2.22	2.66	3.27	3.81	4.64
Manta verde (M1)	0.09	0.19	0.34	0.58	0.87	1.20	1.61	2.03	2.55	3.12	3.71	4.26
Manta cinza (M2)	0.12	0.21	0.39	0.64	0.95	1.29	1.70	2.12	2.66	3.25	4.02	4.76
Manta branca(M4)	0.18	0.38	0.63	1.02	1.49	1.94	2.52	3.15	3.87	4.70	5.44	5.95
Manta cinza (M5)	0.09	0.21	0.36	0.63	0.88	1.26	1.62	2.06	2.51	3.16	3.68	4.38
Manta cinza (M6)	0.10	0.20	0.43	0.63	0.94	1.30	1.73	2.23	2.72	3.33	4.05	4.66
Manta cinza (M7)	0.12	0.24	0.42	0.67	1.01	1.38	1.78	2.28	2.85	3.43	4.00	4.67
Manta preta(M8)	0.09	0.24	0.45	0.68	1.01	1.39	1.80	2.30	2.90	3.47	4.06	4.51

Tabela 5.2. Equações das retas e Coeficientes de Correlação

Meios Filtrantes	Equações das retas	Coeficientes de Correlação
Manta (M4)	$y = 0.5498x - 0.9678$	R2 = 0.9735
Disco	$y = 0.4755x - 1.0017$	R2 = 0.9502
Manta (M5)	$y = 0.3892x - 0.7924$	R2 = 0.9573
Manta (M6)	$y = 0.4188x - 0.8619$	R2 = 0.9559
Manta (M7)	$y = 0.4196x - 0.8231$	R2 = 0.9629
Tela	$y = 0.4192x - 0.9211$	R2 = 0.9489
Manta (M3)	$y = 0.4077x - 0.8233$	R2 = 0.9575
Manta (M2)	$y = 0.4178x - 0.8737$	R2 = 0.9478
Manta (M1)	$y = 0.3871x - 0.8045$	R2 = 0.9588



### 5.2.Resultados da segunda etapa:

Os resultados da variação de perda de carga nos filtros em função do tempo de funcionamento e os resultados da eficiência da remoção de sólidos suspensos totais e de turbidez pelos filtros, referentes a Segunda etapa são apresentados nas figuras 5.2 a 5.26 e nas tabelas 5.3 a 5.27

Também são apresentadas nas tabelas 5.28 e 5.29 os resultados da análise estatística referente a todos os ensaios realizados nesta etapa.

Figura 5.2 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 1.

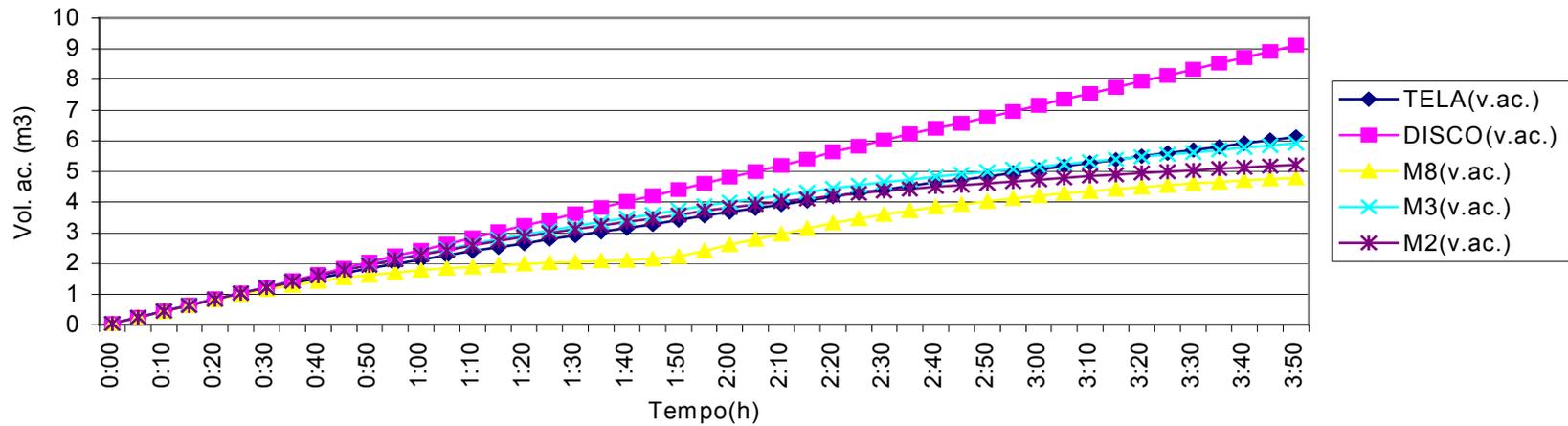
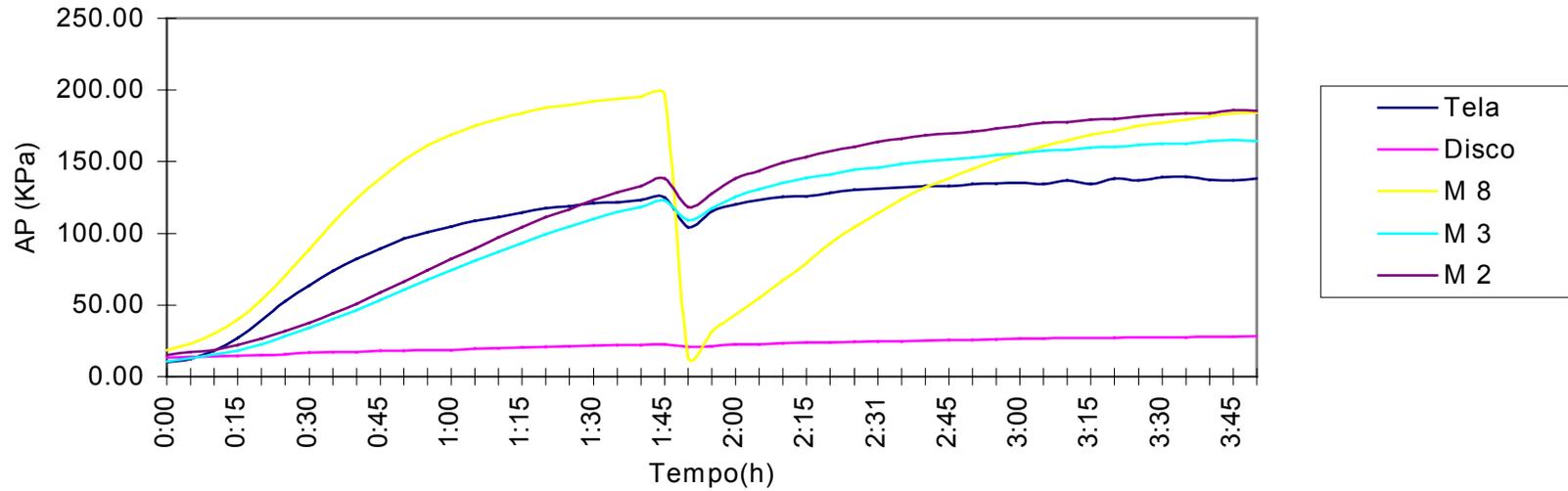


Figura 5.3 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 2.

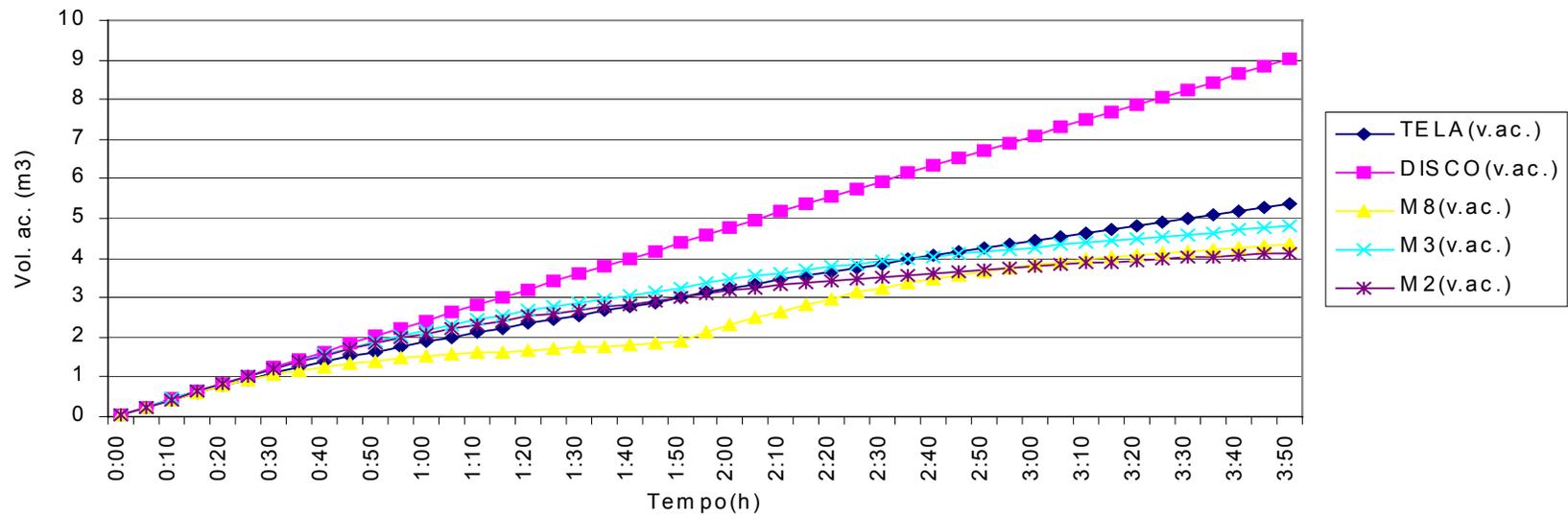
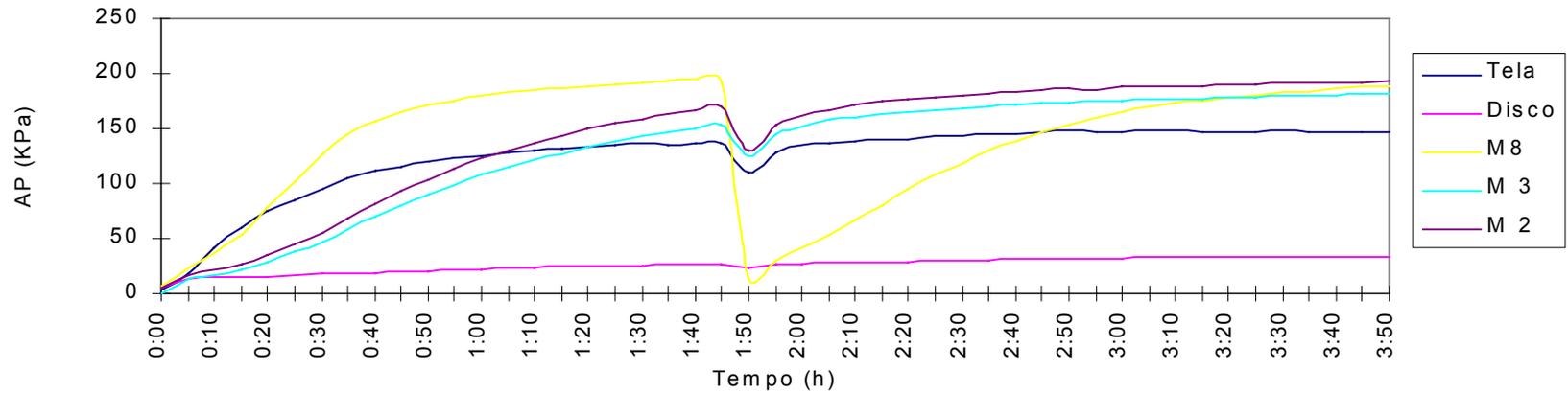


Figura 5.4 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 3.

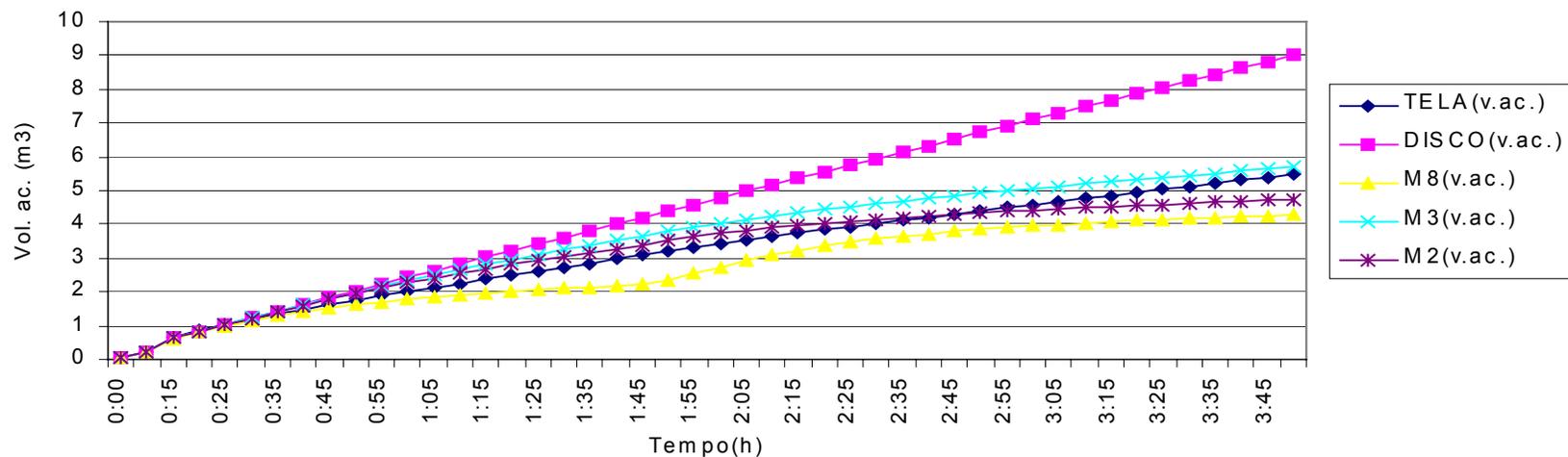
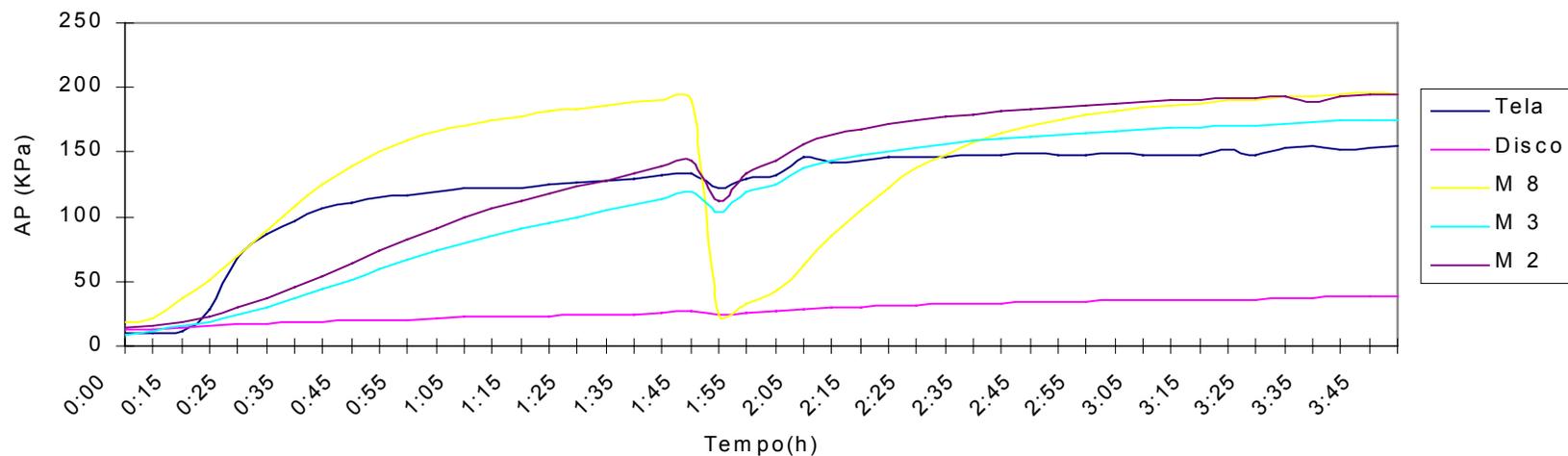


Figura 5.5 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 4.

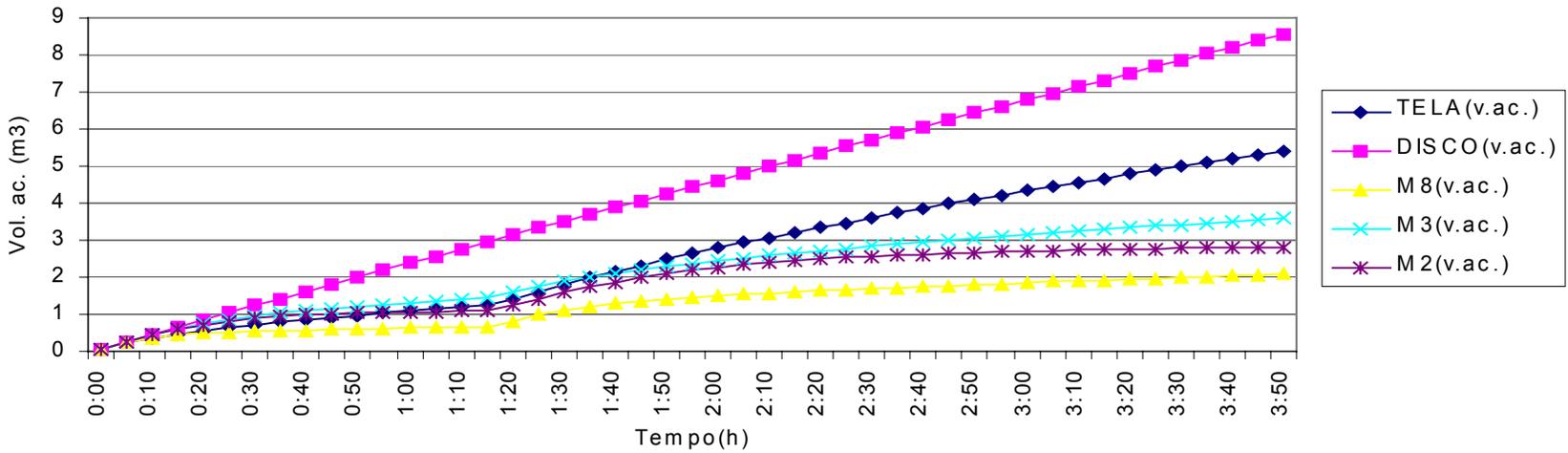
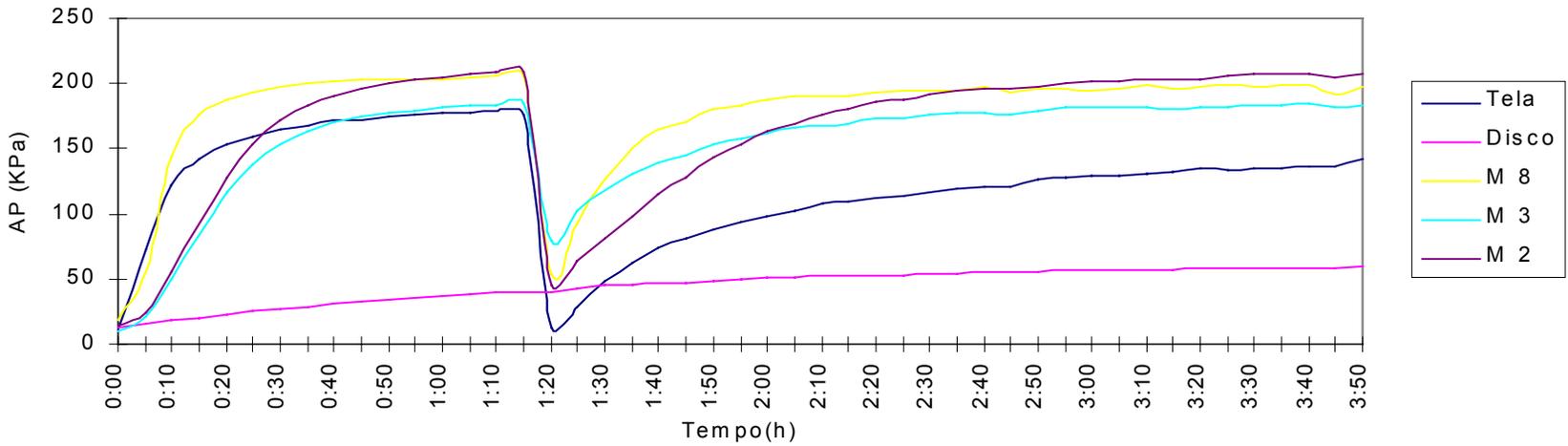


Figura 5.6 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 5.

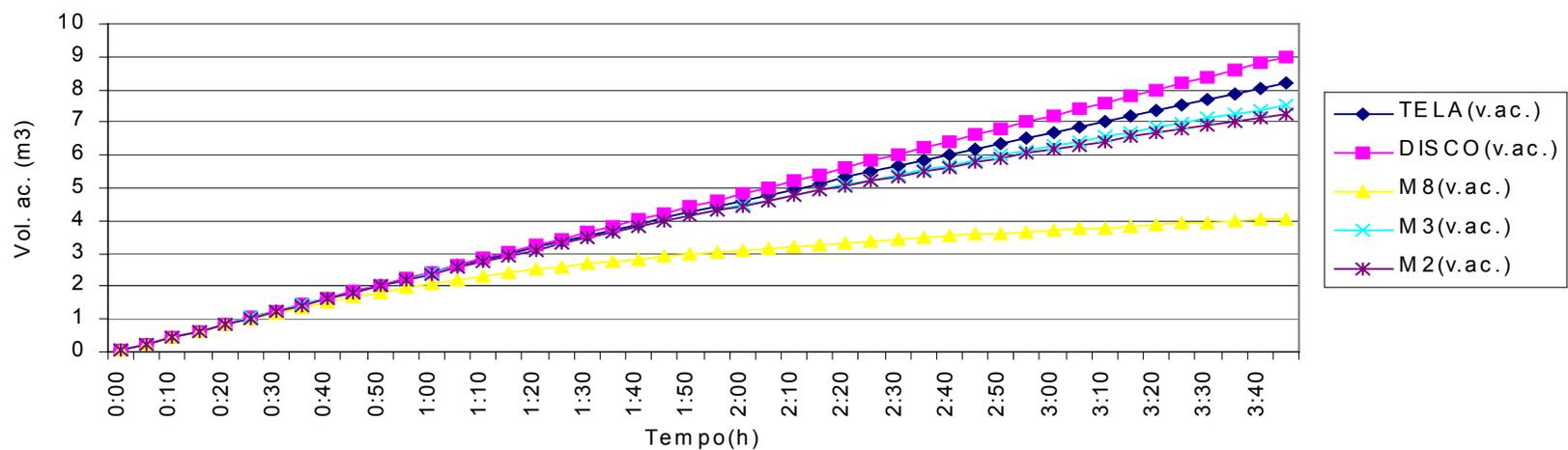
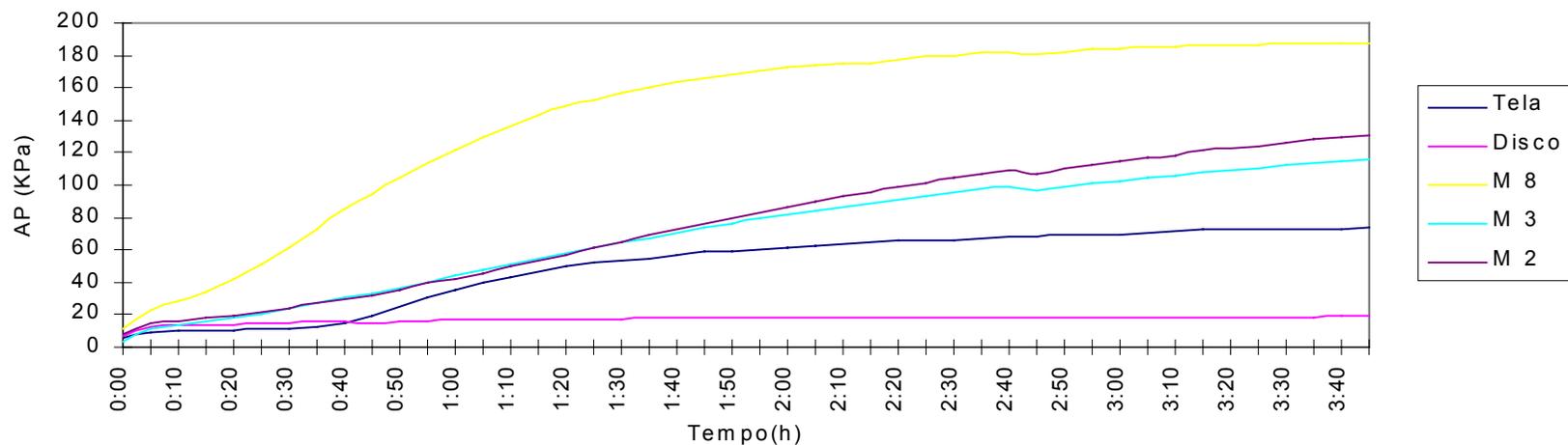


Figura 5.7 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 6.

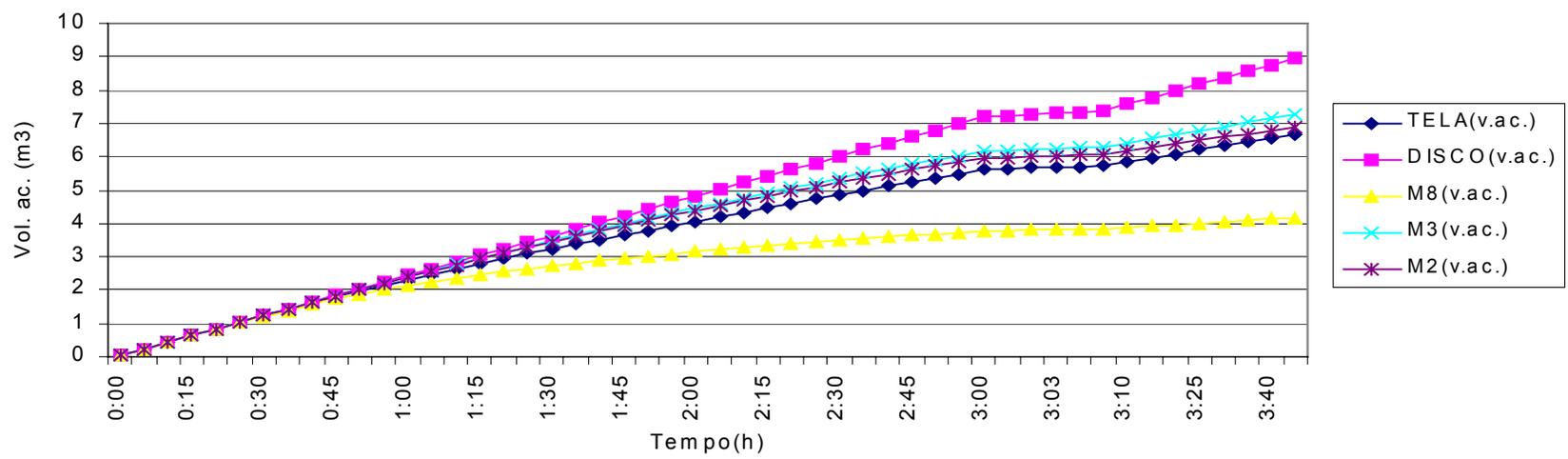
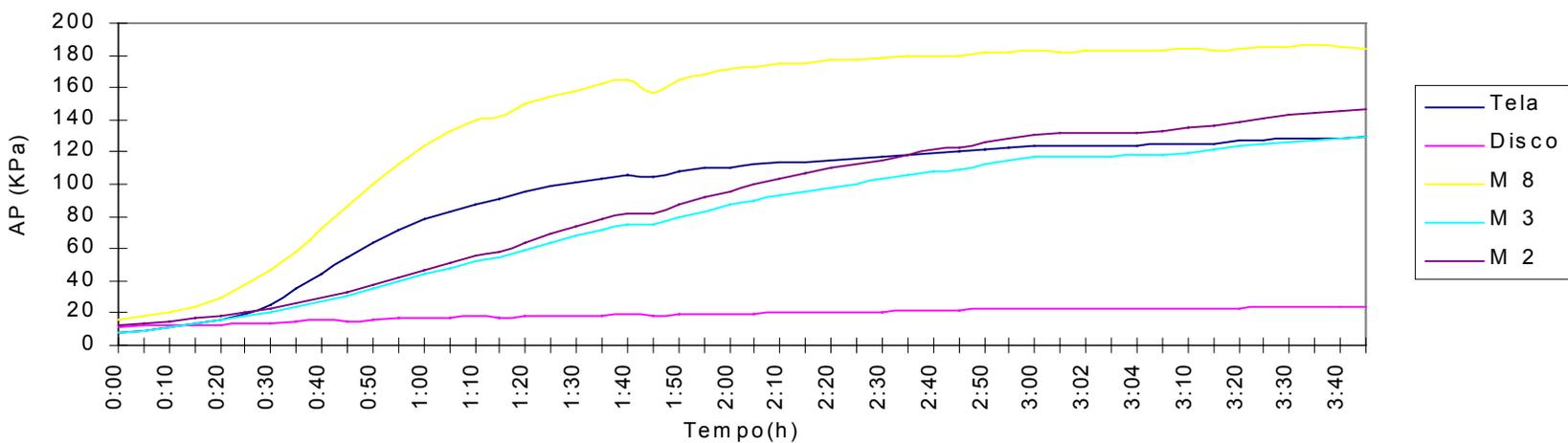


Figura 5.8 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 7.

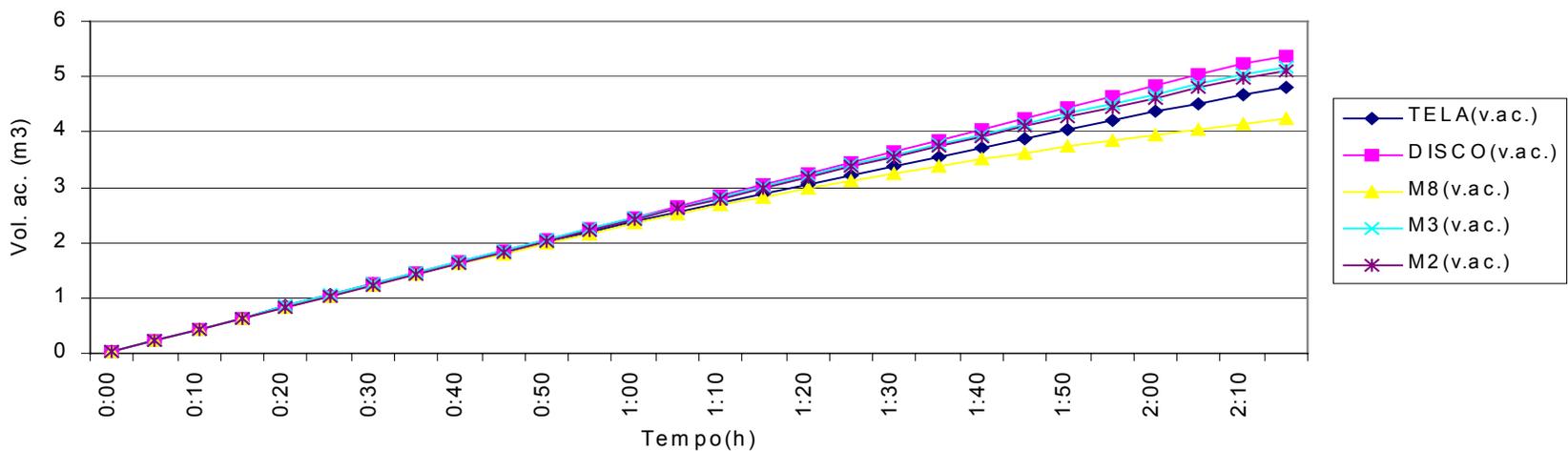
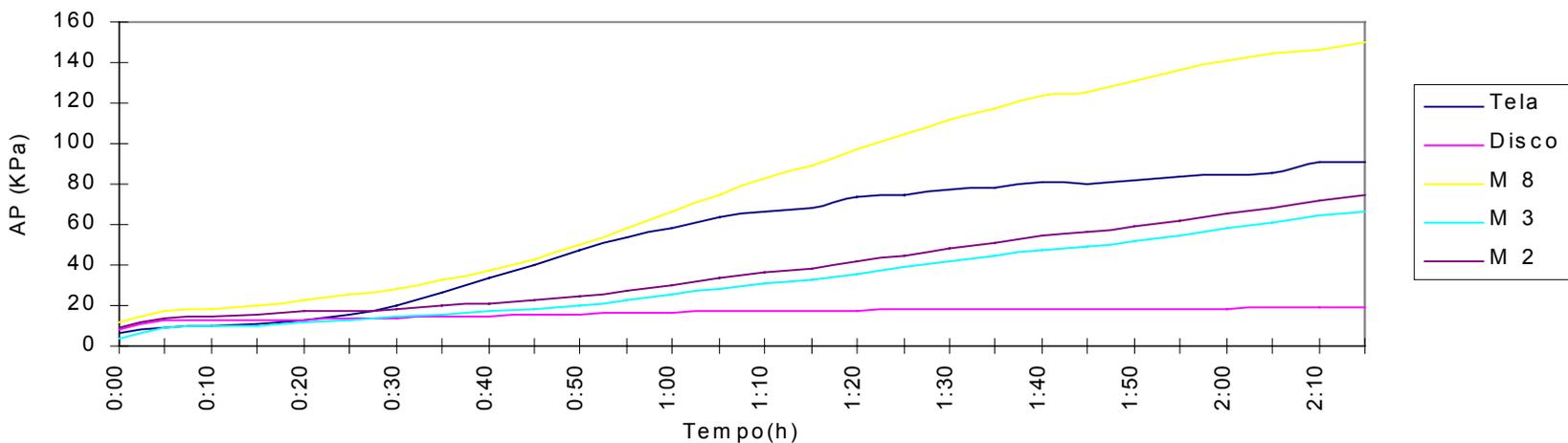


Figura 5.9 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 8.

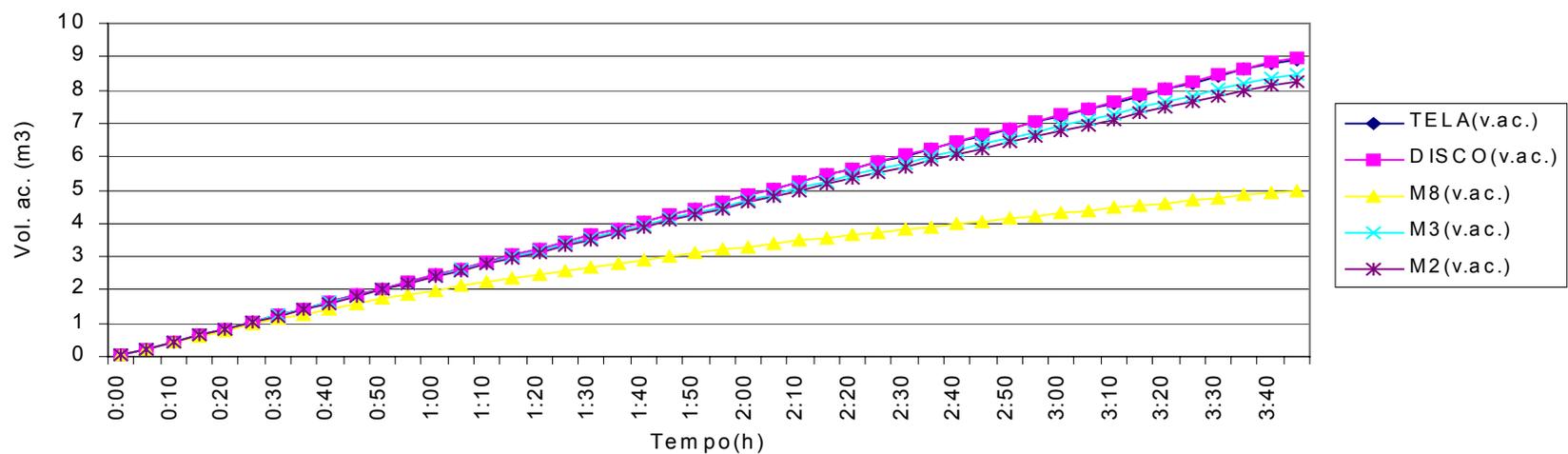
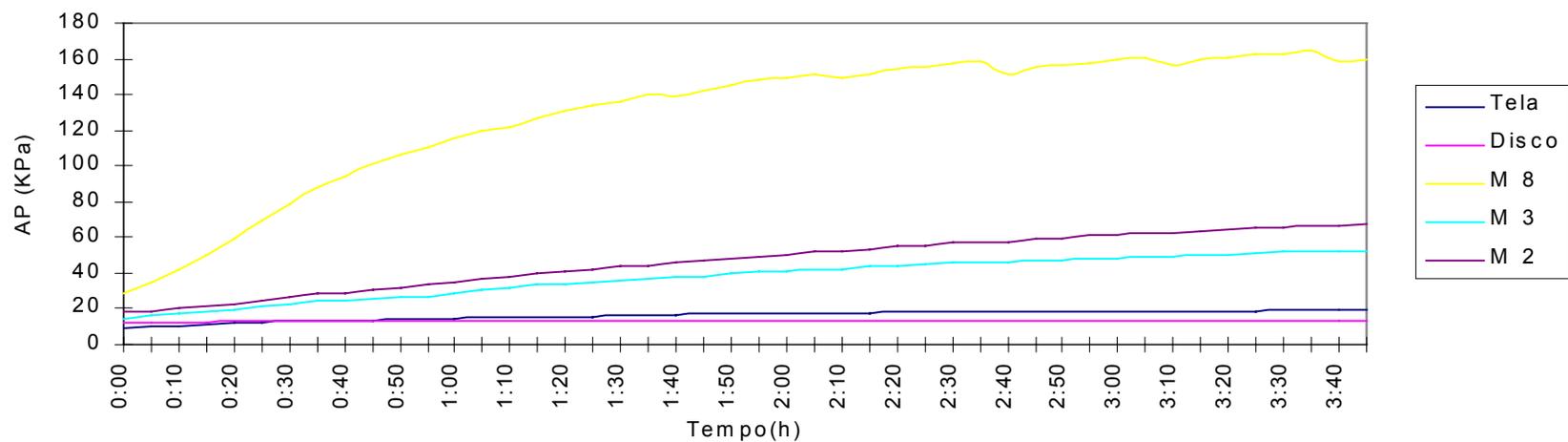


Figura 5.10 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 9.

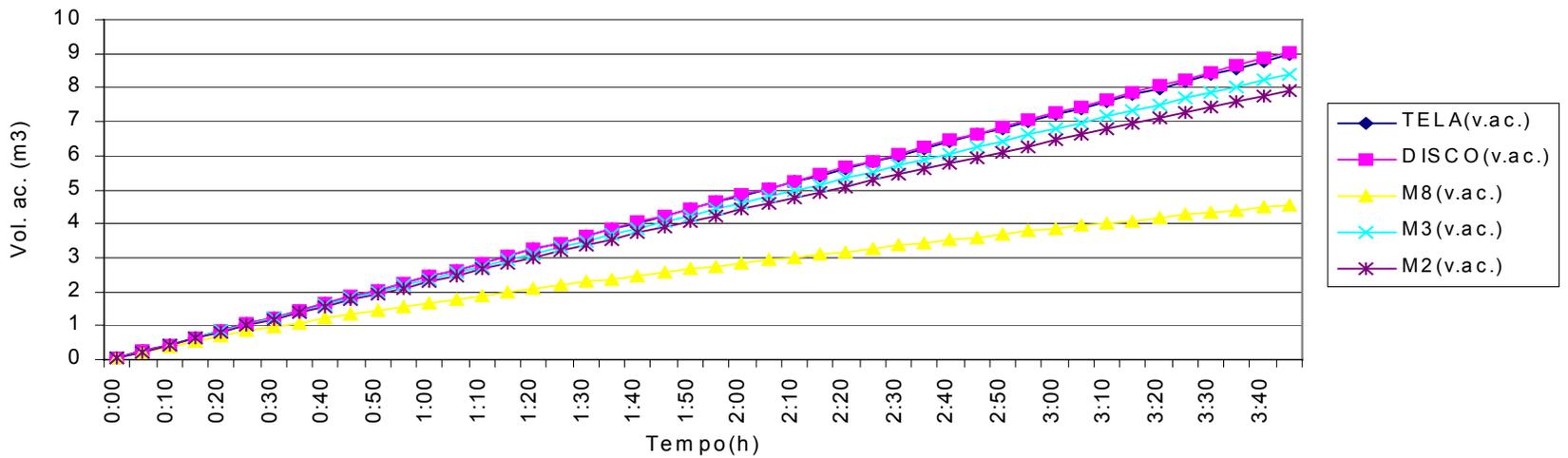
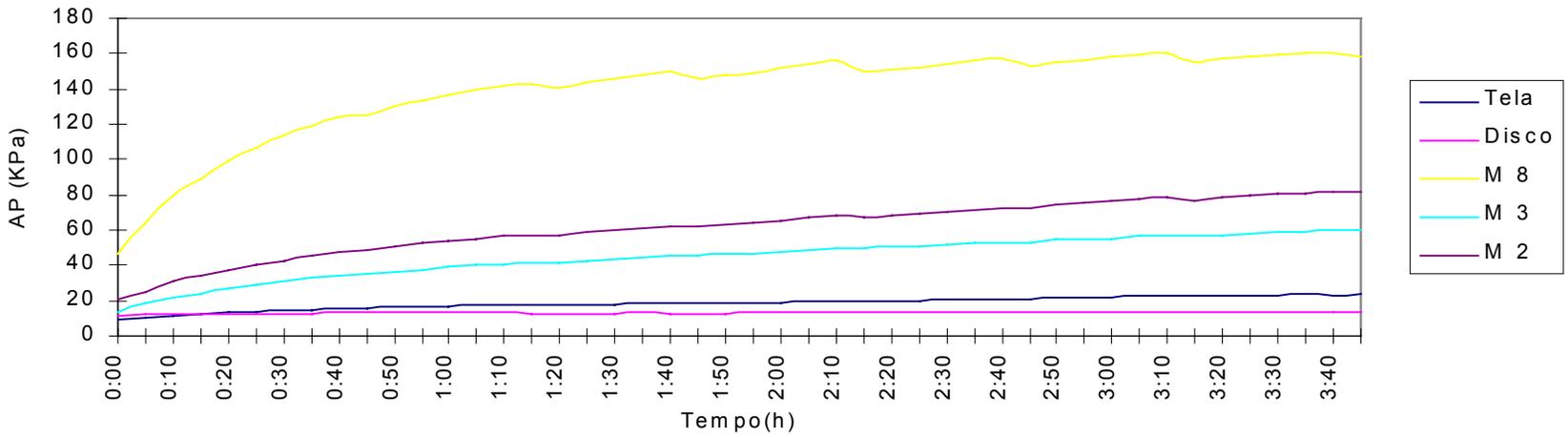


Figura 5.11; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 10.

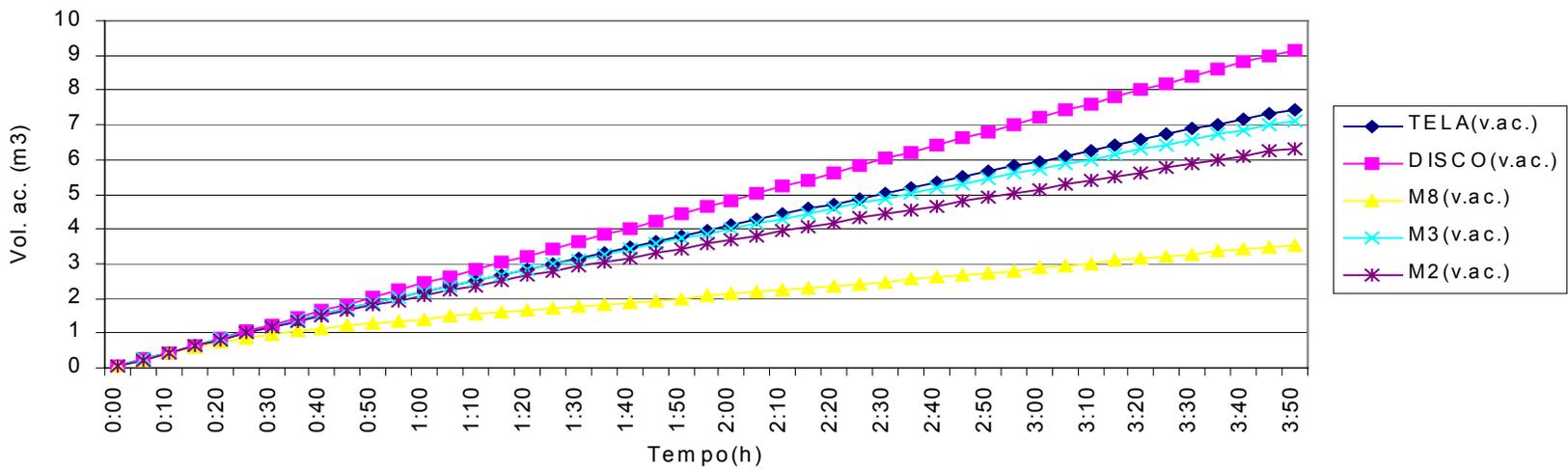
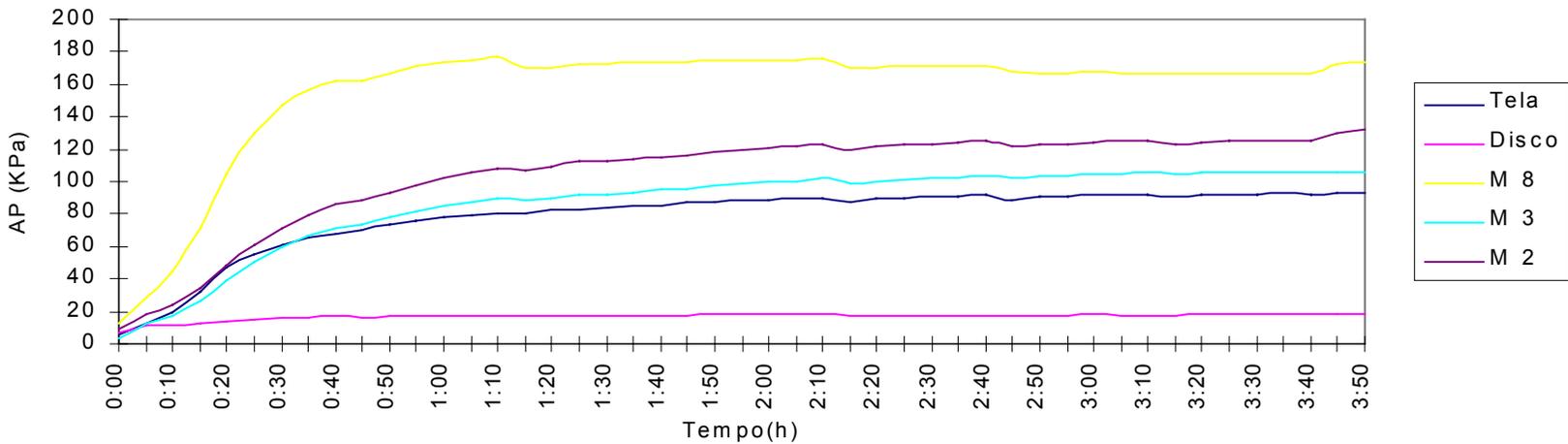


Figura 5.12 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 11.

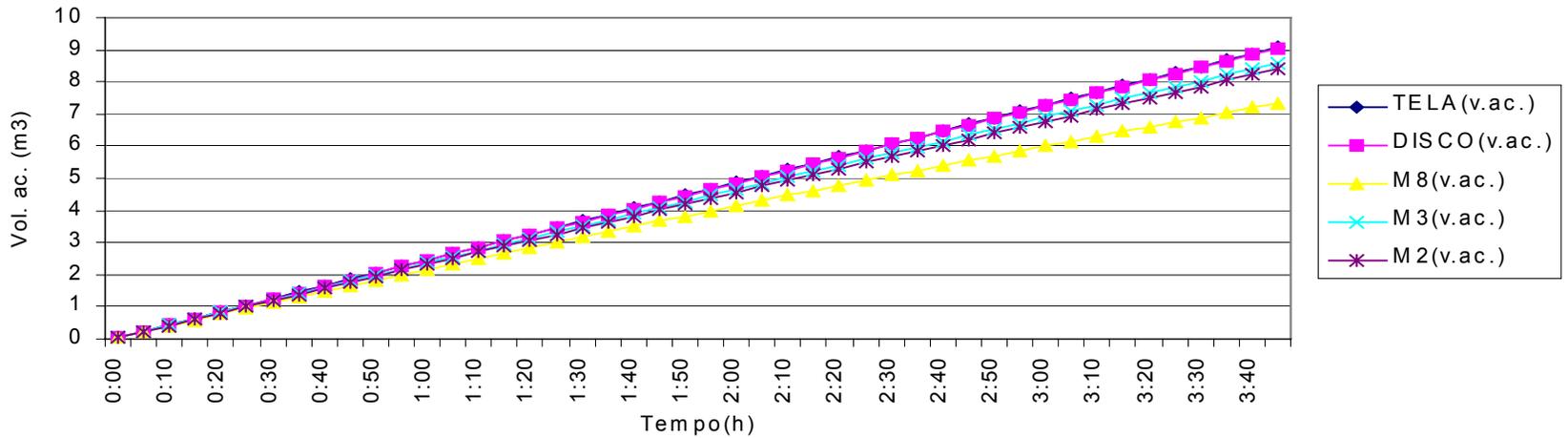
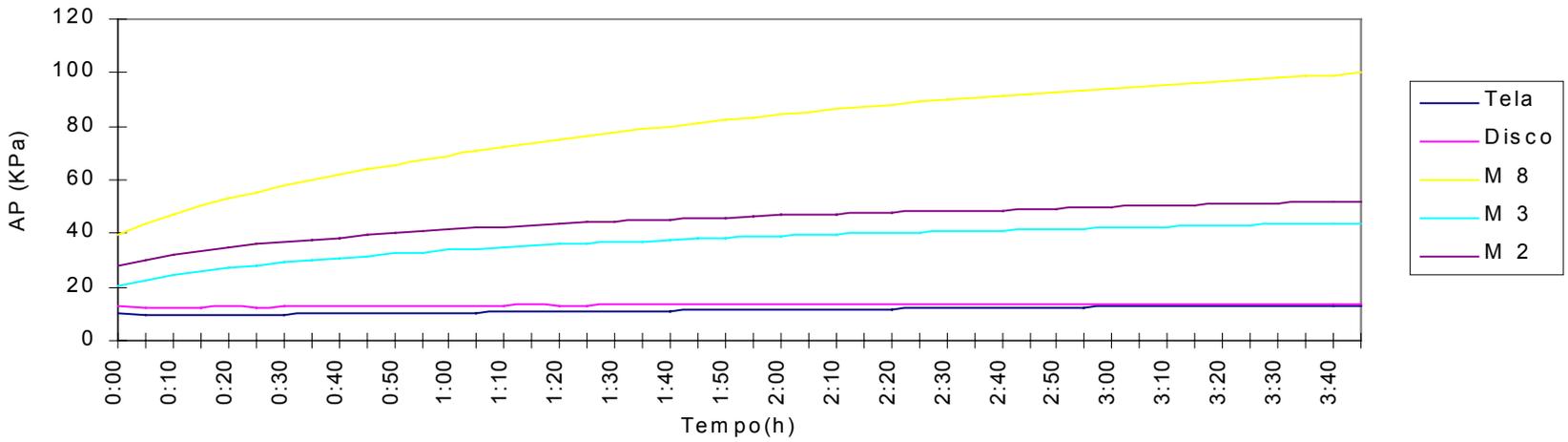


Figura 5.13 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 12.

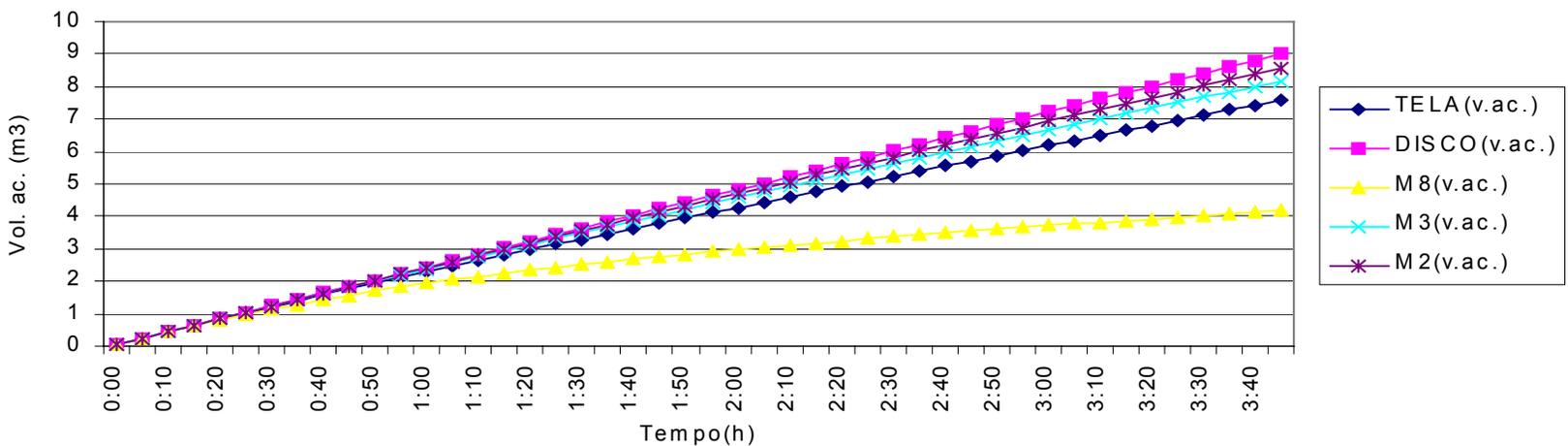
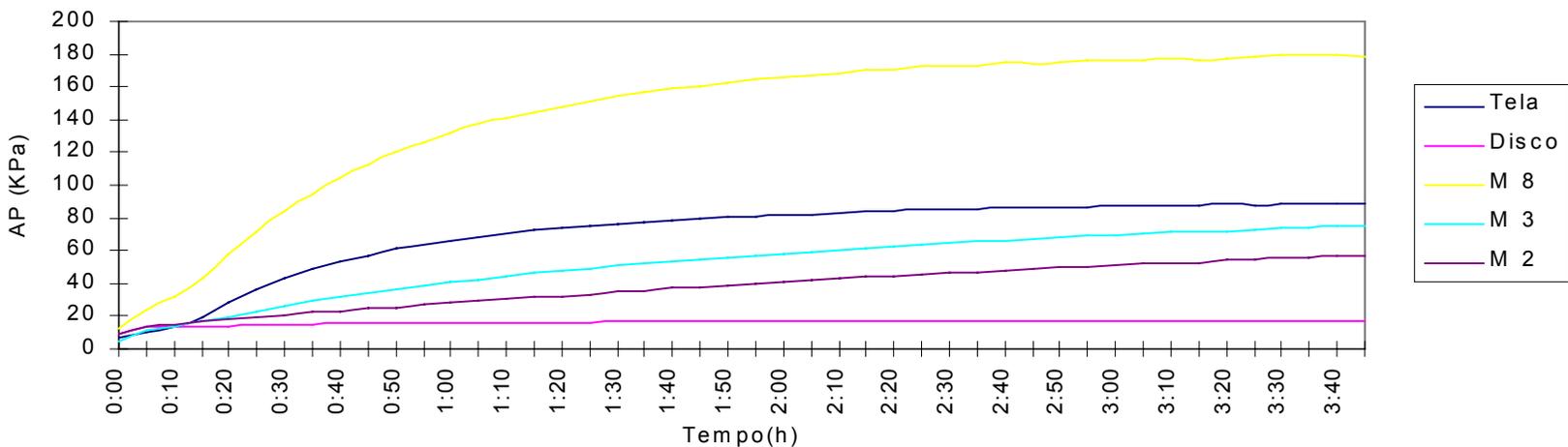


Figura 5.14 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 13.

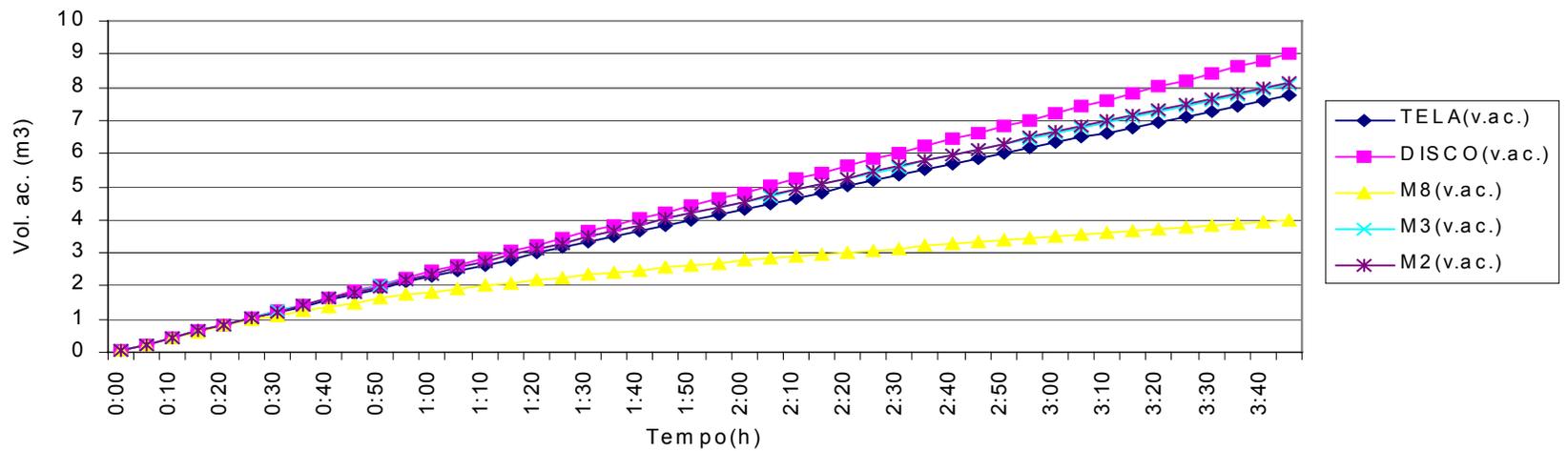
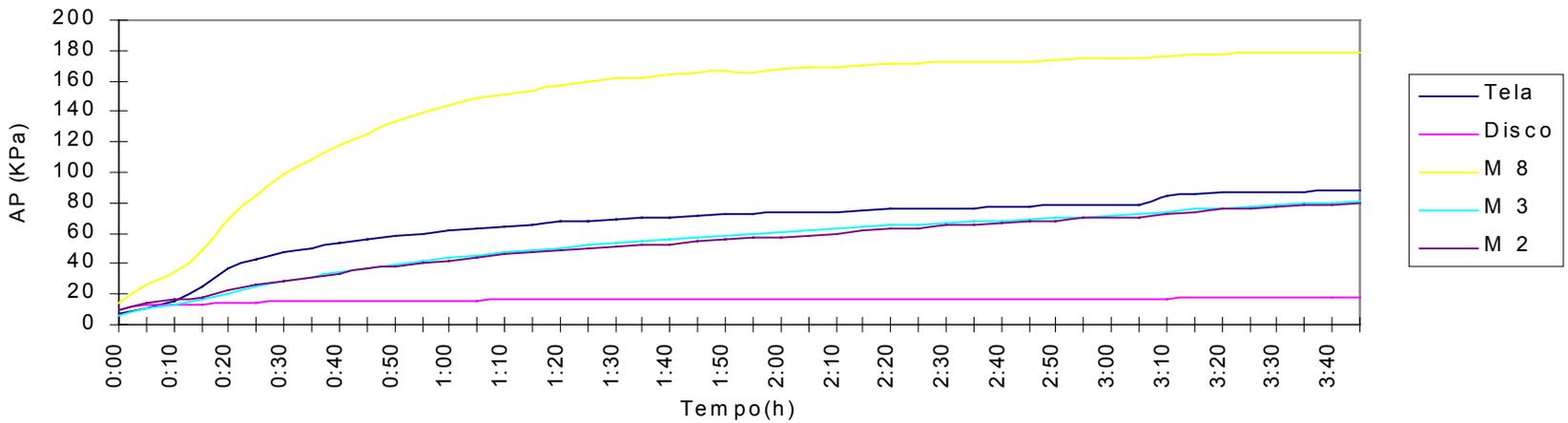


Figura 5.15 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 14.

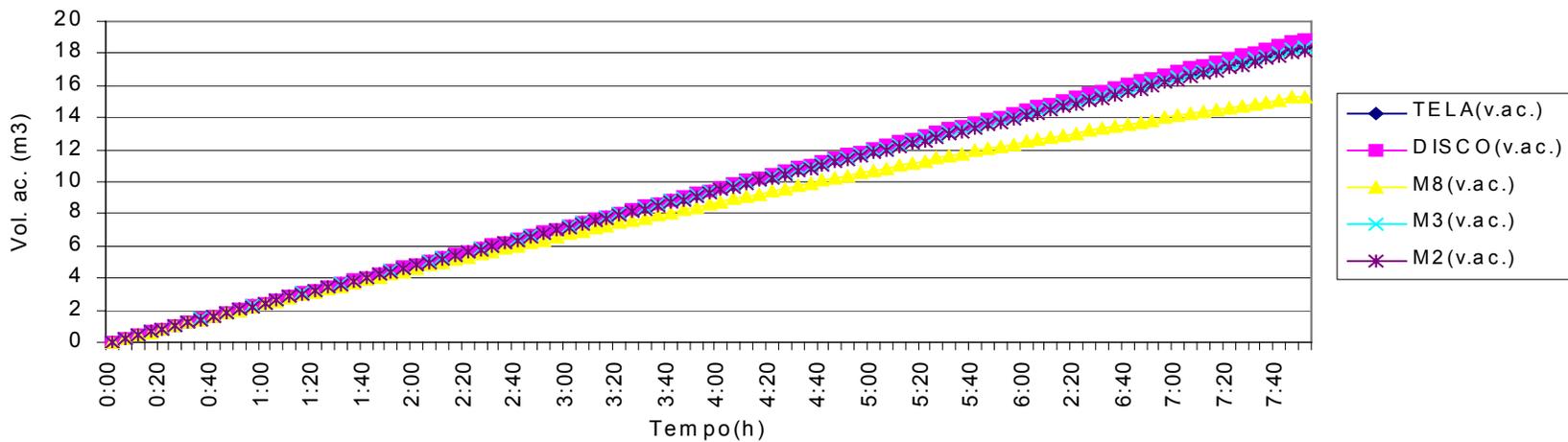
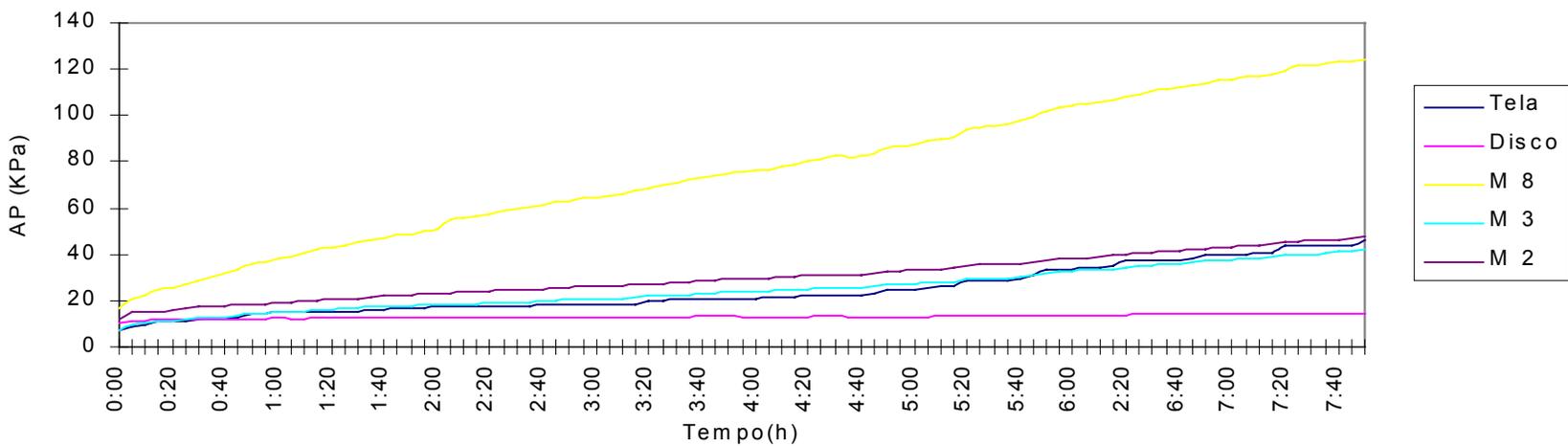


Figura 5.16 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 15.

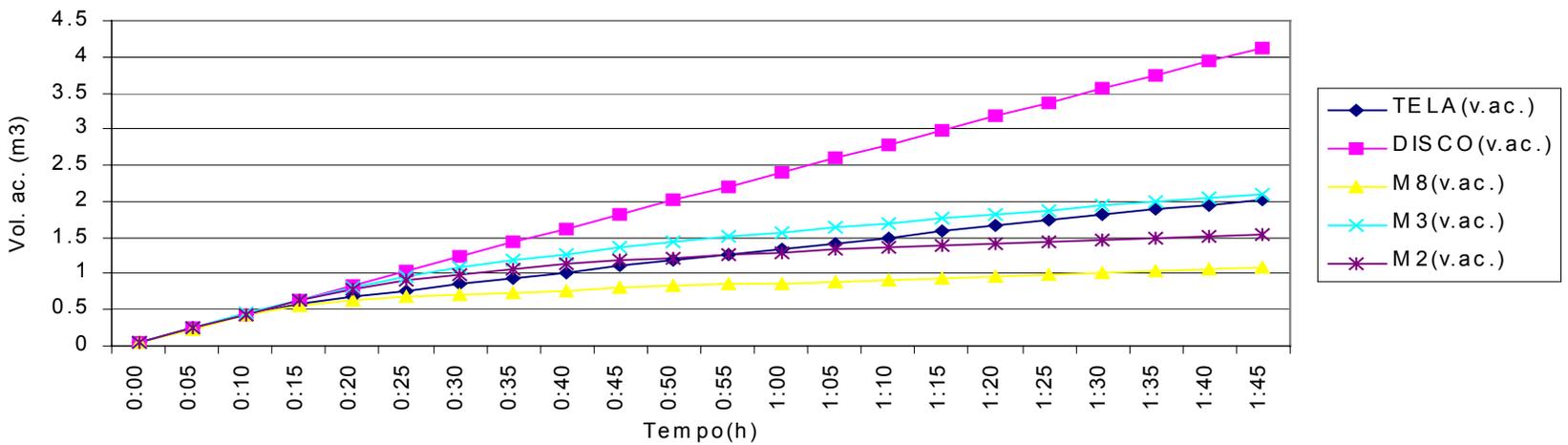
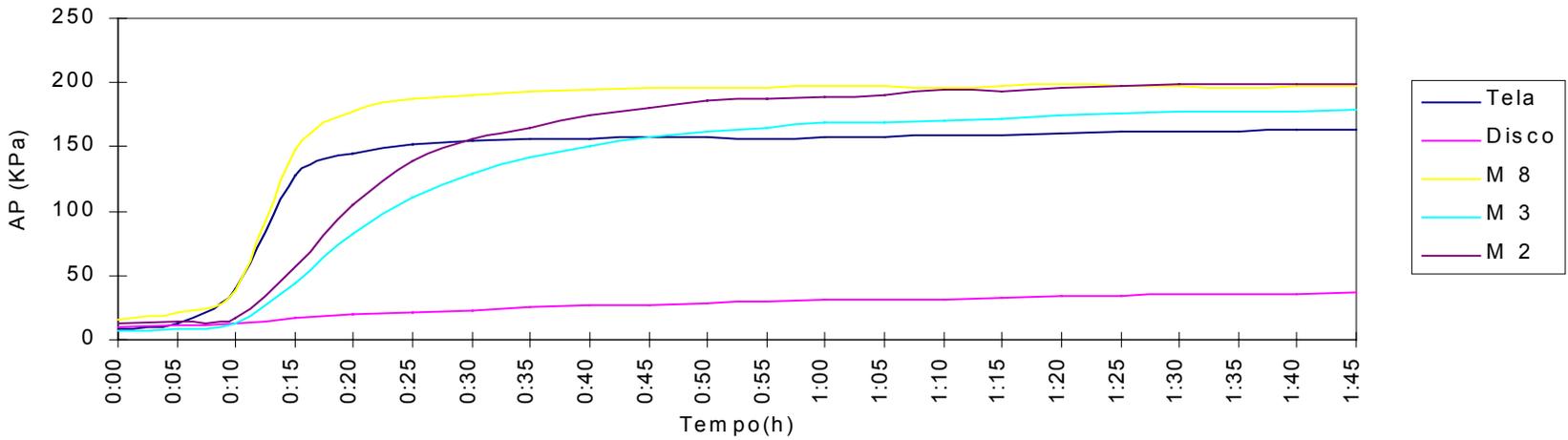


Figura 5.17 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 16.

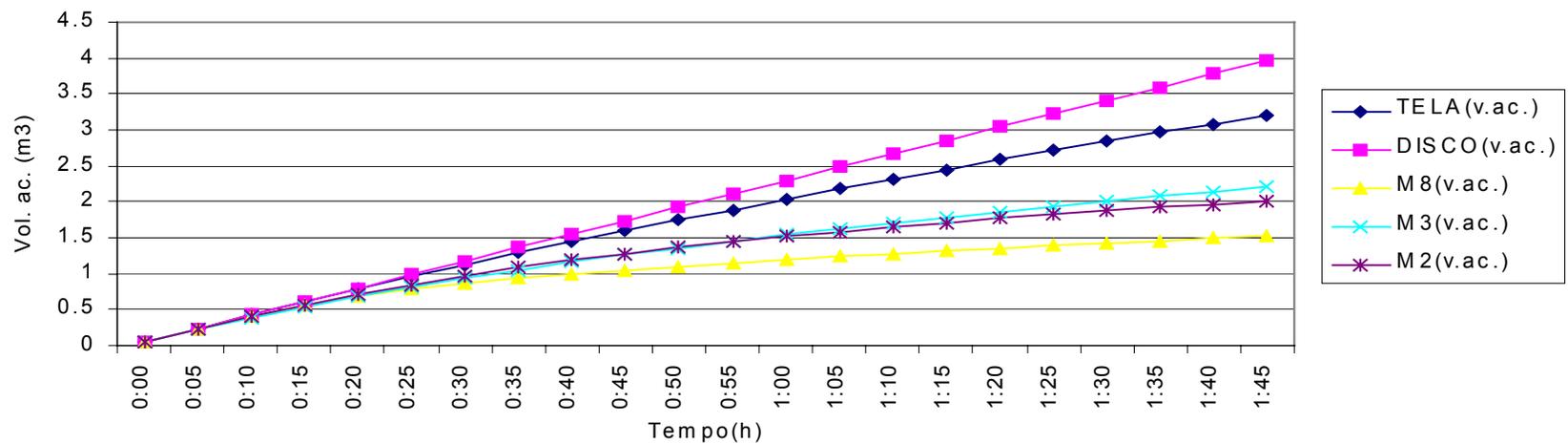
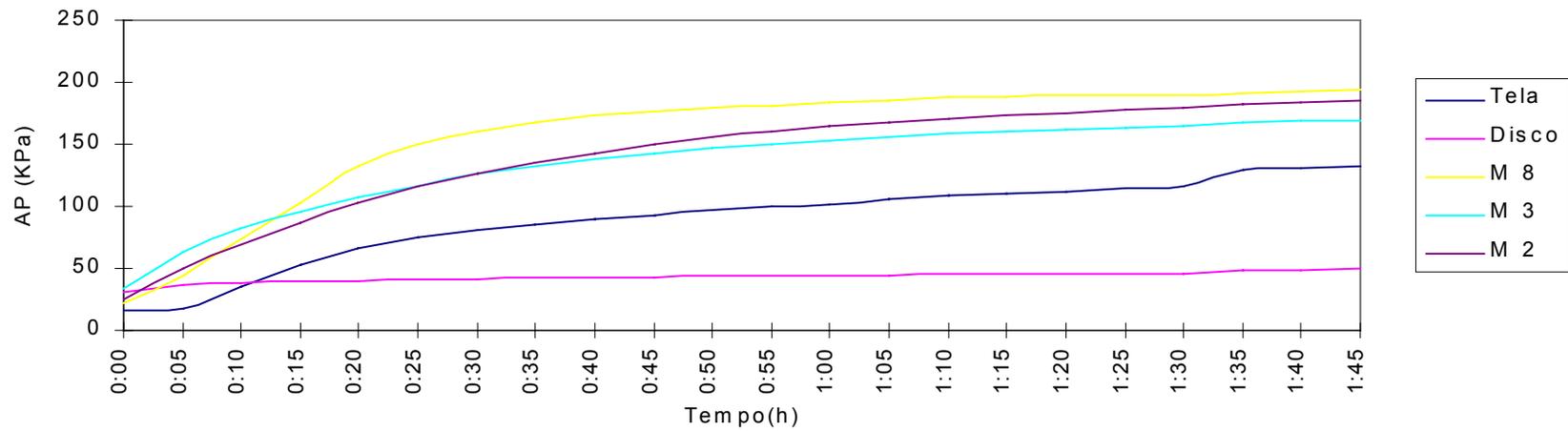


Figura 5.18 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 17.

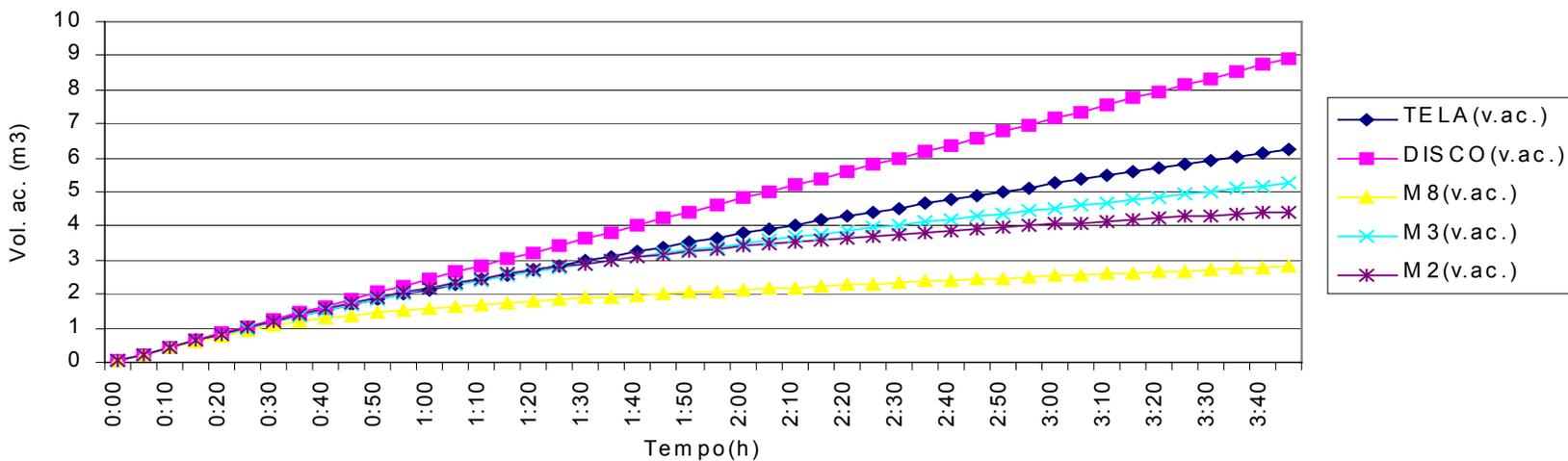
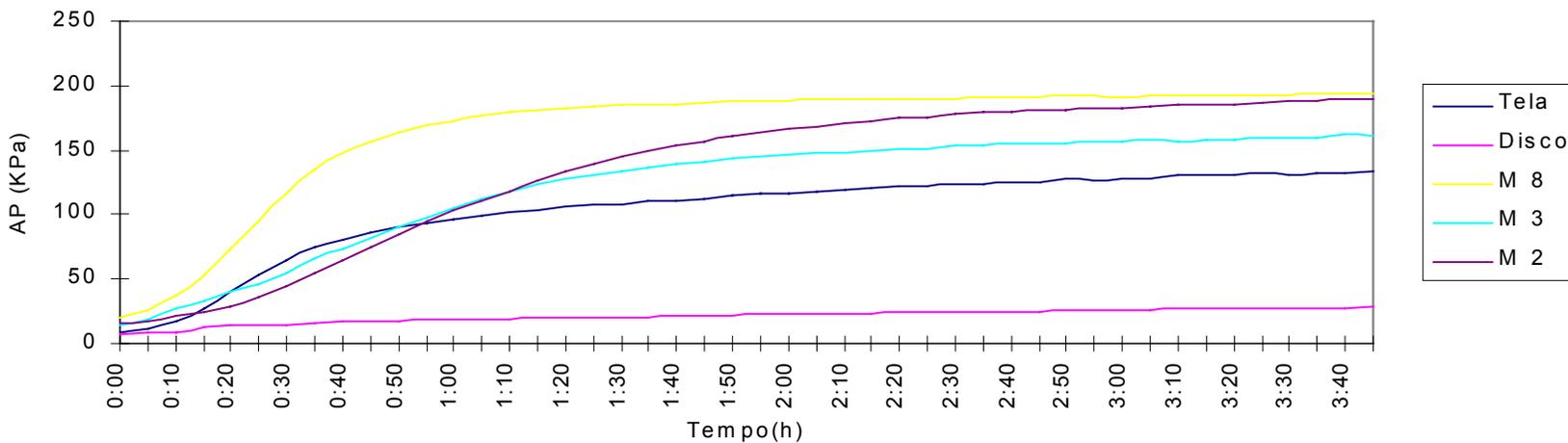


Figura 5.19 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 18.

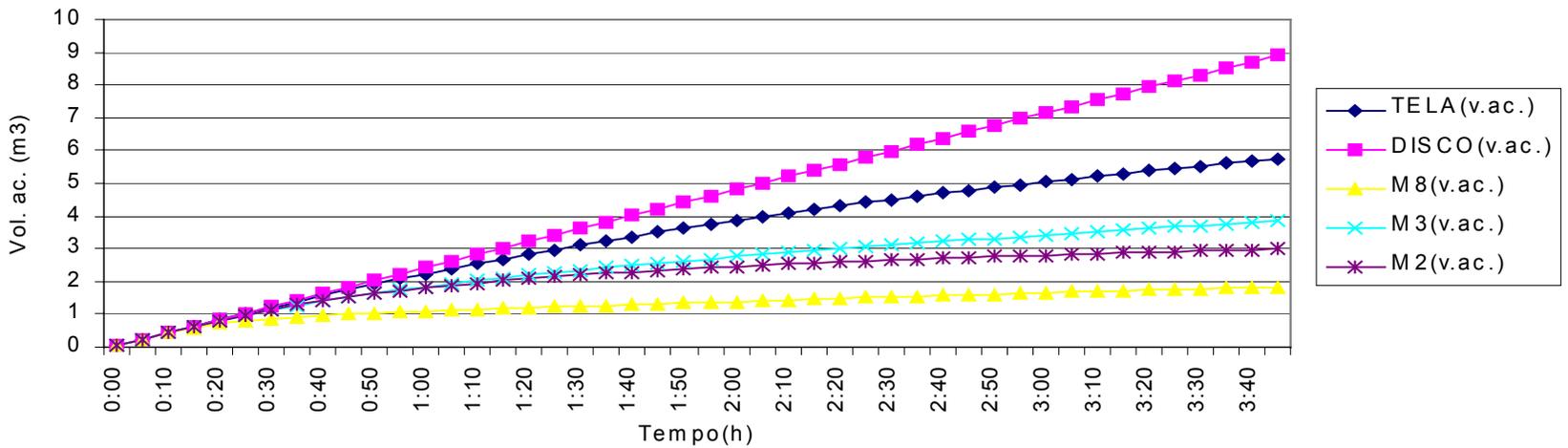
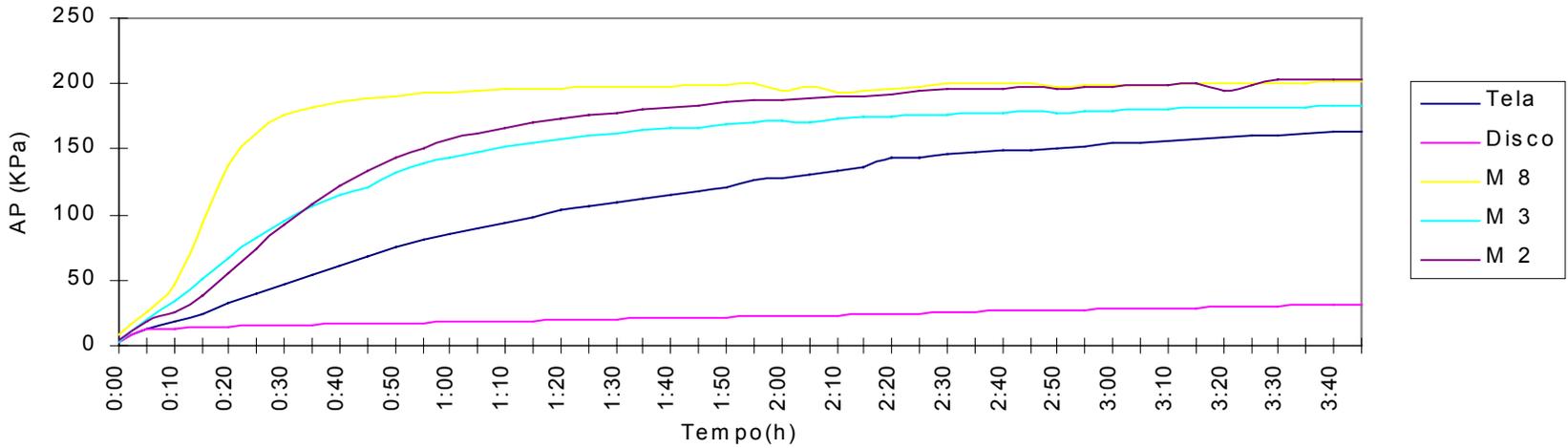


Figura 5.20 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 19.

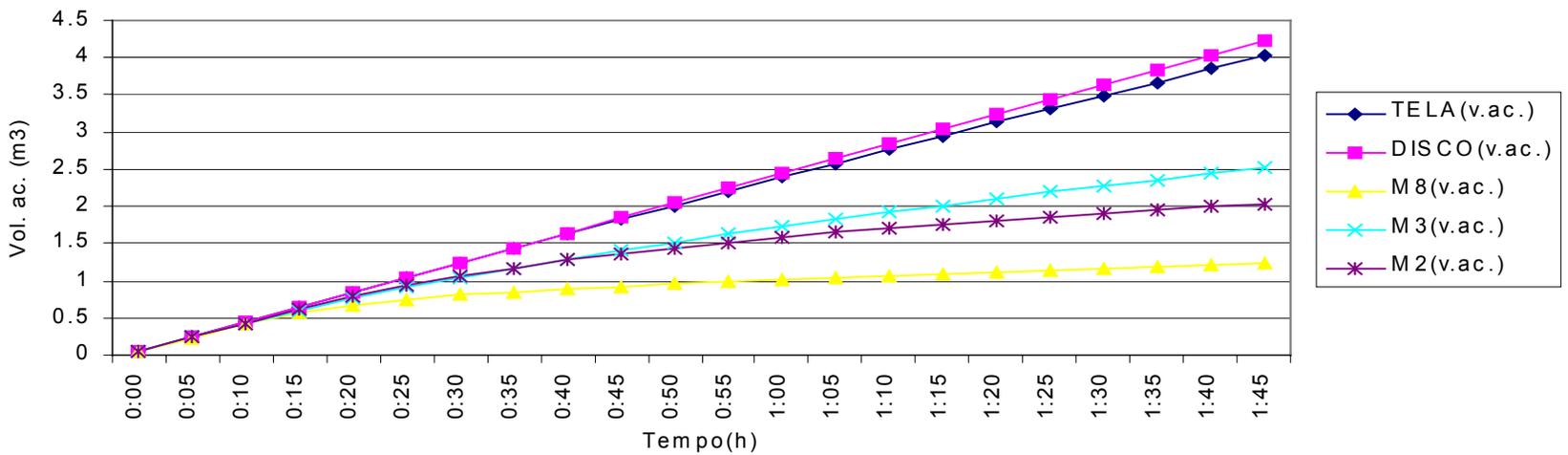
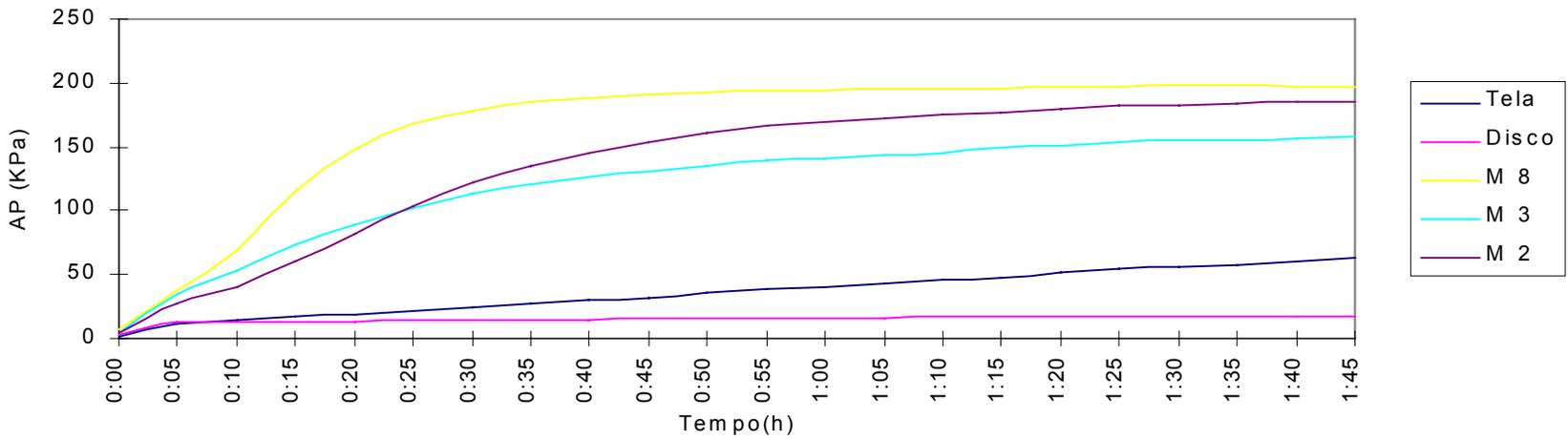


Figura 5.21 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 20.

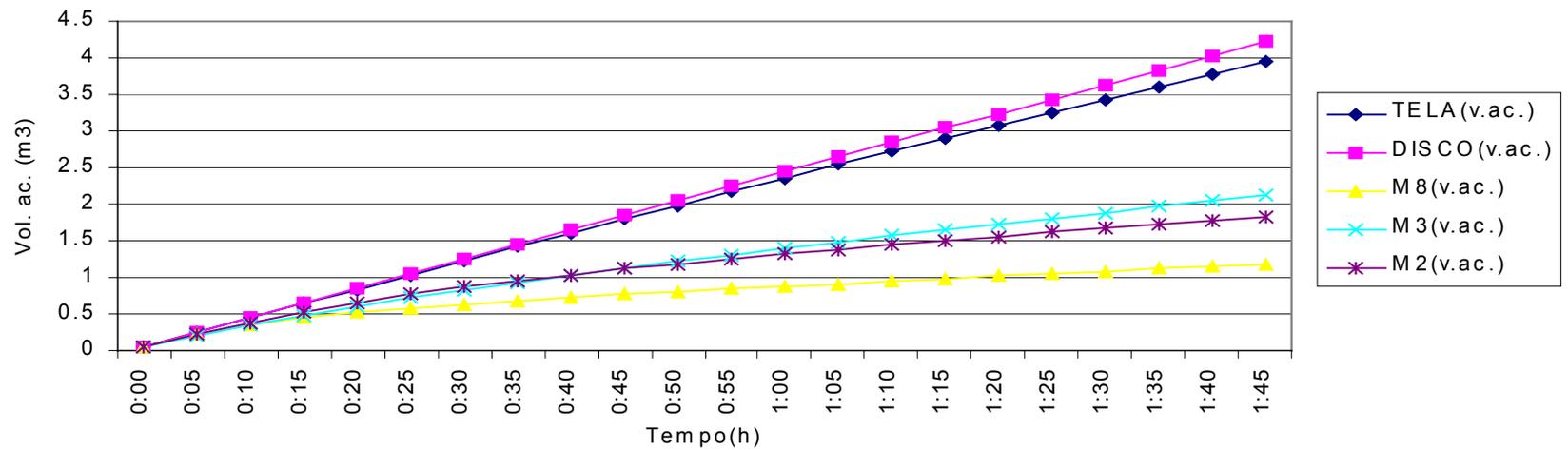
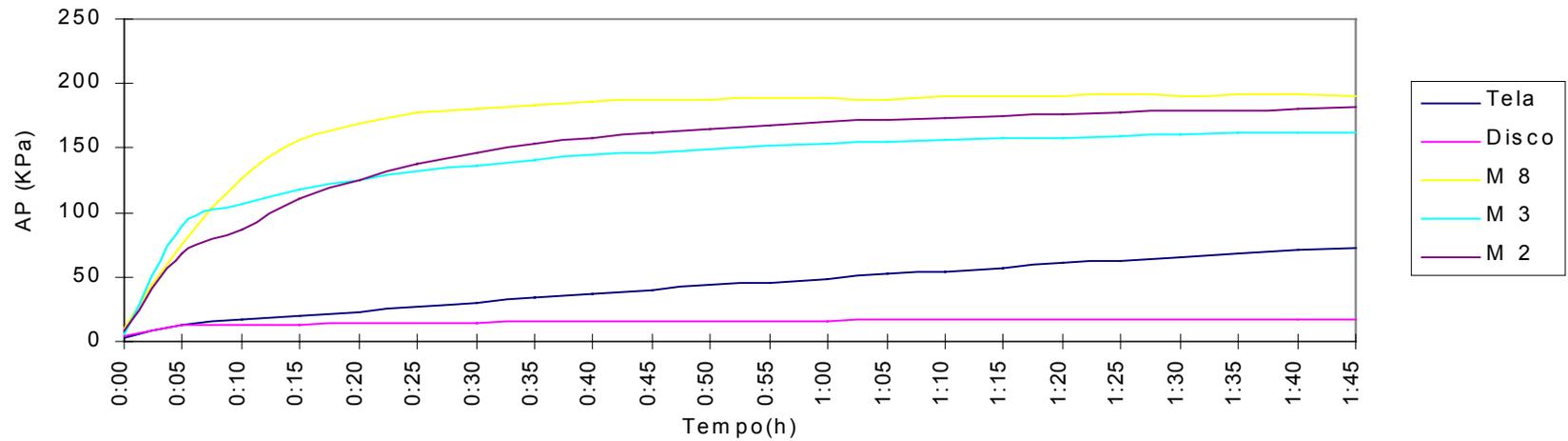


Figura 5.22 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 21.

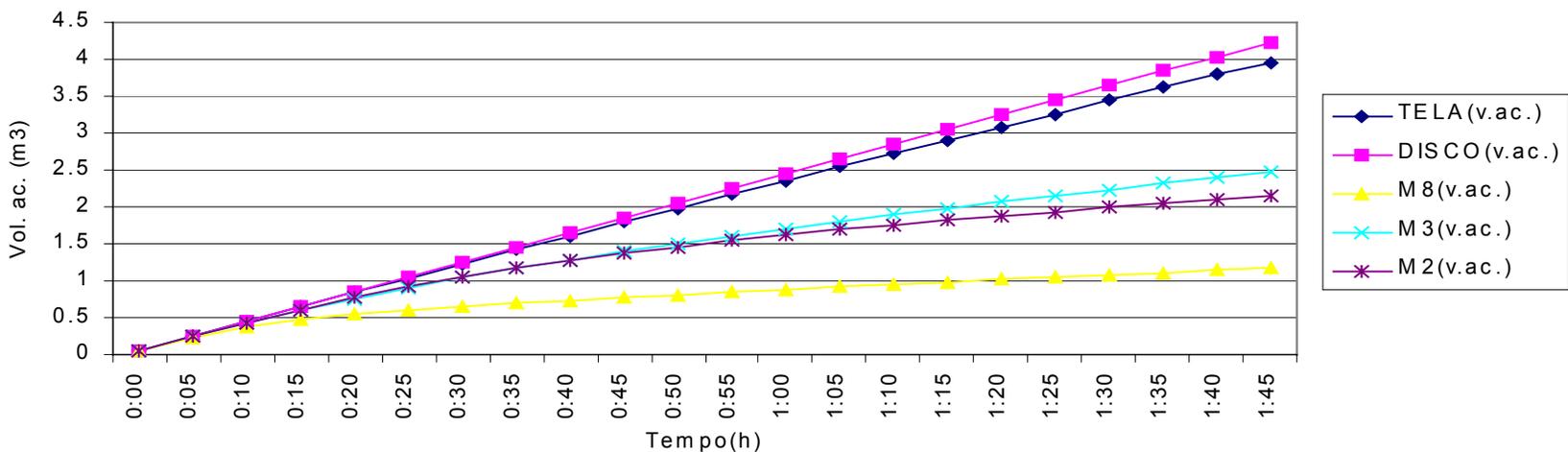
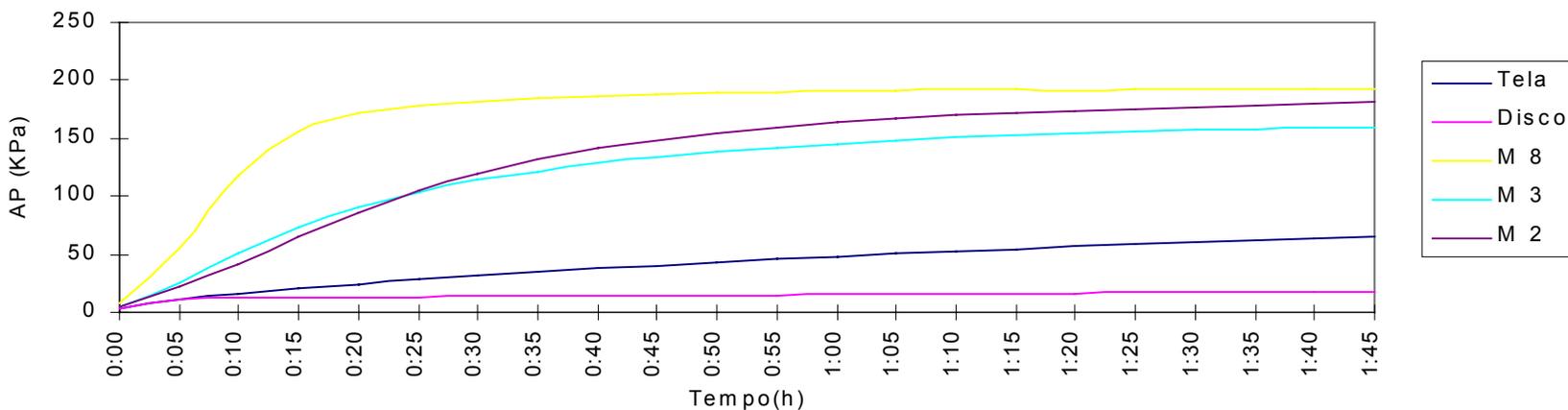


Figura 5.23 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 22.

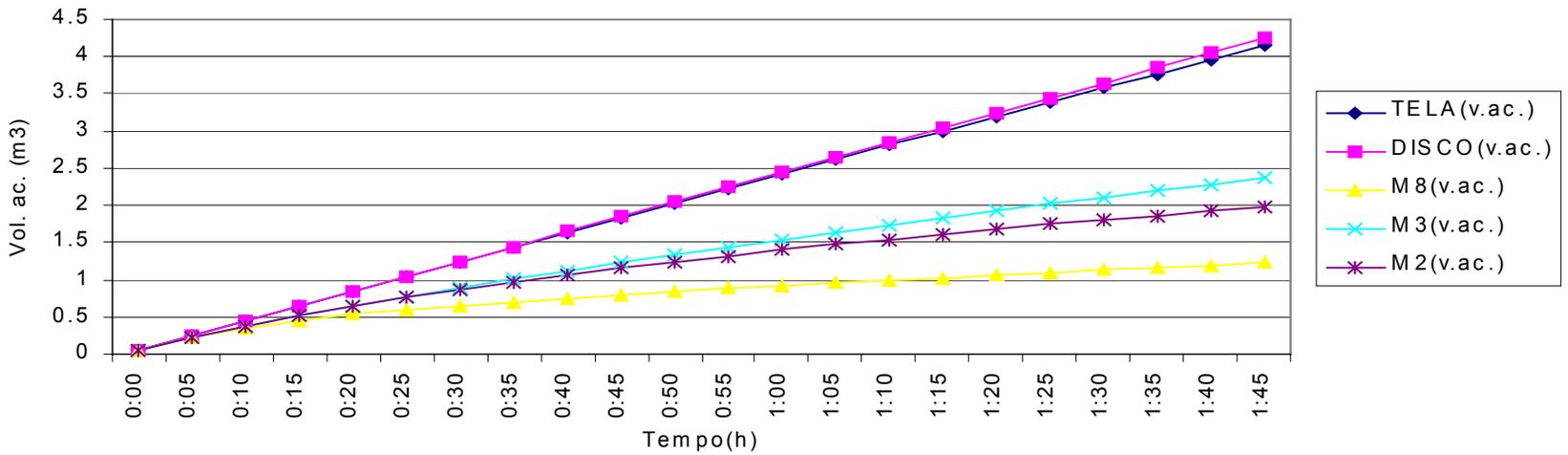
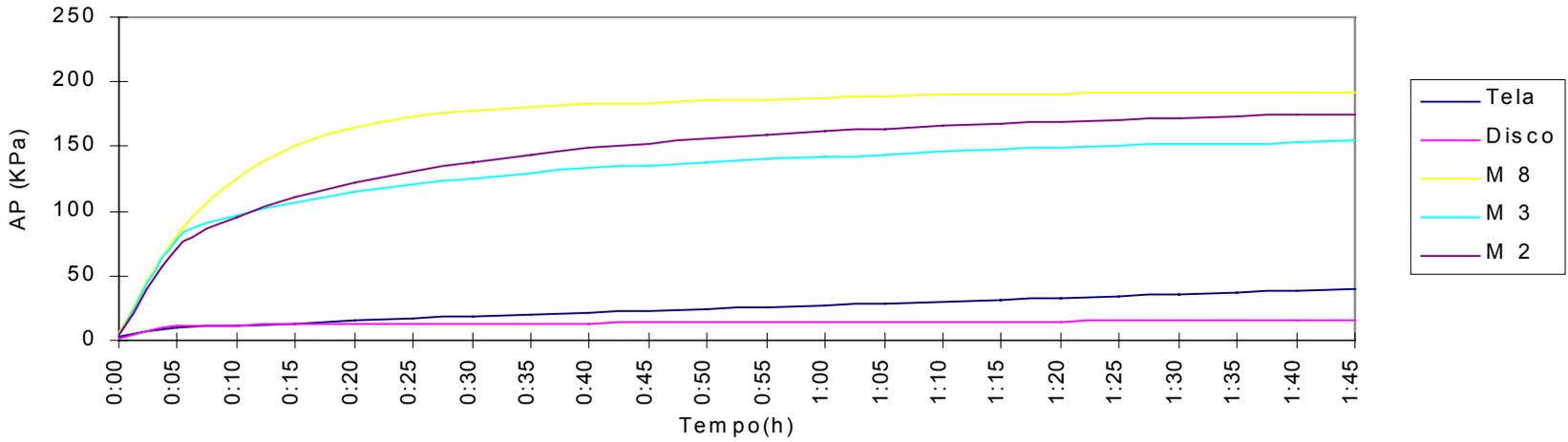


Figura 5.24 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 23.

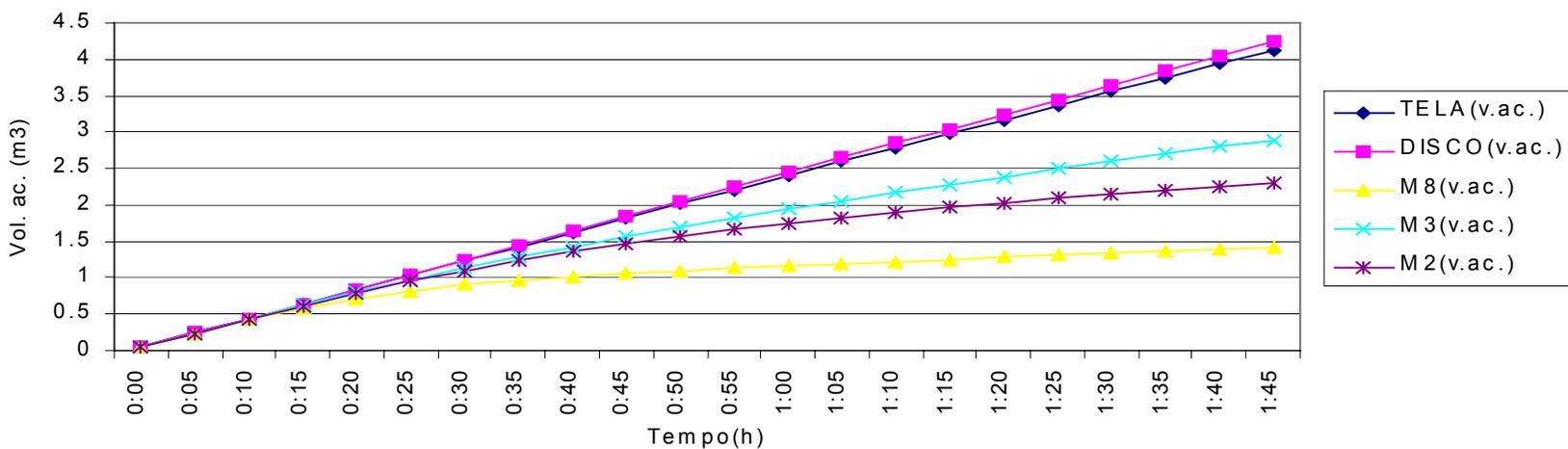
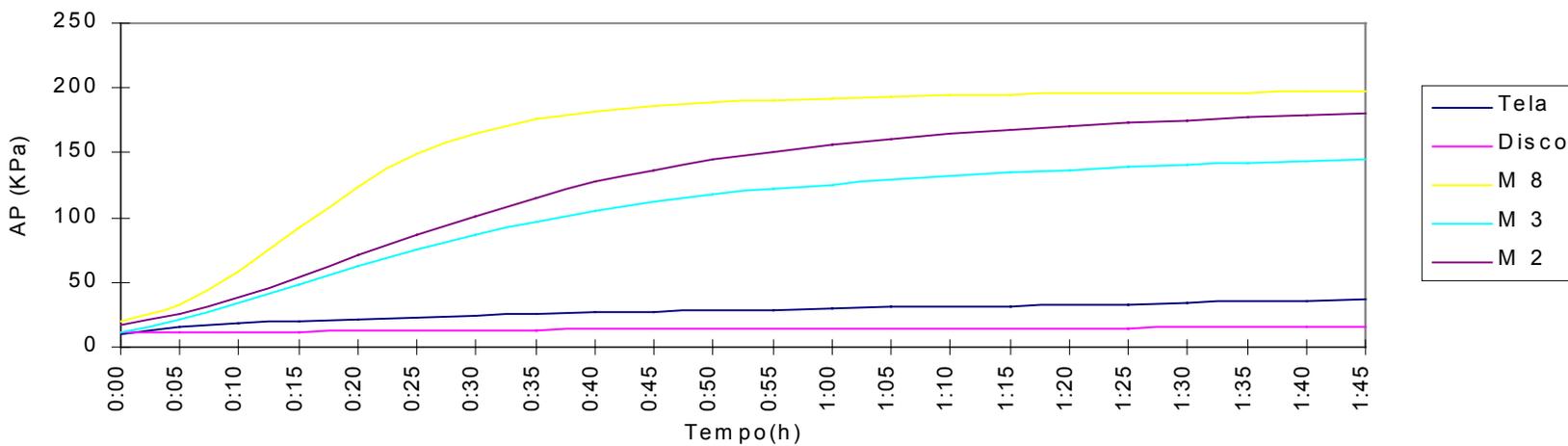


Figura 5.25 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 24.

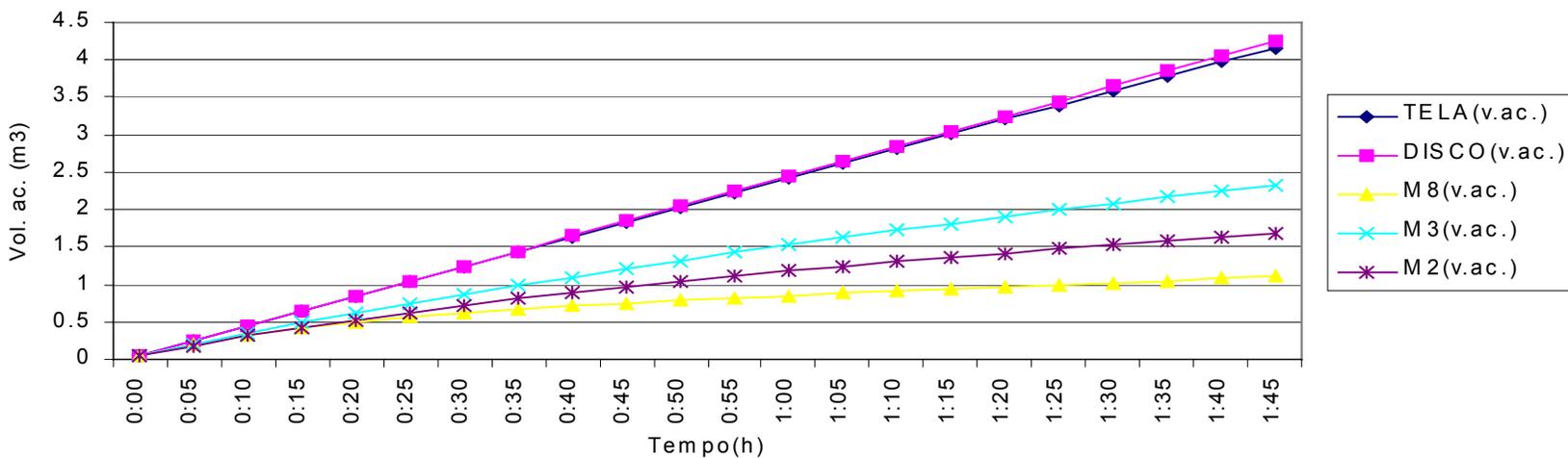
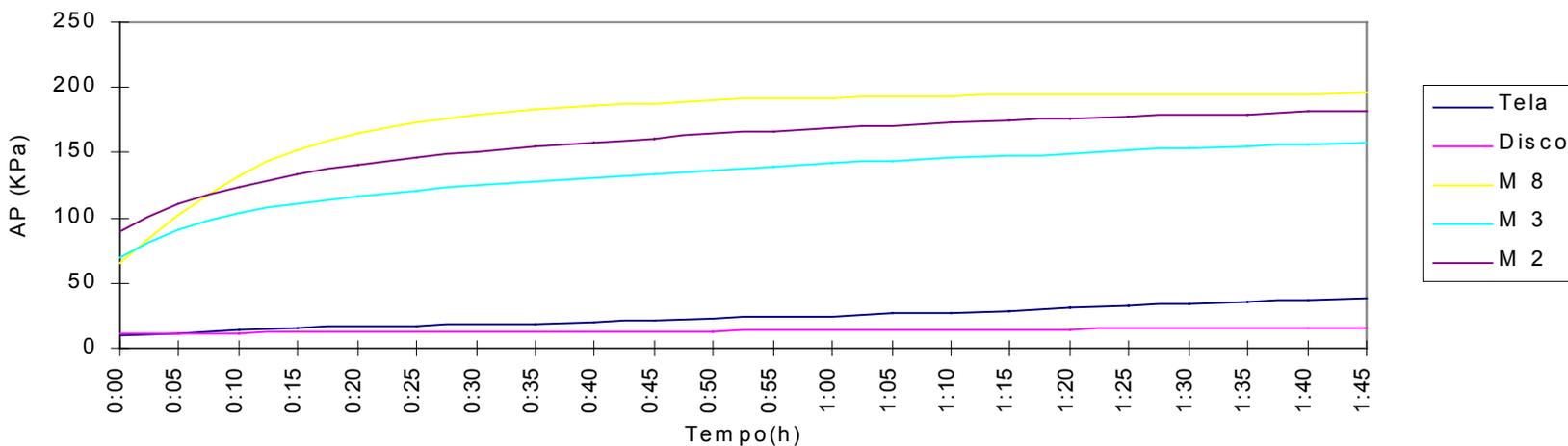


Figura 5.26 ; Valores de Perda de Carga e Volume Acumulado em Função do Tempo para os Elementos Filtrantes Tela, Disco, M2, M3 e M8. Ensaio n 25.

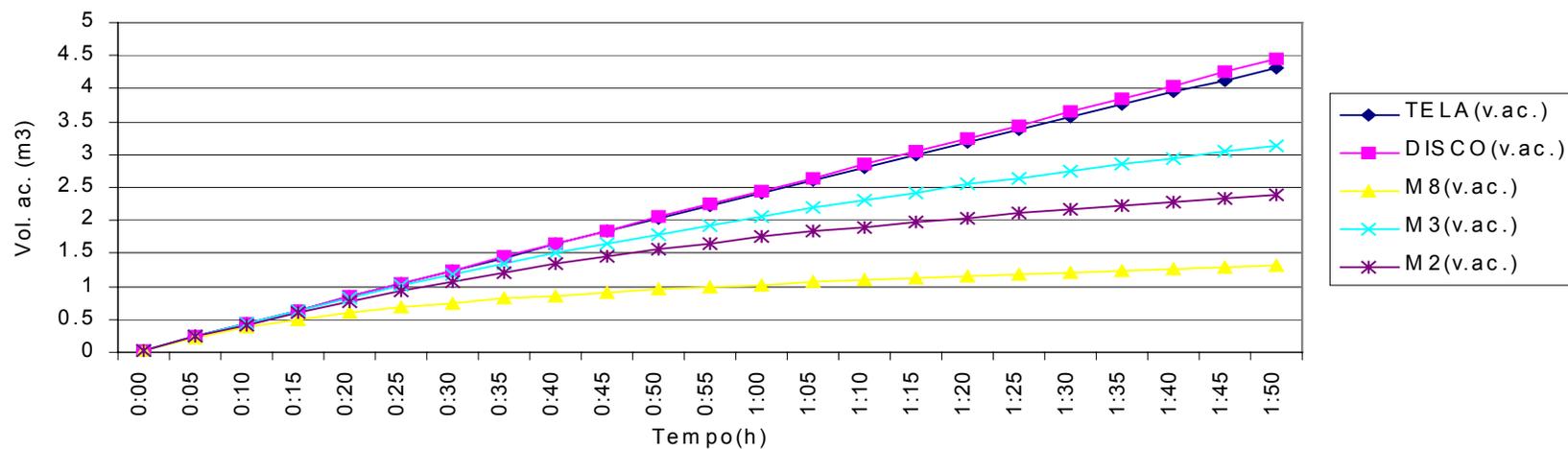
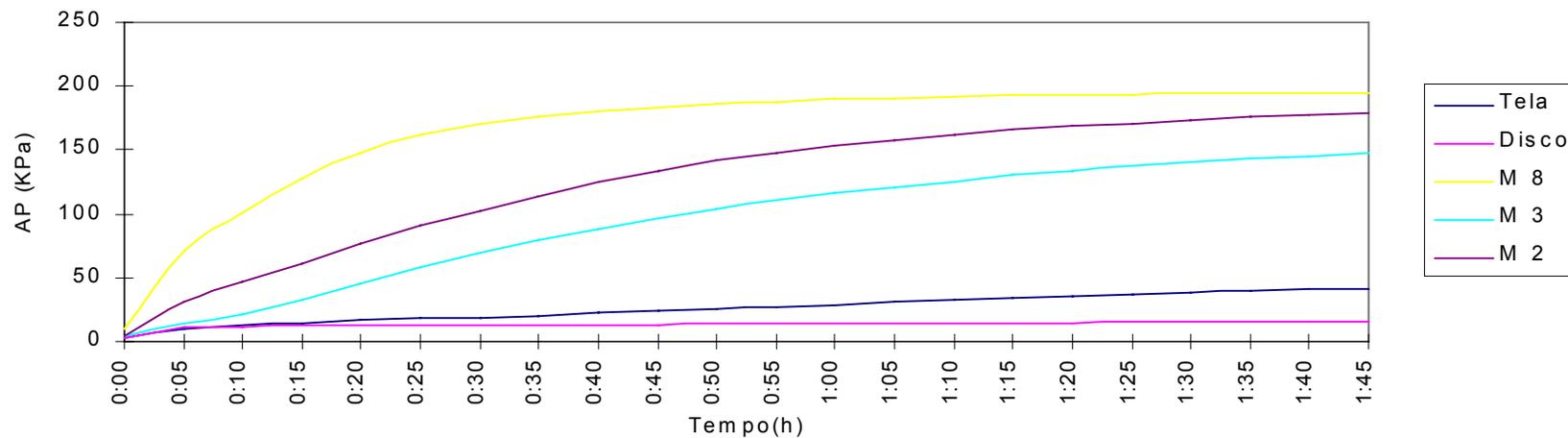


TABELA 5.3 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 1

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	5.33	4.33	4.67	4.00	4.67	4.33	7.30	7.00	7.00	6.50	6.70	6.70
0:45	5.00	4.67	4.67	3.67	4.00	4.00	6.90	6.90	6.80	6.40	6.60	6.50
1:15	5.00	5.00	4.67	4.00	4.67	3.67	6.90	7.00	6.80	6.30	6.80	6.70
1:45	5.00	4.67	5.00	3.67	4.33	4.33	7.00	6.90	6.80	6.20	6.50	6.60
2:15	5.33	5.00	5.00	4.33	4.33	4.33	7.10	7.10	7.00	6.50	6.70	6.50
2:45	5.00	5.33	4.67	4.00	4.00	3.67	7.00	7.00	6.90	6.30	6.60	6.30
3:15	5.00	4.67	4.67	5.33	4.33	3.67	7.00	7.00	7.00	6.50	6.30	6.00
3:45	5.33	5.33	5.00	3.67	4.00	4.67	7.00	7.00	7.00	6.00	6.50	6.70
%REMOÇÃO		4.88	6.50	20.33	16.26	20.33		0.53	1.60	9.79	6.23	7.47
média	5.13	4.88	4.79	4.08	4.29	4.08	7.03	6.99	6.91	6.34	6.59	6.50
DESVPAD	0.17	0.35	0.17	0.56	0.28	0.39	0.13	0.06	0.10	0.18	0.16	0.24
CV%	0.03	0.07	0.04	0.14	0.06	0.10	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.04

TABELA 5.4 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 2

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	3.33	3.33	3.00	2.00	2.67	2.67	6.40	6.40	6.00	5.40	5.60	5.60
0:45	3.00	2.67	3.00	2.33	3.00	2.33	6.00	5.90	5.95	5.40	5.90	5.50
1:15	3.67	3.33	3.00	2.33	2.67	2.67	5.80	5.30	5.30	5.30	5.60	5.50
1:45	3.00	2.67	3.67	2.67	3.00	3.10	5.50	5.50	5.30	5.10	5.30	5.30
2:15	3.67	3.33	2.67	3.00	3.00	3.00	5.40	5.50	5.00	5.20	5.40	5.00
2:45	3.33	3.33	3.33	3.00	2.67	2.67	5.50	5.50	5.50	5.10	5.00	5.00
3:15	3.00	2.67	3.00	2.33	2.33	2.00	5.70	5.60	5.60	5.20	5.40	4.50
3:45	3.33	3.33	3.00	3.00	3.00	2.33	5.60	5.70	5.60	5.40	5.40	5.00
%REMOÇÃO		6.33	6.33	21.52	15.19	21.14		1.09	3.59	8.28	5.01	9.80
média	3.29	3.08	3.08	2.58	2.79	2.60	5.74	5.68	5.53	5.26	5.45	5.18
DESVPAD	0.28	0.35	0.30	0.39	0.25	0.36	0.33	0.34	0.34	0.13	0.26	0.37
CV%	0.08	0.11	0.10	0.15	0.09	0.14	0.06	0.06	0.06	0.02	0.05	0.07

TABELA 5.5 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 3

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	3.33	3.00	2.67	3.00	3.00	2.33	7.40	7.30	7.10	6.80	7.20	7.00
0:45	3.00	2.67	2.33	2.00	2.33	2.33	7.40	7.10	7.00	6.90	7.20	7.00
1:15	3.33	2.67	2.67	3.00	3.00	2.67	7.30	7.20	7.20	7.00	7.20	6.90
1:45	4.67	4.00	3.67	3.67	4.00	3.33	8.00	8.00	7.80	7.50	7.60	7.50
2:15	3.33	3.00	3.00	3.00	2.67	2.67	7.10	7.20	7.30	7.00	6.90	6.90
2:45	4.33	4.00	3.67	3.67	3.33	4.00	8.00	7.90	7.90	7.50	7.30	7.60
3:15	4.00	4.00	3.67	3.67	4.00	3.67	8.40	8.20	8.30	8.00	8.00	7.90
3:45	5.33	4.00	3.33	3.67	4.00	3.67	8.40	8.20	7.00	7.60	7.80	7.50
%REMOÇÃO		12.77	20.21	18.09	15.96	21.28		1.45	3.87	5.97	4.52	5.97
média	3.92	3.42	3.13	3.21	3.29	3.08	7.75	7.64	7.45	7.29	7.40	7.29
DESVPAD	0.81	0.64	0.53	0.59	0.65	0.66	0.51	0.48	0.49	0.42	0.37	0.38
CV%	0.21	0.19	0.17	0.18	0.20	0.21	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05

TABELA 5.6 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 4

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	7.67	6.33	7.33	5.67	6.33	6.00	9.00	9.00	9.00	8.00	9.00	9.00
0:45	7.67	7.00	6.33	5.67	5.33	4.33	9.00	9.00	8.00	9.00	9.00	9.00
1:15	6.67	5.67	5.67	5.00	5.67	4.00	9.00	8.00	9.00	8.00	8.00	7.00
1:45	6.33	6.00	6.33	5.00	5.33	4.33	9.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00
2:15	6.00	6.00	6.00	5.00	5.00	5.00	9.00	9.00	9.00	8.00	8.00	7.00
2:45	7.00	6.00	6.00	5.33	5.00	5.33	9.00	9.00	8.00	8.00	7.00	9.00
3:15	6.33	6.67	6.00	5.00	5.00	4.33	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
3:45	5.00	5.23	5.00	4.33	5.00	4.67	9.00	9.00	9.00	8.00	7.00	7.00
%REMOÇÃO		7.15	7.59	22.15	18.99	27.85		2.78	5.56	9.72	11.11	11.11
média	6.58	6.11	6.08	5.12	5.33	4.75	9.00	8.75	8.50	8.13	8.00	8.00
DESVPAD	0.89	0.55	0.66	0.43	0.47	0.66	0.00	0.46	0.53	0.35	0.76	0.93
CV%	0.13	0.09	0.11	0.08	0.09	0.14	0.00	0.05	0.06	0.04	0.09	0.12

TABELA 5.7 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 5

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	6.33	6.00	5.67	5.00	4.67	4.33	7.60	7.60	7.30	7.00	7.00	7.10
0:45	6.67	5.67	6.33	4.67	4.67	4.33	7.70	7.30	7.40	7.00	7.20	7.10
1:15	6.67	5.33	6.33	5.33	6.33	6.00	7.60	7.00	7.20	7.00	7.20	7.10
1:45	6.33	5.67	5.67	6.00	5.33	5.33	7.50	7.30	7.40	7.30	7.30	7.10
2:15	6.67	5.67	6.00	6.33	6.00	6.33	7.60	7.00	7.20	7.20	7.10	7.30
2:45	7.00	6.33	6.67	6.33	6.33	6.67	7.50	7.20	7.20	7.20	7.20	7.10
3:15	6.67	6.00	6.33	5.67	5.67	5.33	7.60	7.20	7.20	7.00	7.00	7.00
3:45	6.33	6.00	5.67	5.67	5.67	6.00	7.50	7.40	7.00	7.00	7.10	7.20
%REMOÇÃO		11.39	7.59	14.56	15.19	15.82		4.29	4.46	6.44	5.78	5.94
média	6.58	5.83	6.08	5.63	5.58	5.54	7.58	7.25	7.24	7.09	7.14	7.13
DESVPAD	0.24	0.31	0.39	0.60	0.66	0.87	0.07	0.20	0.13	0.12	0.11	0.09
CV%	0.04	0.05	0.06	0.11	0.12	0.16	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01

TABELA 5.8 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 6

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	4.67	4.33	4.00	3.00	4.00	3.67	6.00	5.50	5.30	5.00	5.20	5.10
0:45	4.00	3.00	3.67	3.67	3.67	4.33	5.30	5.10	5.30	5.00	5.00	5.30
1:15	4.33	3.67	4.00	4.00	3.67	4.00	5.30	5.20	5.40	5.10	5.10	5.30
1:45	4.00	4.00	4.33	4.00	3.67	3.67	5.40	5.40	5.30	5.30	5.10	5.20
2:15	4.67	4.33	3.67	3.67	3.67	3.33	5.20	5.40	5.30	5.10	5.30	5.00
2:45	3.67	3.00	3.67	3.67	3.00	3.00	5.40	5.40	5.20	5.20	5.10	5.00
3:15	4.00	3.67	3.33	3.33	3.00	3.00	5.40	5.20	5.10	5.00	5.30	5.20
3:45	4.00	3.33	3.33	3.67	3.00	3.67	5.40	5.40	5.00	4.90	5.00	5.40
%REMOÇÃO		12.00	10.00	13.00	17.00	14.00		1.84	3.46	6.45	5.30	4.38
média	4.17	3.67	3.75	3.63	3.46	3.58	5.43	5.33	5.24	5.08	5.14	5.19
DESVPAD	0.36	0.53	0.35	0.33	0.40	0.46	0.24	0.14	0.13	0.13	0.12	0.15
CV%	0.09	0.15	0.09	0.09	0.11	0.13	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03

TABELA 5.9 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 7

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	3.00	2.33	2.67	2.00	2.00	2.33	4.50	4.50	4.50	4.30	4.40	4.40
0:45	3.33	2.67	2.33	2.00	2.67	2.67	4.60	4.50	4.50	4.20	4.20	4.20
1:15	3.00	2.67	2.33	2.00	2.67	2.33	4.40	4.40	4.40	4.30	4.20	4.20
1:45	3.33	3.00	2.67	2.00	2.33	2.00	4.50	4.50	4.50	4.50	4.30	4.20
%REMOÇÃO		15.79	21.05	36.84	23.68	26.32		0.56	0.56	3.89	5.00	5.56
média	3.17	2.67	2.50	2.00	2.42	2.33	4.50	4.48	4.48	4.33	4.28	4.25
DESVPAD	0.19	0.27	0.19	0.00	0.32	0.27	0.08	0.05	0.05	0.13	0.10	0.10
CV%	0.06	0.10	0.08	0.00	0.13	0.12	1.00	1.00	1.00	0.96	1.02	1.05

TABELA 5.10 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 8

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	10.67	9.33	9.33	10.33	9.33	9.67	4.60	4.60	4.40	4.50	4.40	4.40
0:45	10.00	9.67	9.33	8.00	9.67	8.67	4.50	4.40	4.50	4.40	4.40	4.30
1:15	10.67	9.33	8.33	8.33	8.00	7.33	4.80	4.30	4.40	4.30	4.40	4.00
1:45	9.33	8.00	8.00	8.33	8.00	8.00	4.50	4.50	4.30	4.50	4.30	4.40
2:15	9.67	9.33	9.33	9.00	9.33	9.67	4.90	4.60	4.70	4.90	4.60	4.70
2:45	10.00	9.00	8.33	9.00	9.67	9.67	5.00	4.60	4.70	4.60	4.50	4.80
3:15	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.33	4.90	4.90	4.90	4.90	4.80	4.60
3:45	10.00	10.00	9.00	8.67	10.00	9.67	4.90	5.00	5.00	4.80	4.90	4.70
%REMOÇÃO		7.05	10.79	12.03	9.13	10.37		3.15	3.15	3.15	4.72	5.77
média	10.04	9.33	8.96	8.83	9.13	9.00	4.76	4.61	4.61	4.61	4.54	4.49
DESVPAD	0.45	0.64	0.68	0.71	0.75	0.91	0.20	0.24	0.25	0.23	0.21	0.26
CV%	0.05	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06

TABELA 5.11 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 9

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	5.67	5.33	5.33	4.67	4.67	5.33	4.10	3.90	3.90	3.50	3.50	4.10
0:45	6.00	5.33	5.67	5.00	4.67	5.33	4.00	3.90	3.90	3.80	3.50	3.70
1:15	6.33	5.67	5.33	5.00	5.33	5.00	4.00	3.80	3.70	3.40	3.40	3.30
1:45	6.00	5.67	5.33	5.33	5.33	5.33	4.00	3.80	3.50	3.50	3.50	3.50
2:15	6.33	6.00	6.00	5.67	5.67	5.67	4.00	3.80	3.90	3.60	3.60	3.50
2:45	6.33	5.67	6.00	6.00	6.00	6.33	4.00	3.90	3.90	3.80	3.80	3.90
3:15	6.00	5.67	6.00	5.67	5.33	5.67	4.00	3.90	4.00	3.70	3.60	3.60
3:45	6.33	6.00	6.00	6.00	5.67	6.00	3.80	3.90	3.80	3.80	3.70	3.80
%REMOÇÃO		7.48	6.80	11.56	12.93	8.84		3.13	4.08	8.78	10.34	7.84
média	6.12	5.67	5.71	5.42	5.33	5.58	3.99	3.86	3.83	3.64	3.58	3.68
DESVPAD	0.25	0.25	0.33	0.50	0.47	0.43	0.08	0.05	0.16	0.16	0.13	0.25
CV%	0.04	0.04	0.06	0.09	0.09	0.08	0.02	0.01	0.04	0.04	0.04	0.07

TABELA 5.12 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 10

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 9	M 3	M 2
0:15	5.33	4.67	4.67	4.00	5.00	4.00	5.10	4.80	4.80	3.80	5.00	4.00
0:45	5.33	4.67	5.33	4.33	4.33	4.67	5.10	3.90	5.00	3.90	4.30	3.80
1:15	5.00	4.67	5.00	4.00	4.00	4.00	5.00	3.90	5.00	3.90	4.00	4.00
1:45	5.00	4.33	4.67	3.67	4.33	4.33	5.00	3.90	3.80	3.70	3.80	3.80
2:15	5.33	5.00	5.00	6.33	4.33	4.67	5.10	5.00	4.90	5.30	3.70	3.80
2:45	5.33	5.33	5.33	5.67	4.67	5.33	5.20	5.20	5.10	5.30	3.70	4.80
3:15	6.00	5.67	5.67	6.33	5.00	5.33	5.10	4.90	5.00	5.00	4.60	4.70
3:45	5.33	5.33	5.33	5.67	4.67	4.67	4.90	4.90	4.80	5.00	3.60	3.60
%REMOÇÃO		12.00	10.00	13.00	17.00	14.00		9.88	5.19	11.36	19.26	19.75
média	4.17	3.67	3.75	3.63	3.46	3.58	5.06	4.56	4.80	4.49	4.09	4.06
DESVPAD	0.36	0.53	0.35	0.33	0.40	0.46	0.09	0.56	0.42	0.72	0.50	0.44
CV%	0.09	0.15	0.09	0.09	0.11	0.13	0.02	0.12	0.09	0.16	0.12	0.11

TABELA 5.13 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 11

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	1.33	0.67	1.00	0.67	1.00	1.00	3.90	3.50	3.50	3.20	3.60	3.50
0:45	1.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.33	3.60	3.30	3.30	3.20	3.40	3.80
1:15	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	3.30	3.20	3.30	3.20	3.30	3.20
1:45	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	3.10	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
2:15	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	0.67	3.30	3.20	3.30	3.10	3.00	3.10
2:45	1.33	1.00	1.00	0.67	0.67	1.00	3.30	3.10	3.30	3.20	3.00	3.10
3:15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.20	3.00	3.00	3.10	2.90	2.90
3:45	1.33	1.00	1.33	1.00	1.00	1.00	3.10	3.10	3.20	3.00	3.20	3.20
%REMOÇÃO		22.22	11.11	22.22	22.22	14.81		4.85	2.61	6.72	4.85	2.99
média	1.13	0.87	1.00	0.87	0.87	0.96	3.35	3.19	3.26	3.13	3.19	3.25
DESVPAD	0.25	0.17	0.18	0.17	0.17	0.21	0.27	0.16	0.14	0.09	0.24	0.28
CV%	0.22	0.20	0.18	0.20	0.20	0.22	0.08	0.05	0.04	0.03	0.07	0.09

TABELA 5.14 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 12

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	5.00	4.00	4.33	3.00	3.00	4.33	4.80	4.40	4.60	3.90	3.90	4.50
0:45	4.00	3.67	3.33	3.00	3.00	3.00	4.50	4.30	4.10	4.10	4.00	4.00
1:15	4.00	3.33	3.33	3.00	3.67	4.00	4.50	4.00	4.00	3.90	4.00	4.40
1:45	4.00	3.00	3.67	3.33	3.00	4.00	4.50	3.90	4.30	4.00	4.00	4.20
2:15	4.00	2.67	3.67	3.00	3.00	3.00	4.50	3.50	4.20	4.00	4.00	4.00
2:45	3.33	3.00	2.67	3.00	2.67	3.00	4.10	4.00	3.50	4.20	3.60	4.10
3:15	3.67	3.33	3.33	3.33	3.00	2.67	4.40	4.20	4.30	4.20	4.00	3.70
3:45	3.67	3.33	3.00	3.00	3.33	3.00	4.50	4.40	4.40	4.30	4.30	4.30
%REMOÇÃO		16.84	13.68	22.11	22.11	14.74		8.66	6.70	8.94	11.17	7.26
média	3.96	3.29	3.42	3.08	3.08	3.38	4.48	4.09	4.18	4.08	3.98	4.15
DESVPAD	0.49	0.42	0.50	0.15	0.30	0.63	0.19	0.30	0.33	0.15	0.19	0.26
CV%	0.12	0.13	0.15	0.05	0.10	0.19	0.04	0.07	0.08	0.04	0.05	0.06

TABELA 5.15 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 13

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	5.33	3.67	4.00	3.00	4.33	4.33	5.10	4.50	5.00	4.00	4.90	4.60
0:45	5.00	4.00	4.00	3.67	4.00	3.67	5.00	4.90	4.80	4.50	4.50	4.60
1:15	4.67	4.00	4.00	3.33	4.33	3.33	4.80	4.60	4.60	4.10	4.60	4.20
1:45	4.33	3.67	4.00	3.67	3.67	4.00	4.60	4.50	4.70	4.60	4.50	4.50
2:15	4.67	3.67	4.33	3.67	4.33	4.33	4.80	4.60	4.60	4.30	4.60	4.50
2:45	4.67	4.33	4.33	4.00	3.67	4.33	4.70	4.60	4.60	4.40	4.30	4.40
3:15	4.00	3.67	3.33	3.00	3.33	3.67	4.70	4.50	4.30	4.10	4.40	4.40
3:45	4.33	4.33	4.33	4.00	4.00	3.67	4.60	4.60	4.70	4.40	4.50	4.40
%REMOÇÃO		15.32	12.61	23.42	14.41	15.32		3.92	2.61	10.18	5.22	7.05
média	4.63	3.92	4.04	3.54	3.96	3.92	4.79	4.60	4.66	4.30	4.54	4.45
DESVPAD	0.42	0.30	0.33	0.40	0.38	0.39	0.18	0.13	0.20	0.21	0.18	0.13
CV%	0.09	0.08	0.08	0.11	0.09	0.10	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03

TABELA 5.16 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 14

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	1.33	1.00	1.33	1.00	1.00	1.00	1.50	1.40	1.40	1.30	1.40	1.20
0:45	1.00	1.00	1.00	0.67	0.67	1.00	1.40	1.40	1.40	1.20	1.30	1.40
1:15	1.33	1.00	1.00	1.33	1.00	1.00	1.40	1.40	1.50	1.50	1.40	1.30
1:45	1.67	1.00	1.33	1.33	1.33	1.00	1.60	1.40	1.40	1.30	1.40	1.40
2:15	1.33	1.33	1.33	1.00	1.00	1.00	1.50	1.40	1.50	1.30	1.40	1.40
2:45	1.67	1.33	1.33	1.00	1.33	1.00	1.50	1.40	1.40	1.30	1.40	1.30
3:15	1.67	1.67	1.67	1.67	1.33	2.00	1.50	1.50	1.40	1.40	1.40	1.40
3:45	2.00	1.67	1.67	2.00	2.00	1.67	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	1.40
4:15	1.67	1.00	1.33	1.33	1.33	1.00	1.50	1.40	1.50	1.40	1.50	1.40
4:45	1.33	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00	1.50	1.40	1.40	1.40	1.30	1.30
5:15	1.33	1.00	1.00	1.00	1.33	1.00	1.50	1.50	1.40	1.40	1.50	1.50
5:45	1.33	1.33	1.00	1.67	1.67	1.33	1.50	1.50	1.50	1.60	1.70	1.60
6:15	1.33	1.00	1.00	1.33	1.33	1.00	1.60	1.40	1.50	1.50	1.50	1.40
6:45	1.67	1.33	1.00	1.00	1.00	1.33	1.60	1.60	1.50	1.50	1.40	1.60
7:15	1.00	0.67	0.67	0.33	0.33	0.67	1.50	1.30	1.30	1.30	1.30	1.40
7:45	1.33	1.33	0.67	0.67	1.00	1.33	1.70	1.60	1.40	1.40	1.50	1.50
%REMOÇÃO		18.84	20.29	20.29	20.29	20.29		4.94	5.35	8.23	5.35	7.41
média	1.44	1.17	1.15	1.15	1.15	1.15	1.52	1.44	1.44	1.39	1.44	1.41
DESVPAD	0.26	0.27	0.30	0.42	0.40	0.32	0.08	0.08	0.06	0.11	0.11	0.11
CV%	0.18	0.23	0.26	0.37	0.35	0.28	0.05	0.06	0.04	0.08	0.08	0.08

TABELA 5.17 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 15

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	14.0	13.3	10.3	5.0	7.3	6.7	8.2	8.0	7.0	6.1	6.8	6.9
0:45	8.0	6.0	5.7	3.7	4.0	3.7	6.8	5.8	6.0	5.2	5.3	5.0
1:15	5.7	4.7	4.7	4.0	4.0	3.3	5.5	4.9	4.8	5.0	4.8	4.4
1:45	5.0	4.0	4.0	3.7	3.3	3.3	5.5	5.0	5.2	4.0	4.1	4.2
%REMOÇÃO		14.3	24.5	50.0	42.9	48.0		8.8	11.5	21.9	19.2	21.2
média	8.2	7.0	6.2	4.1	4.7	4.3	6.5	5.9	5.8	5.1	5.3	5.1
DESVPAD	4.1	4.3	2.9	0.6	1.8	1.6	1.3	1.4	1.0	0.9	1.1	1.2
CV%	0.5	0.6	0.5	0.2	0.4	0.4	1.5	1.6	1.3	1.5	1.7	1.6

TABELA 5.18 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 16

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	4.67	4.33	4.00	3.67	3.00	3.33	5.40	5.20	5.20	4.30	4.00	4.30
0:45	4.67	4.00	4.00	3.00	3.33	3.00	5.20	5.10	5.10	4.40	4.80	4.30
1:15	4.67	4.33	4.33	3.00	3.33	3.67	5.10	4.50	5.00	4.30	4.60	4.50
1:45	5.67	5.00	5.00	4.00	4.00	3.67	5.50	5.40	5.50	4.80	5.00	4.80
%REMOÇÃO		10.17	11.86	30.51	30.51	30.51		4.72	1.89	16.04	13.21	15.57
média	4.92	4.42	4.33	3.42	3.42	3.42	5.30	5.05	5.20	4.45	4.60	4.48
DESVPAD	0.50	0.42	0.47	0.50	0.42	0.32	0.18	0.39	0.22	0.24	0.43	0.24
CV%	0.10	0.09	0.11	0.15	0.12	0.09	0.98	0.96	0.95	0.90	0.80	0.90

TABELA 5.19 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 17

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	2.33	2.00	2.00	1.67	1.33	2.00	3.80	3.60	3.60	3.50	3.50	3.60
0:45	2.33	2.00	2.00	1.33	1.33	1.33	4.00	3.90	4.00	3.40	3.50	3.50
1:15	2.67	2.33	2.33	1.67	1.67	1.67	4.10	3.90	4.00	3.30	3.50	3.50
1:45	2.33	1.67	2.00	1.33	1.67	1.67	4.10	4.00	4.00	3.40	3.50	3.40
2:15	2.33	2.00	2.33	1.33	2.00	1.33	4.00	4.00	4.10	3.40	3.50	3.40
2:45	2.33	2.00	2.00	1.67	1.67	1.67	4.00	4.00	3.90	3.50	3.60	3.50
3:15	2.67	2.00	1.67	1.33	1.67	1.67	4.10	4.00	4.00	3.50	3.70	3.60
3:45	2.67	2.00	2.00	1.67	1.67	2.00	4.10	4.00	4.00	3.60	3.60	3.80
%REMOÇÃO		18.64	16.95	38.98	33.90	32.20		2.48	1.86	14.29	11.80	12.11
média	2.46	2.00	2.04	1.50	1.63	1.67	4.03	3.93	3.95	3.45	3.55	3.54
DESVPAD	0.17	0.18	0.21	0.18	0.21	0.25	0.10	0.14	0.15	0.09	0.08	0.13
CV%	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04

TABELA 5.20 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 18

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	7.00	5.67	6.00	5.00	5.67	5.67	8.00	7.60	7.80	6.70	7.50	7.30
0:45	6.00	5.67	5.67	5.00	5.67	5.00	7.80	7.70	7.70	7.20	7.40	7.30
1:15	5.33	5.00	5.33	4.33	5.00	5.00	7.70	7.50	7.60	6.50	7.40	7.10
1:45	5.67	5.33	5.33	4.67	5.00	4.33	7.70	7.60	7.70	6.60	7.30	6.50
2:15	5.00	4.67	4.67	4.67	4.67	4.33	7.50	7.50	7.40	7.00	7.20	6.90
2:45	5.67	5.00	5.33	4.67	4.33	4.67	7.40	7.30	7.40	7.20	6.90	7.00
3:15	5.33	5.00	5.33	5.00	4.67	5.00	7.50	7.50	7.40	7.20	6.90	6.90
3:45	5.67	5.33	5.33	4.67	4.67	4.33	7.40	7.60	7.60	7.20	6.80	6.80
%REMOÇÃO		8.76	5.84	16.79	13.14	16.06		1.15	0.66	8.85	5.90	8.52
média	5.71	5.21	5.37	4.75	4.96	4.79	7.63	7.54	7.58	6.95	7.18	6.98
DESVPAD	0.60	0.35	0.38	0.24	0.49	0.47	0.21	0.12	0.16	0.30	0.27	0.27
CV%	0.11	0.07	0.07	0.05	0.10	0.10	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04

TABELA 5.21 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA, DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 19

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	5.33	3.00	4.33	3.00	3.00	3.00	2.00	1.80	1.80	1.60	1.70	1.70
0:45	4.00	3.67	4.00	3.00	3.00	3.67	2.10	2.00	2.10	1.70	1.70	1.80
1:15	4.00	3.33	3.33	3.00	3.33	3.33	2.20	2.00	2.00	1.80	2.00	1.80
1:45	4.67	4.00	4.33	4.00	3.67	4.00	2.30	2.00	2.10	1.90	1.80	2.00
%REMOÇÃO		22.22	11.11	27.78	27.78	22.22		9.30	6.98	18.60	16.28	15.12
média	4.50	3.50	4.00	3.25	3.25	3.50	2.15	1.95	2.00	1.75	1.80	1.83
DESVPAD	0.64	0.43	0.47	0.50	0.32	0.43	0.13	0.10	0.14	0.13	0.14	0.13
CV%	0.14	0.12	0.12	0.15	0.10	0.12	0.87	0.90	0.86	0.84	0.94	0.85

TABELA 5.22 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA, DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 20

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 9	M 3	M 2
0:15	4.67	4.33	4.67	3.33	3.67	3.67	2.20	2.10	2.00	1.90	2.10	2.00
0:45	4.67	4.00	4.67	4.00	4.00	3.67	2.50	2.20	2.40	1.90	2.10	2.10
1:15	4.67	4.00	4.33	3.67	4.00	4.00	2.40	2.30	2.20	1.90	2.00	2.20
1:45	4.67	4.33	4.33	3.67	4.33	4.33	2.30	2.20	2.10	2.00	2.00	2.10
%REMOÇÃO		10.71	3.57	21.43	14.29	16.07		6.38	7.45	18.09	12.77	10.64
média	4.67	4.17	4.50	3.67	4.00	3.92	2.35	2.20	2.18	1.93	2.05	2.10
DESVPAD	0.00	0.19	0.19	0.27	0.27	0.32	0.13	0.08	0.17	0.05	0.06	0.08
CV%	0.00	0.05	0.04	0.07	0.07	0.08	0.96	0.95	0.95	0.95	1.05	0.95

TABELA 5.23 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA, DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 21

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	11.00	8.67	9.00	7.00	7.33	7.00	5.00	4.40	4.50	3.50	4.10	3.90
0:45	8.33	7.67	7.67	6.00	7.00	7.00	4.70	4.20	4.00	3.50	4.00	3.90
1:15	8.00	7.67	7.67	6.33	6.67	6.33	4.70	4.20	4.30	3.90	4.00	3.80
1:45	7.67	7.33	7.33	6.33	6.33	6.33	4.10	4.10	4.00	3.80	4.00	4.00
%REMOÇÃO		10.48	9.52	26.67	21.90	23.81		8.65	9.19	20.54	12.97	15.68
média	8.75	7.83	7.92	6.42	6.83	6.67	4.63	4.23	4.20	3.68	4.03	3.90
DESVPAD	1.52	0.58	0.74	0.42	0.43	0.38	0.38	0.13	0.24	0.21	0.05	0.08
CV%	0.17	0.07	0.09	0.07	0.06	0.06	1.22	1.07	1.13	0.92	1.03	0.98

TABELA 5.24 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA, DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 22

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	7.33	7.00	7.00	7.00	6.33	7.00	4.20	4.10	4.20	3.80	4.00	3.90
0:45	7.67	7.00	7.33	6.00	6.67	6.33	4.30	4.10	4.20	3.80	4.00	4.00
1:15	7.33	6.67	6.67	6.33	6.33	6.33	4.20	4.00	4.00	3.80	3.90	3.90
1:45	7.00	6.33	6.67	6.00	6.00	5.67	4.20	4.00	4.10	3.80	3.90	4.00
%REMOÇÃO		7.95	5.68	13.64	13.64	13.64		4.14	2.37	10.06	6.51	6.51
média	7.33	6.75	6.92	6.33	6.33	6.33	4.23	4.05	4.13	3.80	3.95	3.95
DESVPAD	0.27	0.32	0.32	0.47	0.27	0.54	0.05	0.06	0.10	0.00	0.06	0.06
CV%	0.04	0.05	0.05	0.07	0.04	0.09	1.00	1.03	1.02	1.00	1.03	0.98

TABELA 5.25 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA, DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 23

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	4.00	3.67	3.67	2.33	2.67	3.00	4.00	3.50	3.50	3.00	3.10	3.00
0:45	3.67	3.00	3.33	2.67	2.67	2.67	4.00	3.60	3.50	2.90	3.20	3.10
1:15	3.67	3.23	3.33	3.33	3.33	3.00	3.90	3.60	3.40	3.00	3.20	3.10
1:45	3.67	3.33	3.67	3.00	3.00	3.00	3.80	3.40	3.50	3.10	3.20	3.10
%REMOÇÃO		11.78	6.67	24.44	22.22	22.22		10.19	11.46	23.57	19.11	21.66
média	3.75	3.31	3.50	2.83	2.92	2.92	3.93	3.53	3.48	3.00	3.18	3.08
DESVPAD	0.17	0.28	0.19	0.43	0.32	0.17	0.10	0.10	0.05	0.08	0.05	0.05
CV%	0.04	0.08	0.05	0.15	0.11	0.06	1.05	1.03	1.00	0.97	0.97	0.97

TABELA 5.26 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA, DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 24

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	3.33	3.00	3.33	3.00	2.67	3.00	3.80	3.60	3.70	3.30	3.00	3.20
0:45	3.67	3.33	3.33	3.00	3.33	3.00	3.90	3.70	3.80	3.00	3.20	3.20
1:15	3.67	3.33	3.33	3.00	3.00	3.00	3.90	3.60	3.60	3.00	3.30	3.20
1:45	3.67	3.33	3.33	3.00	3.33	2.67	3.90	3.50	3.50	3.20	3.20	3.10
%REMOÇÃO		9.30	6.98	16.28	13.95	18.60		7.10	5.81	19.35	18.06	18.06
média	3.58	3.25	3.33	3.00	3.08	2.92	3.88	3.60	3.65	3.13	3.18	3.18
DESVPAD	0.17	0.17	0.00	0.00	0.32	0.17	0.05	0.08	0.13	0.15	0.13	0.05
CV%	0.05	0.05	0.00	0.00	0.10	0.06	0.97	1.03	1.06	1.03	0.94	1.03

TABELA 5.27 - VALORES DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ NO AFLUENTE E NOS EFLUENTES DOS FILTROS DE TELA, DE DISCO E MANTAS M2, M3 E M8. ENSAIO N 25

horario	Sólidos suspensos(mg/l)						Turbidez(UT)					
	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2	Afluente	Tela	Disco	M 8	M 3	M 2
0:15	6.00	5.33	5.67	4.67	5.00	4.33	3.80	3.51	3.48	2.99	3.14	3.04
0:30	5.33	5.00	5.00	4.33	5.00	4.67	3.70	3.56	3.48	2.89	3.19	3.09
0:45	5.33	5.00	5.33	4.00	4.67	4.00	3.76	3.40	3.60	2.99	3.19	3.09
1:00	5.00	4.67	4.67	4.67	5.00	4.67	3.66	3.46	3.43	3.10	3.19	3.09
1:15	5.67	5.33	5.33	5.67	5.33	5.00	3.66	3.56	3.53	3.30	3.19	3.09
1:30	5.33	5.33	5.33	5.00	4.67	4.67	3.60	3.61	3.53	3.20	3.24	3.14
1:45	5.33	5.00	5.33	4.67	4.67	4.67	3.60	3.50	3.60	3.10	3.24	3.14
2:00	5.33	4.67	5.33	4.50	4.67	5.00	3.71	3.51	3.48	3.05	3.24	3.20
%REMOÇÃO		6.92	3.08	13.46	10.00	14.62		4.66	4.75	16.57	13.22	15.72
média	5.42	5.04	5.25	4.69	4.88	4.62	3.69	3.52	3.51	3.08	3.20	3.11
DESVPAD	0.30	0.28	0.30	0.49	0.25	0.33	0.07	0.07	0.06	0.13	0.04	0.05
CV%	0.05	0.06	0.06	0.10	0.05	0.07	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02

Tabela 5.28. Análise estatística para sólidos suspensos totais

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA SÓLIDOS SUSPENSOS TOATIS						
CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F	
TRATAMEN	4	1695.2092133	423.8023033	14.6228	0.00001	
RESIDUO	120	3477.8732255	28.9822769			
TOTAL	124	5173.0824388				
MÉDIA GERAL = 23.736500						
COEFICIENTE DE VARIACAO = 22.680 %						
TESTE DE DUNCAN PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO SÓLIDOS SUSPENSOS TOATIS						
NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5% 1%
1	5	M8	25	27.610611	21.479537	a A
2	3	M2	25	26.288008	19.614589	a A
3	4	M3	25	26.187960	19.476101	a A
4	1	TELA	25	19.960727	11.653757	b B
5	2	DISCO	25	18.635195	10.210675	b B
MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO						

Tabela 5.29. Análise estatística para turbidez

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TURBIDEZ						
CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F	
TRATAMEN	4	1444.7341261	361.1835315	15.8632	0.00001	
RESIDUO	120	2732.2384613	22.7686538			
TOTAL	124	4176.9725874				
MÉDIA GERAL = 15.978646						
COEFICIENTE DE VARIACAO = 29.863 %						
TESTE DE DUNCAN PARA MÉDIAS DE TRATAMENTO TURBIDEZ						
NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5% 1%
1	5	M9	25	19.571069	11.220885	a A
2	3	M2	25	18.603972	10.177698	a A
3	4	M3	25	17.997084	9.546161	a A
4	2	DISCO	25	11.865408	4.227687	b B
5	1	TELA	25	11.855697	4.220869	b B
MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO						

## **VI. DISCUSSÃO:**

### **6.1. Comentários gerais dos resultados da primeira etapa:**

Com base nos resultados obtidos na primeira etapa do presente trabalho pode-se observar que os valores das perdas de carga, em função da vazão, apresentadas pelos diferentes meios filtrantes tela, disco e mantas, M1 M2, M3, M4, M5, M6, M7 e M8 se mostraram bem próximas entre si, com exceção da manta M5 que apresentou uma perda de carga mais elevada figura 5.1. A perda de carga obtida com a manta M5 ocorreu devido à existência de uma tela nylon colada no interior da manta, esta característica portanto se mostrou indesejável para o uso dessa manta como meio filtrante face à elevada resistência a passagem da água que ela proporciona. A manta M1 por ter em sua composição material de origem orgânica ( fibras vegetais ) foi descartada, pois este material poderia sofrer deteriorações durante o uso, alterando as características da mesma, sendo assim inadequada para se trabalhar em contato com a água.

Observou-se também que apesar da semelhança entre as perdas de carga apresentadas pelos meios filtrantes ensaiados, o filtro de disco apresentou sempre uma maior perda de carga do que os demais meios filtrantes, o que pode ser observado na figura 5.1. As mantas e as telas apresentam valores bem próximos entre si, o que permite concluir que nestes meios filtrantes predomina o efeito de superfície, como processo de filtração.

Portanto, os resultados obtidos nesta etapa do trabalho indicam que as mantas podem ser empregadas como meio filtrante para remoção de partículas sólidas em suspensão da água de irrigação localizada.

### **6.2. Comentários dos resultados da segunda etapa:**

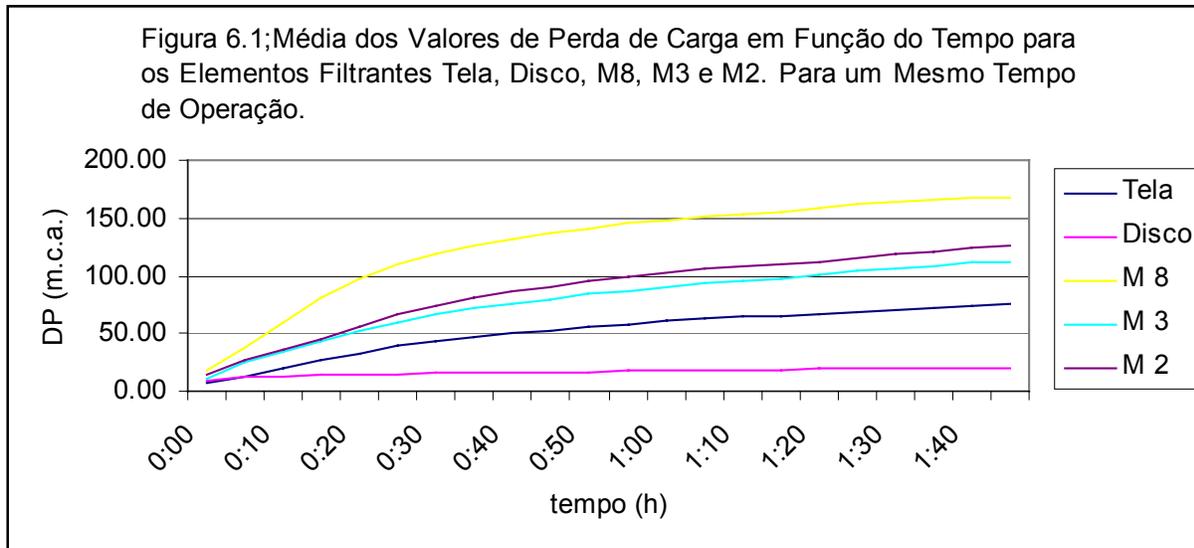
Discussão dos resultados da segunda etapa onde foram testados os diferentes meios filtrantes com relação a sua eficiência na remoção de impurezas da água.

#### **6.2.1. Evolução da perda de carga devido à retenção de impurezas:**

Em todos os ensaios realizados nesta etapa, as três mantas ensaiadas apresentaram perda de carga maior que os elementos de tela e de disco, o que pode ser melhor observado na figura

6.1 que representa uma média de todos os ensaios para um mesmo tempo de duração. Esta constatação a priori indica que as mantas foram mais eficientes que os elementos de tela e de disco, na remoção de impurezas da água, no entanto o tempo de operação dos filtros de manta foi menor, uma vez que alcançará a perda de carga limite mais rapidamente. Dentre as três mantas estudadas a manta M8, foi a que apresentou a maior perda de carga, seguida das mantas M2 e M3. Este resultado foi alcançado previamente devido às diferenças entre os coeficientes de condutividade hidráulica, já que as espessuras das mantas não são muito diferentes entre si. Essas propriedades das mantas são as mais importantes na eficiência da filtração. O filtro de tela, apresentou uma perda de carga intermediária entre o filtro de manta M3 e o filtro de disco em todos os ensaios realizados. Já o filtro de disco foi o que apresentou a menor perda de carga devido à retenção de impurezas. Com base nos resultados de perda de carga pode-se deduzir que o filtro que apresentou menor perda de carga, que no caso foi o de disco, permite um maior tempo de funcionamento entre operações de limpeza como mostra a figura 6.1. Neste contexto o filtro de manta principalmente o de manta M3, que apresentou uma evolução da perda de carga mais rápida, exigindo limpeza mais frequente. Contudo o filtro de manta M3 possui uma maior eficiência de remoção de partículas sólidas em suspensão, o que lhe atribui uma vantagem sobre o menor tempo de funcionamento.

Segundo Bucks e Nakayama (1986), o aumento da perda de carga devido a retenção e ao acúmulo de impurezas, é um dos principais parâmetros usados na avaliação do desempenho dos filtros. Contudo, torna-se necessário e importante avaliar outros parâmetros em conjunto tais como a capacidade e eficiência de remoção efetiva de sólidos em suspensão através de análises destes no afluente e no efluente filtrado. Assim pode-se diagnosticar um filtro que apresentando baixa perda de carga e grande retenção de impurezas se aproxima de uma condição ideal.



### 6.2.2. Eficiência de remoção de impurezas:

Analisando os resultados das concentrações dos sólidos em suspensão nos afluentes e efluentes dos filtros ao longo dos ensaios realizados observou-se que os filtros das mantas M2, M3, M8 apresentaram menores concentrações de sólidos em suspensão nos seus efluentes, que dos filtros de tela e de disco. Isto pode ser comprovado através da análises estatísticas dos percentuais de remoção utilizando-se o teste de F, cujos resultados, apresentados na tabela 5.3, indicam que as mantas M2, M3 e M8 não diferem entre si, a nível de 5% e 1% de significância mas diferem dos filtros de tela e de disco para esses dois níveis de significância.

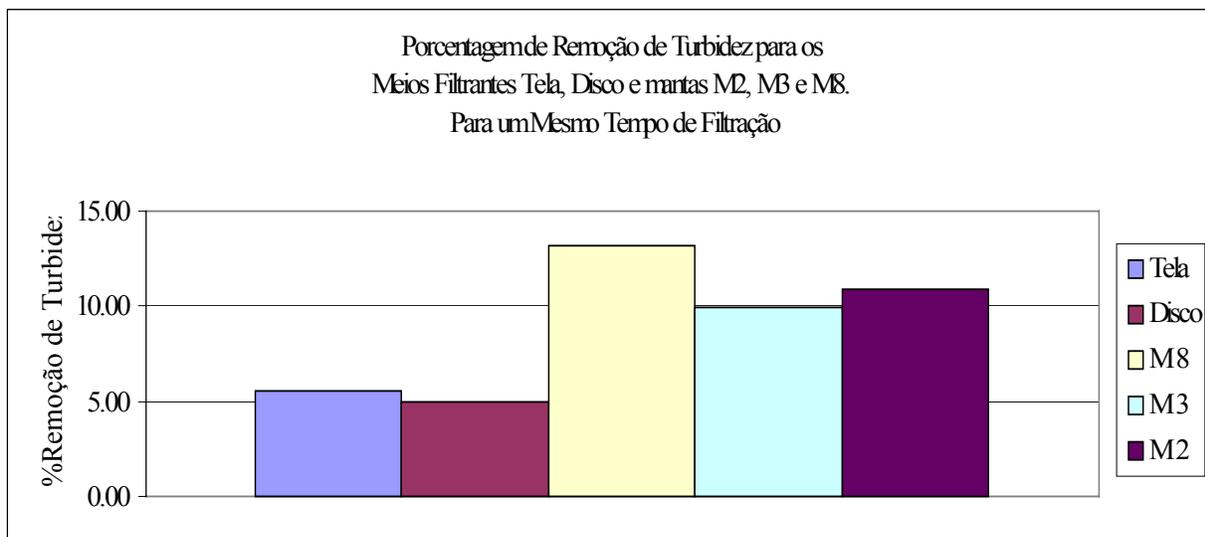
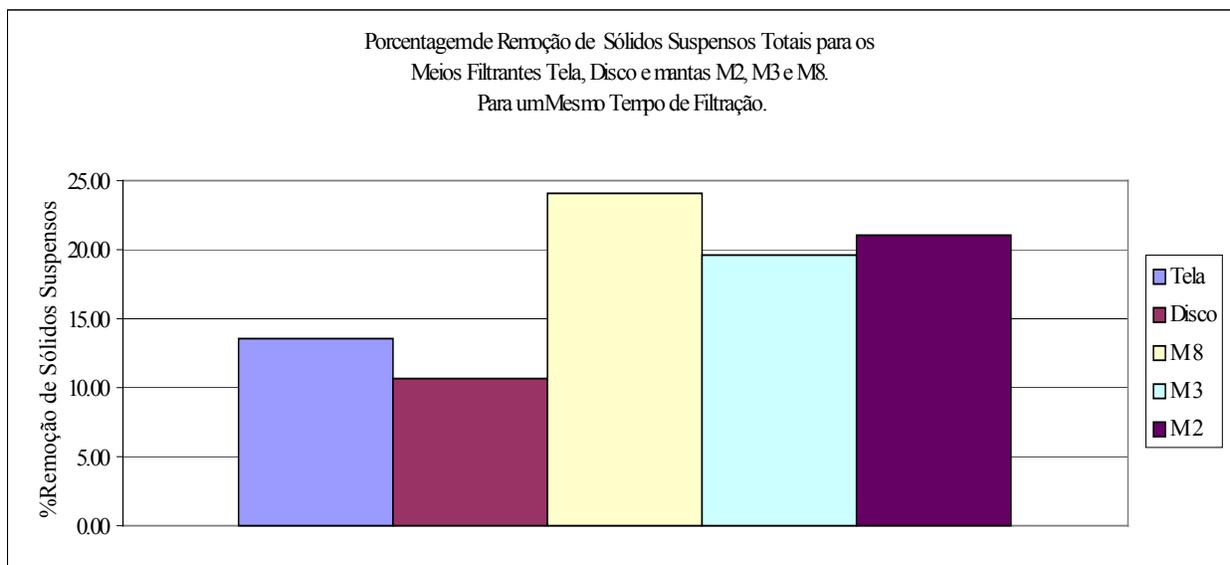
Encontrou-se ainda, uma porcentagem média de remoção de sólidos em suspensão das água em torno de 20,12 % para a manta M2, 19,38 % para a manta M3 e 22,04 % para a manta M8; 10,80% para o filtro de disco e 12,05 % e para o filtro de tela. Com relação à remoção de turbidez, os resultados foram proporcionalmente semelhantes aos de remoção de sólidos em suspensão, obtendo-se na porcentagem média de remoção deste parâmetro em torno de 10,76 % para a manta M2, 10,12 % para a manta M3, 11,83 % para a manta M8; 4,67 % para o filtro de disco e 4,75 % para o filtro de tela.

Analisando esses valores conclui-se que as três mantas apresentaram uma porcentagem média de remoção de sólidos em suspensão e de turbidez muito semelhantes entre si, em torno de 20,51% e 10,90%, respectivamente, porém acima da porcentagem de remoção dos filtros de tela e de disco, que removeram, sólidos em suspensão e turbidez em média 11,43% e 4,71%, destes

parâmetros respectivamente. Isso atribui uma vantagem às mantas sobre os elementos filtrantes de disco e tela quanto à capacidade de retenção de impurezas e justifica a elevação mais rápida da perda de carga nas mantas.

A fim de ilustrar melhor a eficiência dos filtros na remoção de impurezas construiu-se as figuras 6.2e 6.3, considerando-se a porcentagem de remoção de sólidos em suspensão e turbidez, respectivamente, para um tempo de funcionamento dos filtros de 1 hora e 15 minuto. Esse tempo foi estabelecido a título de comparação, por ter sido o tempo do ensaio de menor duração.

Pelas figuras 6.2e 6.3 nota-se claramente uma maior eficiência dos filtros de manta M2, M3 e M8 na remoção de impurezas do que os filtros de tela e de disco.

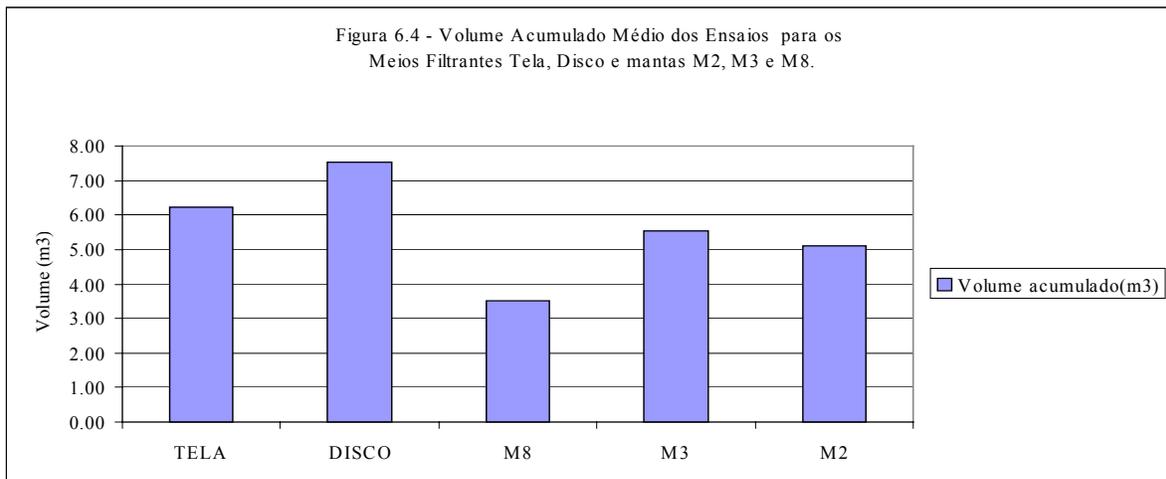


#### 6.2.4. Vazão versus perda de carga:

A vazão de cada filtro foi diferente em função da perda de carga também ser diferente em cada filtro, pois a vazão esta diretamente relacionada com a perda de carga. Devido a esta diferença nas vazões, optou-se por usar o volume acumulado com o intuito de facilitar a comparação entre os resultados de cada filtro.

Num sistema de irrigação localizada a diminuição da vazão em função da perda de carga pode ser minimizado se for previsto previamente, sendo então o sistema dimensionado para trabalhar com uma maior pressão na linha principal e válvulas reguladora de pressão instalada no início de cada linha de irrigação minimizando o efeito de um possível aumento da perda de carga. Outra maneira de minimizar o aumento da perda de carga seria proceder com lavagens mais ferquentes.

Em todos os ensaios realizados os filtros de tela, disco, mantas M8, M3 e M2, apresentaram os seguintes valores médios de volume acumulado de 6,24 ; 7,51 ; 3,51 ; 5,54 e 5,09 m<sup>3</sup>, respectivamente. Essas constatações podem ser confirmadas observando o gráfico da figura 6.4..



Conclui-se que o filtro de disco deixou passar um volume maior de água porém não reteve as impurezas tanto quanto os demais filtros.

O filtro de tela apresentou um valor acumulado intermediário entre o filtro de disco e os filtros de mantas, mas a remoção de impurezas pela tela, embora tenha sido ligeiramente superior ao filtro de disco, ainda se mostrou inferior aos filtros de manta.

Entre as mantas M2 e M3 não houveram diferenças significativas no volume médio acumulado, enquanto a manta M8 apresentou o menor volume médio acumulado. Neste caso

mesmo os filtros mantas tendo apresentado um valor acumulado menor que os filtros de tela e de disco a retenção de impurezas foi estatisticamente maior.

Conclui-se, portanto que a diminuição de vazão devido ao aumento de perda de carga nos filtros não deve ser considerada como um fator limitante ao emprego das mesmas, uma vez que pode ser solucionado como dito anteriormente e está intimamente relacionado a eficiência de remoção de impurezas, aspecto de maior importância no contexto de tratamento de água.

## VII. Conclusões e recomendações:

Com base nos resultados pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a- Mantas sintéticas não tecidas M2, M3 e M8 são adequadas para serem utilizadas como elemento filtrante para irrigação localizada, pois apresentam uma capacidade de remoção de sólidos suspensos totais e turbidez em torno de 100% a mais, que os meios filtrantes tradicionais de tela e de disco(120 *mesh*).
- b- As características das mantas M2, M3 e M8 são as mais indicadas segundo os resultados de perda de carga e vazão como elementos filtrantes para irrigação localizada.
- c- As mantas M2, M3 e M8 não apresentam diferenças significativas pelo teste de F a nível de 1% quanto sua eficácia na retenção de impurezas.
- d- Dentre as mantas estudadas a M3 é a mais indicada para ser usada como meio filtrante para irrigação localizada, pois visto que as mantas são estatisticamente iguais quanto ao percentual de remoção tanto de sólidos suspensos totais quanto de turbidez, esta é a que apresenta a menor perda de carga das mantas estudadas.

São apresentadas a seguir algumas recomendações extraídas do presente trabalho:

- a- Testar novas manta com características diferentes, pois são varias os tipos mantas disponíveis no mercado afim de encontrar um conjunto de características mais adequada para ser empregada em filtros para irrigação localizada.
- b- Avaliar outras potencialidades de remoção com o uso de mantas sintéticas não tecidas, como algas e micro organismos aquáticos.
- c- Comparar a eficiência das mantas com outros *mesh* de disco e de tela.

#### III. Bibliográficas:

APHA, AWWA, WPCF. - "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 16° ed. Washington, D.C. 1985, 1268p.

ASAE Standards, 1992. EP458. Field avaluation of microirrigation systems. St. Joseph, MI: ASAE

AZEVEDO, H.M. *Irrigação localizada*. Informe Agropecuário, EPAMIG, Belo Horizonte. v.12, n.139. p. 40-53. julho, 1986.

BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. Imprensa Universitária UFV. 5 ed. Viçosa. p.483-484, 1989.

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G.; Trickle irrigation quality and reventive maintenance. *Agricultural water manangement*, n.2, p.149- 162, 1979.

DASBERG, S.; BRESLER, E. *Drip irrigation manual*. Israel: International Irrigation. Information Center, 1985. p.95.

LOPEZ, J.R.; HERNANDEZ, J.M. A.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ J.F.G. *Riego Localizado*. Regadios – Centro Nacional de Tecnologia de Regadios, Ministerio deAgricultura, Pesca y Alimentacion – IRYDA, 1ªed. 445p, 1992.

MBWETTE, T.S.A. e GRAHAM, N.J.D. *Improving the efficiency of slow sand filtration with non wovem synthetic fabrics*. In: Filtration and separation. v. 24, p.46-50,1987.

MATSURA, E.E., TESTEZLAF, R., ALMEIDA NETO, J.A. *Perda de carga nos filtros de areia e tela do sistema de irrigação por gotejamento*. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA). Recife. p.585-607,1989.

- NAKAYAMA, F.S. Water analysis and treatment techniques for control emitter plugging. In: Proc. Irrigation Association Conference, 21-24 February 1982, Portland, Oregon, 1982.
- NAKAYAMA, F.S. e BUCKS, D.A. *Trickle irrigation for crop production*. U.S. department of Agriculture, agricultural reserch service. U.S. Water Conservation Laboratory. Phoenix, Arizona. USA. p.383,1986.
- PATERNIANI, J.E.S. *Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração em areia de águas de abastecimento*. Tese de doutorado- EESC. USP, São Carlos,1991.
- PATERNIANI, J.E.S.; MATSURA, E.E.; ROSTON, D.M.; PAULA JR., D.R.; TESTEZLAF, R.; RIBEIRO, T.A.P. *Diagnóstico da qualidade da água de irrigação em propriedades produtoras de hortaliças da região de Campinas*. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. SBEA. Campinas, 20p. 1994.
- PHILLIPS, K.P. *Filtration's Role in water Quality: Polishing Water Fro Low – Volume Irrigation*. Irrigation journal, v.43, n.4, p.8 – 12, 1993
- PHILLIPS, K.P. Long – Term Operation of Microirrigation Filtration Systems;Successes, Failures and Operational Solutions. In: PROCEEDING OF THE FIFTH INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS. Orlando – Florida, v.1, p. 579 – 586, 1995.
- RAMOS, J. P. S. *Análise de Perda de Carga em Filtros de Tela e Disco de Sistemas de Irrigação Localizada Utilizando um Sistema de Aquisição de Dados*. Tese de mestrado – Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas, 1992.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G.. *Control of Emitter Clogging in Drip Irrigation With Reclaimed Wastewater*. Irrigation Sience, v.13, n.3, p. 129 – 139, 1992.

SANEST, *Programa Estatístico*,1987

SANTAMARÍA, J. J. U. Los Distintos Sistemas de Tratamiento de aguas Residuales y Su Ambito de Aplicacion, Parametros Fisicos, Quimicos y Biologicos, In:VI CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE – Tecnolgias y Servicios Agrarios, 50p. 1993.

SCALOPPI,E. J. e BRITO, R. A L. *Qualidade da Água e do Solo para Irrigação* Informe Agropecuário, EPAMIG, Belo Horizonte. v.12, n.139. p. 80-94. Julho, 1986

SGANZERLA, E. Nova Agricultura: A fascinante arte de cultivar com os plásticos. Ed. Pallotti. 2 ed. Porto Alegre-RS. 1990, pg 209.

SILVA, L.B. *Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração sob pressão*. Tese de mestrado - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas, 1996. .

SOUZA, A.C. *Irrigação por gotejamento*. IN: Casa da Agricultura. Ed. CATI. Ano 2 n.5. São Paulo,1980.

TESSLER M. H. *Água no Ponto Certo*. A GRANJA, Porto Alegre. v. 3, p.40 – 44. Dezembro 1986.

TEZTESLAF R.; MATSURA, E.E.; PATERNIANI, J.E.S.; PAULA JR., D.R.; ROSTON D.M.;; RIBEIRO T.A.P. *Potencialidade Do Uso Da Irrigação Por Gotejamento Em Propiedades Agricolas Produtoras De Hortaliçasda Região De Campinas ,Sp X Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem*. ABID,Salvador, BA1994.

VERMEIREN, L. & JOBLING, G.K. *Localized irrigation*. Rome, FAO Irrigation and drainage, 203p.1984.

ZEIER K. R. e HILLS, J. D. Trickle Irrigation Screen Filter Performance as Affect by Sand Size and Concentration. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.30, n. 3, p.375 – 379, 1987.