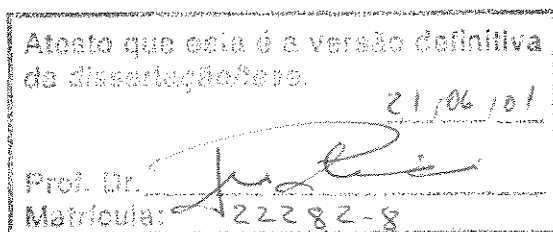


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**INFLUÊNCIA DA REDUÇÃO DA ESPESSURA DA CAMADA
SUORTE NA EFICIÊNCIA DA FILTRAÇÃO LENTA COM USO DE
MANTAS SINTÉTICAS NÃO TECIDAS PARA ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO**

Cláudia Fenga Ferraz

Orientador: Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani



Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil na área de concentração Saneamento e Ambiente.

Campinas, SP

2001

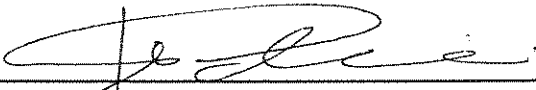
200117338

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

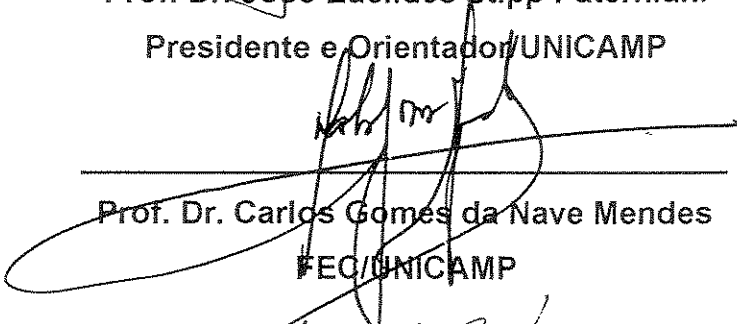
INFLUÊNCIA DA REDUÇÃO DA ESPESSURA DA CAMADA
SUORTE NA EFICIÊNCIA DA FILTRAÇÃO LENTA COM USO DE
MANTAS SINTÉTICAS NÃO TECIDAS PARA ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO

Cláudia Fenga Ferraz

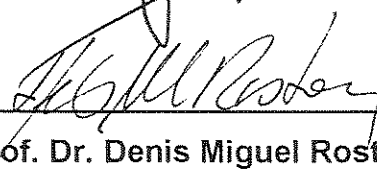
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani
Presidente e Orientador/UNICAMP



Prof. Dr. Carlos Gomes da Nave Mendes
FEC/UNICAMP



Prof. Dr. Denis Miguel Roston
FEAGRI/UNICAMP

Campinas, 28 de março de 2001.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais *Cláudio* e *Sueli* pelo amor e carinho de sempre.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar sempre meu caminho.

À minha família, que eu amo muito, *Sueli, Cláudio, Luciana, Marcela e Evalda*, pelo amor, carinho, paciência e apoio sempre presentes.

Ao meu namorado *Bruno*, por ser tão companheiro, pelo carinho, paciência, apoio e grande ajuda.

Ao Prof. Dr. *José Euclides Paterniani* pela orientação e amizade.

Às amigas *Juliana e Marcela* pela companhia, carinho e valiosa amizade.

Ao *Túlio, Gélson* e todo pessoal do Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola pela grande ajuda na montagem da instalação piloto.

Aos amigos *Marta, Marco, Rosiléia e Luciana*, por se mostrarem sempre dispostos a ajudar, pelas agradáveis conversas, conselhos e companhia.

À Prof. Dra. *Maria Elisa Paterniani* pela paciência e ajuda com as análises estatísticas.

À FAPESP pela concessão da bolsa de estudos (Processo:99/01743-8).

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

“... Por maior que seja a tempestade, não perca seu equilíbrio, porque todas as tempestades passam e sua fé e coragem permanecem...”

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO.....	xviii
ABSTRACT.....	xx
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Histórico da Filtração.....	4
3.2. Teoria da Filtração Lenta.....	6
3.3. Funcionamento dos Filtros Lentos.....	8
3.4. Recomendações para o Emprego da Filtração Lenta.....	9
3.5. Sistemas de Pré-Tratamento.....	11
3.5.1 Sedimentação Simples.....	12
3.5.2. Reservatório de Água Bruta.....	12
3.5.3. Pré-Filtração em Pedregulho.....	13
3.5.3.1. Pré-Filtro Dinâmico.....	15
3.5.3.2. Pré-Filtro com Escoamento Horizontal.....	15
3.5.3.3. Pré-Filtro de Pedregulho com Escoamento Vertical Descendente.....	16
3.5.3.4. Pré-Filtro de Pedregulho com Escoamento Vertical Ascendente.....	16
3.6. Mantas Sintéticas não tecidas.....	17
3.6.1. História, Desenvolvimento e Características dos não tecidos...	18
3.7. Conceito de Tecnologia de Baixo Custo.....	23
3.8. Resultados de Pesquisas envolvendo Filtração Lenta e Mantas	24

Sintéticas não tecidas.....	
3.8.1. Utilização de Mantas não tecidas na Pré-Filtração.....	30
3.8.2. Uso da Filtração para Tratamento de Efluentes.....	32
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1. Descrição da Instalação Piloto.....	34
4.2 Seleção e Preparação do Meio Filtrante.....	39
4.2.1 Seleção da Areia e Análise Granulométrica.....	39
4.2.2 Lavagem da Areia e do Pedregulho.....	40
4.2.3 Seleção das Mantas Sintéticas não tecidas.....	45
4.3 Sistema de Filtração.....	46
4.4 Instalação das Mantas.....	48
4.5 Operação das Unidades.....	50
4.6 Parâmetros de Controle.....	51
4.7 Análise Estatística dos Dados.....	53
5 RESULTADOS.....	54
6 DISCUSSÃO.....	55
6.1 Ensaios 1 e 2 (Taxa de filtração: 3 m ³ /m ² dia - sem pré-filtro).....	55
6.2 Ensaios 3, 4 e 5 (Taxa de filtração: 6 m ³ /m ² dia - com pré-filtro).....	64
6.3 Ensaios 6, 7 e 8 (Taxa de filtração: 3 m ³ /m ² dia - com pré-filtro).....	81
6.4 Ensaios 9, 10 e 11 (Taxa de filtração: 9 m ³ /m ² dia - com pré-filtro).....	99
6.5 Oxigênio Dissolvido.....	116
6.6 pH.....	116
6.7 Temperatura.....	117
6.8 Sólidos Suspensos Totais.....	117
6.9 Lavagem das Mantas.....	118
6.10 Discussão da Análise Estatística dos Dados.....	121
7 COMENTÁRIO FINAL.....	131
8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	134
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136
ANEXO A - Dados obtidos ao longo dos ensaios.....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Esquema das diferentes unidades de Pré-Filtração em Pedregulho.....	14
Figura 4.1: Esquema Geral da Caixa de Distribuição do Afluente aos Filtros lentos.....	34
Figura 4.2: Foto da Instalação Piloto.....	36
Figura 4.3: Filtros antes da cobertura e revestimento com lona escura.....	36
Figura 4.4: Esquema Geral da Instalação Piloto.....	37
Figura 4.5: Detalhe da Caixa de Distribuição de Água Bruta à unidade de Pré-Filtração em Pedregulho.....	38
Figura 4.6: Detalhe do sistema de coleta de efluente dos filtros lentos.....	39
Figura 4.7: Curva de Distribuição Granulométrica das Areias.....	42
Figura 4.8: Detalhe da unidade construída para a lavagem da areia.....	43
Figura 4.9: Detalhe da água suja saindo da areia durante o processo de lavagem.....	44
Figura 4.10: Detalhe da água já escoando limpa, depois de decorrido certo tempo de lavagem.....	44
Figura 4.11: Detalhe do final da lavagem, água já sendo drenada para retirada da areia limpa.....	45
Figura 4.12: Esquema ilustrativo da fixação das mantas nas unidades de filtração.....	49
Figura 6.1: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 01.	58
Figura 6.2: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 02.....	58
Figura 6.3: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 01.....	59
Figura 6.4: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 02.....	59
Figura 6.5: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 01.....	60
Figura 6.6: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 02.....	60
Figura 6.7: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 01....	61
Figura 6.8: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 02....	61

Figura 6.9: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 02...	62
Figura 6.10: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 01.....	62
Figura 6.11: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 02.....	63
Figura 6.12: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 03.....	68
Figura 6.13: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 04.....	68
Figura 6.14: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 05.....	69
Figura 6.15: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 03.....	70
Figura 6.16: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 04.....	70
Figura 6.17: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 05.....	71
Figura 6.18: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 03.....	71
Figura 6.19: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 04.....	72
Figura 6.20: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 05.....	73
Figura 6.21: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 03..	74
Figura 6.22: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 04..	74
Figura 6.23: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 05..	75
Figura 6.24: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 03.	76
Figura 6.25: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 04.	76
Figura 6.26: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 05.	77
Figura 6.27: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 03.....	78
Figura 6.28: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 04.....	78
Figura 6.29: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 05.....	79
Figura 6.30: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 04.....	80
Figura 6.31: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 05.....	80
Figura 6.32: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 06.....	81
Figura 6.33: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 07.....	81
Figura 6.34: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 08.....	81
Figura 6.35: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 06.....	81
Figura 6.36: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 07.....	81
Figura 6.37: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 08.....	81
Figura 6.38: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 06.....	81
Figura 6.39: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 07.....	81

Figura 6.40: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 08.....	90
Figura 6.41: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 06..	91
Figura 6.42: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 07..	91
Figura 6.43: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 08..	92
Figura 6.44: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 06.	93
Figura 6.45: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 07.	93
Figura 6.46: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 08.	94
Figura 6.47: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 06.....	95
Figura 6.48: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 07.....	95
Figura 6.49: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 08.....	96
Figura 6.50: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 06.....	97
Figura 6.51: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 07.....	97
Figura 6.52: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 08.....	98
Figura 6.53: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 09.....	103
Figura 6.54: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 10.....	103
Figura 6.55: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 11.....	104
Figura 6.56: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 09.....	105
Figura 6.57: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 10.....	105
Figura 6.58: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 11.....	106
Figura 6.59: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 09.....	107
Figura 6.60: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 10.....	107
Figura 6.61: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 11.....	108
Figura 6.62: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 09..	109
Figura 6.63: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 10..	109
Figura 6.64: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 11..	110
Figura 6.65: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 09.	111
Figura 6.66: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 10.	111
Figura 6.67: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 11.	112
Figura 6.68: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 09.....	113
Figura 6.69: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 10.....	113
Figura 6.70: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 09.....	114

Figura 6.71: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 10.....	114
Figura 6.72: Variação da concentração de Manganês ao longo do Ensaio 11.....	115
Figura 6.73: Mantas após encerramento da carreira de filtração.....	119
Figura 6.74: Lavagem da Manta M2.....	119
Figura 6.75: Lavagem da Manta M3.....	120
Figura 6.76: Mantas limpas.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Características do meio filtrante utilizado.....	17
Tabela 3.2: Principais propriedades de 9 tipos de mantas não tecidas nacionais.....	22
Tabela 3.3: Composição das mantas sintéticas não tecidas utilizadas por AGGIO.....	25
Tabela 3.4: Características dos filtros utilizados na pesquisa.....	28
Tabela 4.1: Características da camada suporte das unidades de filtração.....	47
Tabela 4.2: Características do meio granular da unidade de Pré-Filtração.....	47
Tabela 4.3: Propriedades e Composição das mantas sintéticas não tecidas.....	48
Tabela 4.4: Esquema dos ensaios realizados.....	50
Tabela 4.5: Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de controle e frequência de amostragem.....	52
Tabela 4.6: Métodos e Equipamentos utilizados.....	53
Tabela 6.1: Quadro da Análise da Variância para a variável Tempo de Funcionamento.....	124
Tabela 6.2: Quadro da Análise da Variância para a variável Turbidez.....	124
Tabela 6.3: Quadro da Análise da Variância para a variável Cor Aparente.....	125
Tabela 6.4: Quadro da Análise da Variância para a variável Coliformes Totais.....	125
Tabela 6.5: Quadro da Análise da Variância para a variável Coliformes Fecais.....	126
Tabela 6.6: Quadro da Análise da Variância para a variável Ferro Total.....	126
Tabela 6.7: Quadro da Análise da Variância para a variável Manganês.....	127
Tabela 6.8: Quadro da Análise da Variância para a variável Oxigênio Dissolvido.....	127
Tabela 6.9: Quadro da Análise da Variância para a variável Sólidos Suspensos Totais.....	128
Tabela 6.10: Quadro da Análise da Variância para a variável Temperatura.....	128
Tabela 6.11: Avaliação da influência das diferentes composições de camada suporte empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção de Turbidez, Cor,	129

Coliformes Totais e Coliformes Fecais.....	
Tabela 6.12: Avaliação da influência das diferentes composições de camada suporte empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção de Ferro, Manganês, Oxigênio Dissolvido e Sólidos Suspensos Totais.....	129
Tabela 6.13: Avaliação da influência das diferentes taxas de filtração empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção de Turbidez, Cor, Coliformes Totais e Coliformes Fecais.....	130
Tabela 6.14: Avaliação da influência das diferentes taxas de filtração empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção de Ferro, Manganês, Oxigênio Dissolvido e Sólidos Suspensos Totais.....	130
Tabela 7.1: Custo comparativo entre duas unidades de filtração lenta, convencional e modificada.....	132
Tabela A1: Dados de Perda de Carga (mm) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	143
Tabela A2: Dados de Turbidez (UNT) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	144
Tabela A3: Dados de Cor Aparente (uC) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	145
Tabela A4: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	146
Tabela A5: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	147
Tabela A6: Dados de Ferro Total (mg/L) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	148
Tabela A7: Dados de Oxigênio Dissolvido (mg/L) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	149
Tabela A8: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	150
Tabela A9: Dados de pH – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	151
Tabela A10: Dados de Temperatura – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia.....	152
Tabela A11: Dados de Perda de Carga (mm) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	153
Tabela A12: Dados de Turbidez (UNT) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	154
Tabela A13: Dados de Cor Aparente (uC) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	155
Tabela A14: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	156
Tabela A15: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	157

6m ³ /m ² dia.....	
Tabela A16: Dados de Ferro Total (mg/L) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	158
Tabela A17: Dados de Oxigênio Dissolvido (mg/L) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia....	159
Tabela A18: Dados de Manganês (mg/L) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	160
Tabela A19: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	161
Tabela A20: Dados de pH – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	162
Tabela A21: Dados de Temperatura – Taxa de Filtração: 6m ³ /m ² dia.....	163
Tabela A22: Dados de Perda de Carga (mm) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré-filtro).....	164
Tabela A23: Dados de Turbidez (UNT) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré- filtro).....	165
Tabela A24: Dados de Cor Aparente (uC) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré- filtro).....	166
Tabela A25: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré-filtro).....	167
Tabela A26: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré-filtro).....	168
Tabela A27: Dados de Ferro Total (mg/L) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré- filtro).....	169
Tabela A28: Dados de Manganês (mg/L) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré- filtro).....	170
Tabela A29: Dados de Oxigênio Dissolvido (mg/L) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia ...	171
Tabela A30: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré-filtro).....	172
Tabela A31: Dados de pH – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré-filtro).....	173
Tabela A32: Dados de Temperatura – Taxa de Filtração: 3m ³ /m ² dia (com pré-filtro)...	174
Tabela A33: Dados de Perda de Carga (mm) – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia.....	175
Tabela A34: Dados de Turbidez (UNT) – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia.....	176
Tabela A35: Dados de Cor Aparente (uC) – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia.....	177
Tabela A36: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração:	178

9m ³ /m ² dia.....	
Tabela A37: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL) – Taxa de Filtração:	
9m ³ /m ² dia.....	179
Tabela A38: Dados de Ferro Total (mg/L) – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia.....	
	180
Tabela A39: Dados de Manganês (mg/L) – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia.....	
	181
Tabela A40: Dados de Oxigênio Dissolvido (mg/L) – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia....	
	182
Tabela A41: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L) – Taxa de Filtração:	
9m ³ /m ² dia.....	183
Tabela A42: Dados de pH – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia.....	
	184
Tabela A43: Dados de Temperatura – Taxa de Filtração: 9m ³ /m ² dia.....	
	185

RESUMO

Ferraz, Cláudia Fenga. Influência da Redução da Espessura da Camada Suporte na Eficiência da Filtração Lenta com uso de Mantas não tecidas para Águas de Abastecimento. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, ano 2001. 185 páginas. Dissertação.

Palavras Chave: filtração lenta, mantas não tecidas, redução da camada suporte, águas de abastecimento.

O presente trabalho foi realizado com a finalidade de investigar a influência da substituição do pedregulho da camada suporte por mantas sintéticas não tecidas na eficiência da filtração lenta, em areia, para tratamento de águas de abastecimento.

A investigação experimental foi realizada em instalação piloto constituída de uma unidade de pré-filtração em pedregulho com escoamento ascendente e três unidades de filtração lenta, as quais possuíam como meio filtrante areia (tamanho efetivo igual a 0,25 mm, coeficiente de desuniformidade igual a 2,4 e tamanho dos grãos variando entre 0,053 a 0,85 mm) e mantas (M2: gramatura= 380 g/m²; M3: gramatura= 450 g/m² e espessura total= 8 mm) instaladas no topo deste. As três unidades de filtração lenta diferiam entre si pela espessura e composição da camada suporte, sendo que, a primeira unidade denominada de FL1 possuía como camada suporte pedregulho (2,00 mm a 6,25 mm), a segunda unidade (FL2) possuía pedregulho (6,25 mm a 21,0 mm) e manta (M1: gramatura= 300 g/m², espessura= 2 mm) e a terceira unidade, FL3, possuía apenas manta (M1: gramatura= 300 g/m², espessura= 2 mm) como camada suporte. Foram realizados ensaios com taxas de filtração de 3 m³/m²/dia, 6 m³/m²/dia e 9 m³/m²/dia. A eficiência das unidades foi avaliada através da medição dos seguintes parâmetros: turbidez, cor aparente, coliformes totais, coliformes fecais, ferro, manganês, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais e pH.

Os resultados obtidos indicam que não houve diferença significativa entre os três filtros quanto a eficiência de remoção de impurezas, indicando a viabilidade da substituição do pedregulho por mantas sintéticas não tecidas (M1: gramatura= 300 g/m², espessura= 2 mm) na camada suporte de unidades de filtração lenta, possibilitando assim, o prolongamento da duração da carreira de filtração e também a contribuição na redução dos custos de implantação dessa tecnologia de tratamento de águas, tornando-a mais acessível às regiões menos favorecidas.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the influence of the gravel supporter bed replacement for nonwoven synthetic fabrics in slow sand filtration for treating water supplies.

The experimental investigation was carried out in a pilot plant built with an upflow roughing filter unit and three slow sand filtration units, which were made by sand ($T_e = 0,25\text{mm}$, $CD = 2.4$ and grain size varying between $0,053\text{mm}$ and $0,85\text{mm}$ and nonwoven synthetic fabrics (M2: mass per unit area = 380 g/m^2 , M3: mass per unit area = 450 g/m^2 and thickness = 8 mm) installed on the sand layer top.

The three units of slow sand filtration (FL1, FL2, FL3) were different considering the thickness and composition of the gravel supporter bed. The first unit, FL1 has gravel size varying between 2.00 mm to $6,25\text{ mm}$, the second unit, FL2, has gravel size varying between $6,25\text{ mm}$ to $21,0\text{ mm}$ plus nonwoven synthetic fabric (M1: mass per unit area = 300 g/m^2 , thickness = 2 mm) and the third unit, FL3, has only fabric (M1: mass per unit area = 300 g/m^2 , thickness = 2 mm). The filtration rates used in the essays were $3\text{m}^3/\text{m}^2\text{day}$, $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{day}$ e $9\text{m}^3/\text{m}^2\text{day}$. The slow sand filtration units efficiency was evaluated by measurement of the main water quality parameters: turbidity, apparent color, total coliforms, fecal coliforms, iron, manganese, dissolved oxygen, total suspended solids and pH.

The results showed that the efficiency of impurities removal did not have significant difference between the three slow sand filters, indicating that the substitution of the gravel by nonwoven synthetic fabric (M1: mass per unit area = 300 g/m^2 , thickness = 2 mm) viability in the supporter bed for slow sand filtration. This makes possible to extend the filtration run duration and also to reduce the technology implantation costs, making it accessible to developing countries and regions.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as águas utilizadas pela população pertencente às comunidades rurais, na quase totalidade dos casos, não sofrem nenhum tipo de tratamento. Viabilizar um sistema que proporcione o tratamento da água para consumo humano em propriedades agrícolas implicaria diretamente no aumento da qualidade de vida dessa população. Ainda, o tratamento de águas de abastecimento em zonas rurais, contribuiria para uma diminuição da incidência de doenças transmitidas por via hídrica.

A filtração lenta é um processo de tratamento que, através da passagem da água por um meio granular, geralmente areia, possibilita a melhoria de suas características químicas, físicas e bacteriológicas, a ponto de torná-la adequada para consumo humano, após desinfecção final. Esse processo de tratamento de águas apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias, destacando-se: a não necessidade do emprego de produtos químicos, a não exigência de equipamentos sofisticados, a não necessidade de operadores altamente qualificados, além de ser de simples construção e de ser um dos processos de tratamento de águas de abastecimento que produz menos quantidade de lodo.

Essas vantagens aliadas ao uso de materiais e de mão de obra locais, reduzem os custos iniciais de implantação, operação e manutenção desse sistema possibilitando a pequenas comunidades e também países que não podem ter acesso às técnicas mais avançadas, um processo de tratamento de água bastante eficiente.

No entanto, existem alguns fatores que limitam o uso dessa tecnologia de tratamento de águas, como por exemplo, a operação de limpeza dos filtros lentos, normalmente realizada através da raspagem da camada superior de areia (aproximadamente 5 cm), lavagem e recolocação da mesma no leito filtrante. Essa operação de limpeza, quando realizada manualmente, pode consumir até 50 horas por 100m² da área filtrante segundo CULLEN & LETTERMAN (1985).

Outro fator importante está relacionado à qualidade das águas superficiais que, principalmente em países tropicais como o Brasil, apresentam, em certas épocas do

ano, valores relativamente altos de turbidez e cor aparente, causando reduções substanciais na duração das carreiras de filtração, devido a rápida colmatação do filtro.

A necessidade de se encontrar uma técnica que atenuasse os efeitos das variações sazonais da qualidade da água bruta no desempenho dos filtros, além de propiciar condições para se conseguir realizar a limpeza mais rapidamente, levou alguns pesquisadores a investigar o uso de mantas sintéticas não tecidas no topo da camada de areia, destacando-se os trabalhos de MBWETTE e GRAHAM (1987), (1988), (1990a), (1990b) e DI BERNARDO e colaboradores (1990a), (1990b) e (1991b). Uma vez terminada a carreira de filtração essa manta é facilmente retirada do filtro e lavada, removendo a Schmutzdecke nela desenvolvida. Limpa, a manta é então colocada de volta no filtro.

Porém, os estudos realizados com mantas não tecidas dizem respeito apenas à sua bem sucedida ação sobre o topo da camada de areia, sendo necessário, portanto, mais pesquisas para verificação desse sucesso também em outras partes constituintes dos filtros lentos, como por exemplo, na camada suporte.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho das unidades de filtração lenta com a utilização de mantas não tecidas em substituição ao pedregulho como possibilidade de redução da espessura da camada suporte, obtendo-se assim ganho na carga hidráulica e, conseqüentemente na duração da carreira de filtração. Apresenta também uma avaliação do uso de materiais alternativos tais como, areia comum de construção civil e caixas plásticas pré-fabricadas, facilmente encontradas no mercado como forma de elaborar um sistema modular de filtração lenta viável técnica e operacionalmente para tratamento de águas em comunidade rurais.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo principal estudar a influência da redução da camada suporte na eficiência da filtração lenta com o uso de mantas sintéticas não tecidas instaladas no topo da camada de areia e na camada suporte das unidades de filtração lenta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudar três diferentes espessuras e composições de camada suporte e suas influências na qualidade do efluente filtrado.

Avaliar o emprego de um sistema modular de filtros lentos para tratamento de água constituído de materiais alternativos facilmente encontrados no mercado, tais como: areia de grossa de construção civil e caixas de plástico reforçado, imprimindo um baixo custo ao sistema de filtração lenta.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Histórico da Filtração

Há muitos séculos, sem mesmo possuir grandes conhecimentos, o ser humano já sabia distinguir uma água esteticamente limpa de outra que se apresentasse turva, com gosto e odor (PATERNIANI, 1986). A filtração, como processo de tratamento de águas, foi, provavelmente, criada pelo homem, como resultado da observação da limpeza da água subterrânea, atribuída à passagem da mesma pelos solos naturais, tendo-se notícia que, desde o século XVI, a filtração, como método de clarificação da água, já se encontrava difundida.

Os primeiros filtros possuíam leitos de pedras porosas e eram especificamente domésticos. O primeiro a construir filtros com leitos de areia foi John Gibbs em 1804 em Paisley (Escócia). Mas foi somente em 1828 que os filtros de areia foram usados pela primeira vez para abastecimento público, construído por James Simpson para abastecer Londres, segundo COSTA (1980) e HESPANHOL (1969). Nesses filtros pretendia-se somente a redução da turbidez pelos mecanismos físicos de retenção de partículas.

Os primeiros exames físicos e análises químicas regulares da água foram instituídos a partir de 1858, quando John Snow, citado por COSTA (1980) e HESPANHOL (1969), mostrou que o cólera era transmitido através da água e que a única solução para o problema era a filtração da água ou abandono do manancial poluído. Por volta de 1870, quando os métodos de análise química da água desenvolvida nos anos anteriores passaram a ser utilizados para verificação da eficiência da filtração, uma onda de decepção reduziu o entusiasmo dos construtores de filtros ao constatarem que a purificação efetuada pelos leitos filtrantes era muito restrita do ponto de vista químico.

As propriedades biológicas dos filtros começaram a ser compreendidas e a ganhar seu devido valor, somente após as descobertas de Kock, Escherich e

protozoários, rotíferos e também algas. Ao desenvolvimento do “Schmutzdecke” está associado um tratamento mais eficiente da água sendo que o tempo necessário para seu desenvolvimento, denominado período de amadurecimento, pode variar de dias até semanas.

CULLEN & LETTERMAN (1985) estudaram o tempo necessário para o desenvolvimento da película biológica, ou seja, para o amadurecimento de dez unidades de filtração lenta. Para isso, foram realizadas várias análises da qualidade da água, antes e após a raspagem, comparando-se os valores obtidos em um filtro controle. Além disso, os autores determinaram o tempo de operação entre as raspagens, relacionando esse fator com parâmetros de projeto tais como a taxa de filtração e a qualidade da água bruta. Como resultado, os pesquisadores puderam observar elevadas quantidades de bactérias no efluente durante um a dois dias após as raspagens e reinício da operação. Puderam também constatar que a turbidez e o número de partículas foram maiores no filtro limpo, indicando assim menor eficiência em relação ao filtro maduro, durante esse período (um a dois dias). Os períodos de amadurecimento variaram de 6 horas a 2 semanas.

COSTA (1980) afirma que um verdadeiro ecossistema desenvolve-se com o amadurecimento do filtro onde a matéria orgânica depositada é utilizada como alimento. A utilização dessa matéria orgânica se dá através da oxidação química e microbiológica, além dos processos que envolvem formas de vida animal e vegetal. À medida que o alimento vai se tornando escasso, nas camadas inferiores do leito filtrante, a atividade biológica decresce gradualmente.

3.3. Funcionamento dos Filtros Lentos

No início da carreira de filtração, com taxa de filtração constante e nível de água variável no interior do filtro, a altura de água sobre o leito é mínima, crescendo gradualmente conforme os poros do meio filtrante vão sendo ocupados pela aderência das partículas em suspensão, provocando assim um aumento da resistência à passagem de água e, conseqüentemente, aumento da perda de carga. Quando o nível de água atinge a altura máxima permitida, usualmente limitada a 1,0 m ou 1,5 m, diz-se terminada a carreira de filtração e o filtro é então, retirado de operação para limpeza.

O aumento da resistência hidráulica na superfície do filtro, devido ao acúmulo de impurezas, pode ser medido através de uma escala milimetrada instalada na parede externa do mesmo ou observada através da instalação de piezômetros.

A operação de limpeza nas unidades de filtração lenta consiste em uma raspagem de 1 a 3 cm da camada superior do leito filtrante, devolvendo a carga hidráulica necessária para prosseguimento adequado da filtração. A areia raspada é carregada para fora dos filtros, onde é lavada, seca, homogeneizada e guardada para reposição futura. De acordo com HUISMAN (1982) e CULLEN e LETERMAN (1985) lavagem da areia deve ser feita em um período não muito maior que 24 horas, pois com o passar do tempo o material pode impregnar-se nos grãos e dificultar ou diminuir a eficiência de lavagem.

Os filtros lentos distinguem-se dos rápidos por trabalharem com taxas de filtração mais baixas e também por utilizarem areia de granulometria mais fina, normalmente com tamanho efetivo entre 0,15 e 0,35 mm. Esta granulometria mais fina faz com que a matéria suspensa e coloidal fiquem retidas na parte superior do leito filtrante.

De acordo com NEVES (1987) citado por VERAS (1999) uma súbita mudança da taxa de filtração tende a perturbar o equilíbrio no topo da camada de areia, resultando na piora da qualidade do efluente. Torna-se desejável, portanto, que as instalações operem continuamente, sem interrupções, pois várias populações

bacterianas estarão adaptadas ao tipo e quantidade de alimento fornecido por aquela determinada vazão.

3.4. Recomendações para o Emprego da Filtração Lenta

As vantagens da filtração lenta podem diminuir drasticamente em algumas épocas do ano, quando piora a qualidade da água bruta, acarretando valores relativamente altos de turbidez, causando, portanto uma redução substancial na duração das carreiras de filtração, além do efluente produzido resultar com qualidade inferior.

Ensaio realizados no Brasil, por POVINELLI & BOLLMANN (1987), concluem que a filtração lenta é um processo seguro para tratar águas superficiais com valores de turbidez em torno de 10 UNT e cor aparente inferior a 50 uC. Quando esses limites são ultrapassados demasiadamente, as carreiras de filtração tornam-se muito curtas e os mecanismos de remoção de impurezas perdem sua eficiência.

Constitui ainda, um sério problema que pode afetar o bom desempenho dos filtros lentos a presença de algas, quanto à espécie e quantidade. As algas presentes no afluente, podem obstruir rapidamente os vazios intergranulares no início da camada de areia, reduzindo drasticamente a duração das carreiras de filtração. Segundo STACIARINI (1997), as algas estão em pontos distintos do filtro e em quantidades diferentes:

- na água situada acima da camada de areia, em quantidade que pode variar desde 500 até 35000 indivíduos/mL;
- no "Schmutzdecke", podendo ser filamentosas ou não filamentosas;
- no interior da camada de areia pois, devido a sua forma, tamanho ou mobilidade, algumas espécies são capazes de penetrar no meio filtrante.

Nos ambientes aquáticos, a concentração de clorofila a que está diretamente relacionada à presença da concentração média de fósforo, que por sua vez, é um indicativo da presença de organismos fitoplanctônicos relacionam-se pela equação 1:

$$\text{Log Ccl} = 0,98 \log P - 0,70 \quad (1)$$

onde:

Ccl = Concentração média de clorofila a (mg/m³);

P = Concentração média de fósforo total (mg/L)

As algas, por constituírem o grupo de maiores inimigos dos filtros lentos, podem ter sua proliferação amenizada ou evitada, cobrindo-se o sistema de filtração com algum tipo de material escuro, os quais impedem a passagem da luz solar, fator fundamental para seu desenvolvimento.

DI BERNARDO (1993) considera os seguintes fatores que influem no desempenho da filtração lenta:

- i) qualidade da água bruta: número, tamanho e distribuição das partículas, turbidez, sólidos em suspensão, algas, coliformes, ferro e manganês, nutrientes e compostos orgânicos;
- ii) projeto: tipo de pré-tratamento (se necessário) e características das unidades, número de filtros, taxa de filtração, carga hidráulica disponível, características do meio filtrante, método de controle da taxa de filtração e nível de água no interior do filtro;
- iii) operação e manutenção: frequência e método de limpeza, tempo de amadurecimento, complementação ou reposição da areia.

A qualidade da água bruta é, portanto, a principal limitante da utilização da filtração lenta. Diversos estudos demonstraram que os sistemas de pré-tratamento apresentam-se como uma solução eficiente e econômica, propiciando condições para obtenção de água com qualidade compatível com aquela requerida para a filtração lenta.

3.5. Sistemas de Pré-Tratamento

A turbidez da água bruta é um parâmetro que dá a idéia sobre a necessidade de pré-tratamento, porém, o grau e o tipo deste depende do diâmetro dos grãos, da espessura do meio granular e da quantidade total de sólidos e matéria orgânica presentes na água a ser utilizada.

Os principais processos de pré-tratamento são: sedimentação simples, filtração através de leito do rio, galerias de infiltração, filtração em meio de pedregulho e areia, pré-filtração com escoamento horizontal, pré-filtração com escoamento vertical ascendente, pré-filtração com escoamento vertical descendente e, uso de mantas sintéticas não tecidas sobre o topo da camada de areia de filtros lentos.

A pré-filtração em pedregulho é um método simples e eficiente para remoção de sólidos devido a grande área superficial disponível para sedimentação e adsorção existente no meio granular do filtro (WEGELIN, 1991).

Os pré-filtros operam, geralmente, com taxas de filtração mais elevadas que os filtros lentos (12 a 19,2 m³/m²dia) e meio granular de maior granulometria.

3.5.1. Sedimentação Simples

A sedimentação simples é um processo no qual se produz a remoção de partículas suspensas que são mais pesadas que a água. É um dos processos mais utilizados no tratamento de águas de abastecimento e também águas residuárias. A sedimentação chama-se simples quando não se usa substância química. Os sedimentadores são capazes de separar sólidos com tamanho maior que 20 μm , enquanto as partículas menores, da ordem de 1 μm , são parcialmente removidas nestas unidades.

3.5.2. Reservatório de Água Bruta

O emprego de unidades de reservação é uma boa solução, pois, além de permitir a melhoria da qualidade da água, pode oferecer maior segurança ao sistema de abastecimento e também pode constituir uma opção de lazer para a população da região.

O tempo de armazenamento é geralmente da ordem de dois meses, porém tempos de detenção maiores que 15 dias já permitem considerável remoção de organismos patogênicos e da turbidez.

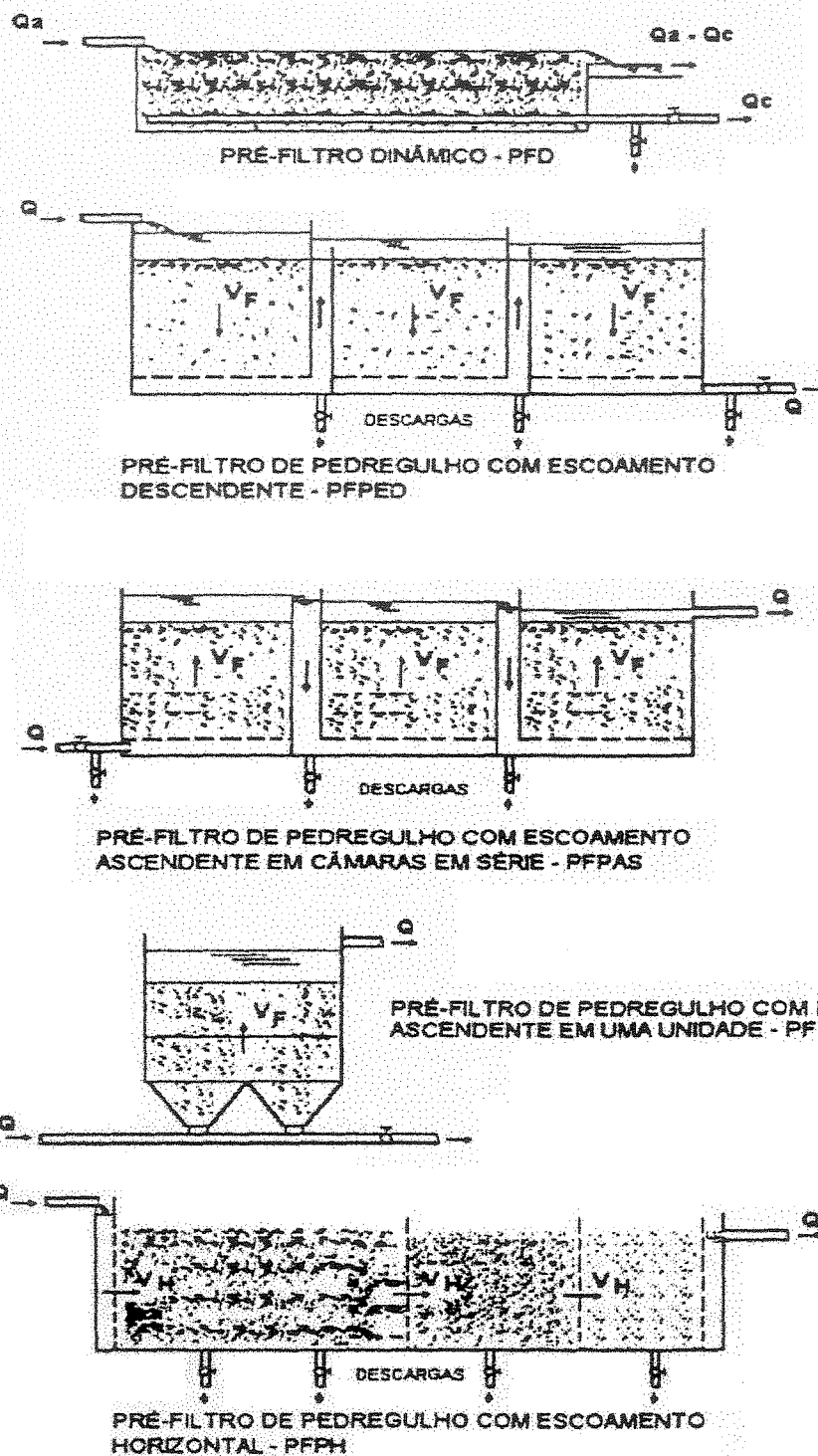
Dentre os inconvenientes que se tem com esse sistema; destacam-se: a) o tamanho do reservatório pode ser muito grande, b) crescimento excessivo de algas, que pode criar problemas na operação dos filtros lentos.

3.5.3. Pré-Filtração em Pedregulho

Os pré-filtros são alternativas de pré-tratamento desenvolvidas para redução de impurezas presentes na água bruta, melhorando sua qualidade, tornando-a compatível para servir de afluente as unidades de filtração lenta.

Segundo BRESAOLA (1990), a pré-filtração em pedregulho foi sugerida por THAN & QUANO (1977), WEGELIN (1984), PERES (1985), VISSCHER (1987) e DI BERNARDO (1988) como uma técnica adequada para pré-condicionamento da água bruta afluente aos filtros lentos.

Segundo DI BERNARDO (1993), uma estação de tratamento de água pode ser constituída de pré-filtro dinâmico, pré-filtro de pedregulho com escoamento vertical ascendente ou descendente ou com escoamento horizontal e filtros lentos. A adoção de um determinado tipo de pré-tratamento depende da qualidade da água bruta, topografia no local da captação, distância entre o local da captação e a estação de tratamento, vazão a ser captada, nível dos operadores e responsáveis pela manutenção, disponibilidade do material granular na região, etc. Na figura 3.1 são apresentados esquemas dos diferentes tipos de pré-filtros de pedregulho.



Fonte: DI BERNARDO (1999).

Figura 3.1: Esquema das diferentes unidades de Pré-Filtração em Pedregulho.

3.5.3.1. Pré-Filtro Dinâmico

Os pré-filtros dinâmicos são instalações que operam continuamente com vazão de água bruta, sendo parte dela filtrada e o restante escoada sobre a camada superior de pedregulho. Ele consiste em um filtro de pedregulho, estratificado em camadas, com granulometria grossa no fundo (12 a 25mm) e fina na superfície (3 a 6mm), localizada lateralmente no leito do manancial. Na parte inferior, existem tubulações perfuradas constituindo o sistema de drenagem. A espessura do meio granular geralmente não excede 0,5m e as taxas de filtração variam entre 12 e 24 m³/m².dia.

3.5.3.2. Pré-Filtro de Pedregulho com Escoamento Horizontal

O pré-filtro de pedregulho com escoamento horizontal caracteriza-se por ter a direção horizontal do escoamento, ao longo do qual o material granular diminui. Por isso, é possível construir uma estrutura pouco profunda e de comprimento irrestrito.

De acordo com WEGELIN (1987) citado por VERAS (1999), a unidade consiste em uma caixa com várias seções cheias de material filtrante de diferentes tamanhos, no início ao redor de 25mm e, na parte final, por volta de 4mm. A água bruta verte em uma câmara de entrada, na qual a parte sólida sedimenta e o material flotante é barrado por uma parede. Nessa parede existe uma série de orifícios pelos quais a água escoar de forma horizontal através do meio granular. A água pré-filtrada é coletada em uma câmara de saída, vertendo em um canal, a partir do qual é encaminhada ao sistema de filtração lenta.

Segundo WEGELIN (1984) citado por BRESAOLA (1990), de acordo com as investigações realizadas junto ao laboratório do International Reference Centre for Waste Disposal (IRCWD), comprovou-se que a ação predominante nesse tipo de unidade é a sedimentação.

3.5.3.3. Pré-Filtro de Pedregulho com Escoamento Vertical Descendente

Neste tipo de pré-filtração, a água bruta escoar no sentido descendente passando em camadas que vão do pedregulho mais grosso ao mais fino, onde é retida uma grande proporção de sólidos suspensos. Em diversas pesquisas realizadas, foi demonstrado que a eficiência da remoção da matéria suspensa depende em grande parte da espessura do leito filtrante e da qualidade da água bruta.

3.5.3.4. Pré-Filtro de Pedregulho com Escoamento Vertical Ascendente

Esses sistemas caracterizam-se por sua facilidade e simplicidade de operação e limpeza. São divididos em dois grupos: aqueles compartimentados em três ou quatro unidades em série (PFPAS), cada um com granulometria específica, e os que têm material granular com tamanho variado, disposto em uma única unidade (PFPAC). Possuem vantagem sobre os pré-filtros de escoamento descendente, pois o fluxo se dá sempre no sentido decrescente da granulometria, contribuindo para um melhor aproveitamento do material, menor perda de carga e carreira de filtração de maior duração. Porém, estes tipos de unidade de pré-filtração têm moderada capacidade de armazenamento de lodo e, portanto, requerem limpezas periódicas. A limpeza é realizada através de descargas de fundo realizadas abrindo-se rapidamente a válvula de descarga. São operados com taxa de filtração entre 12 e 48 m³/m²dia.

DI BERNARDO E ROCHA (1990c) pesquisaram a influência das algas no desempenho de um pré-filtro do tipo PFFAC, constituído por quatro camadas superpostas de pedregulho com as seguintes características:

Tabela 3.1: Características do meio filtrante utilizado na pesquisa.

Camadas	Espessura (cm)	Tamanho dos Grãos (mm)
Superior	40	1,42 a 2,08
Intermediária	40	2,4 a 4,8
Intermediária	40	6,4 a 12,7
Inferior	60	25,4 a 50,0

Fonte: DI BERNARDO e ROCHA (1990c).

O pré-filtro operou com taxas de filtração de 12, 24 e 36 m³/m²dia, recebendo água bruta de um manancial de superfície, com presença de algas dos grupos *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Chrysophyta*, *Cyanophyta*, *Euglenophyta*. Posteriormente, misturou-se à água bruta uma suspensão de algas das espécies *Ankistrodesmus densus* e *Melosira spp.* Os autores puderam concluir que o PFPAC foi eficiente na remoção de algas, de forma que seu efluente pode ser posteriormente utilizado como afluente de unidades de filtração lenta sem comprometimento no desempenho dessas unidades.

3.6. Mantas Sintéticas não tecidas

As diferentes formas de pré-tratamento que vêm sendo utilizadas e desenvolvidas para adequar a água bruta à tecnologia da filtração lenta, sem dúvida têm obtido remoções consideráveis de turbidez, sólidos suspensos e microrganismos. Mesmo assim, continuam sendo procuradas novas formas de pré-tratamento que apresentem outras vantagens. Vários tipos de mantas sintéticas não tecidas vêm sendo estudados desde o início da década de oitenta.

Com o objetivo de atenuar os efeitos das variações da água bruta no desempenho dos filtros lentos e também facilitar a operação de limpeza, vários trabalhos foram realizados empregando-se essas mantas no topo do leito filtrante dos

filtros lentos, onde podem ser destacados os trabalhos de MBWETTE & GRAHAM (1987), (1988), (1990a), (1990b) e DI BERNARDO e colaboradores (1990a), (1990b) e (1991b).

A aplicação da manta não tecida no topo da camada de areia concentra todo processo de purificação na própria manta e, uma vez terminada a carreira de filtração essa manta é facilmente retirada do filtro e lavada, removendo a "Schmutzdecke" nela desenvolvida. Limpa, a manta é então colocada de volta no filtro.

Além de facilitar a limpeza das unidades de filtração, as pesquisas realizadas por GHARAM e colaboradores revelaram outros benefícios no desempenho das instalações piloto de filtração lenta com o uso das mantas não tecidas, tais como:

- i) aumento de duração da carreira de filtração;
- ii) possibilidade do emprego de taxas de filtração mais elevadas;
- iii) proteção do leito filtrante contra aumentos momentâneos significativos de turbidez do afluente.

MBWETTE & GRAHAM (1990b) relatam que geralmente as mantas sintéticas são divididas em dois grupos: tecidas e não tecidas. Como as mantas tecidas possuem espessura muito fina (< 1mm), não são apropriadas para utilização na filtração lenta.

3.6.1. História, Desenvolvimento e Características dos não tecidos

Segundo REWALD (1999), por milhares de anos, a única forma conhecida de obtenção de tecidos era por tecelagem ou malharia. Recentemente, uma nova classe de estrutura têxtil tem sido desenvolvida e conhecida por têxteis não tecidos.

Estes têxteis, embora bastante diferentes em suas propriedades físicas, tem uma coisa em comum: todos usam fibras como componente base em sua construção. Na tecelagem ou malharia, os fios precisam ser produzidos anteriormente. Os não tecidos, de outro modo, são fabricados diretamente em estruturas têxteis sem a necessidade de produção dos fios. Entretanto, devido a variação drástica das técnicas de fabricação dos não tecidos, alguns podem ser fabricados a partir de somente fibras, e

outros a partir de polímeros. Para este fim, um véu de fibras é formado utilizando-se equipamentos têxteis, da indústria de papel, aerodinâmicos e consolidados através de meios mecânicos, químicos e térmicos.

Alguns nomes encontrados para designar os não tecidos são: nonwovens (inglês), nontessuto (italiano), notejido (espanhol), vliesstoffe (alemão), nontissés (francês), têxteis não tecidos (em Portugal) e outros. Em nosso país, o termo já normatizado pela ABNT é não tecidos.

É difícil estabelecer uma data para a real invenção ou aparecimento dos não tecidos. Do lado da indústria de papel, o primeiro produto a ter uma estrutura como papel foi o papiro, que apareceu no Egito, no ano de 2400 a.C. No século XV iniciou-se o desenvolvimento da indústria papelreira e em 1799, o francês Louis Robert inventou o primeiro equipamento para fabricação de papel descontínuo.

Desde 1930 iniciou-se nos Estados Unidos as primeiras experiências para fabricação de não tecidos de celulose consolidado com látex. Patentes para a produção de não tecidos foram conferidas em 1937 nos Estados Unidos à firma Chicopee e na Alemanha à firma Freudenberg. Por volta de 1957, teve-se conhecimento e observação de estruturas semelhantes a não tecidos serem fabricadas em equipamentos de fabricação de papel usando-se polpa de celulose, bambu, algodão, viscose, poliamida, vidro, poliéster e outras fibras químicas.

Do lado têxtil, a invenção do não tecido pode ser conferida à Carta Britânica n.114, concedida em 1853 à Belforb, o qual revelou o uso de cardas, esteiras de transporte, impregnação, secagem, para fabricação de mantas ou almofadas de algodão para indústrias de estofados, etc.

O processo de consolidação por agulhagem data do final do século XVIII quando a primeira agulhadeira foi produzida por William Bywater, na cidade de Leeds, Inglaterra, contudo somente tornou-se conhecida a partir de 1920.

O grande arranque para os não tecidos deu-se em 1948. A firma American Viscose agulhou véus de fibras sintéticas e desde 1949 a firma Freudenberg fabrica suas entretelas para confecção.

No início de 1960 surgiu o não tecido através da tecnologia de fabricação de papel. Como o equipamento não era apropriado, desenvolveu-se um equipamento para fabricação de não tecido por via seca.

Durante a década de 60 apareceram as primeiras patentes de consolidação do não tecido pelo processo hidrodinâmico por parte da Du Pont, processo este chamado de Spunlaced.

Durante a década de 80 desenvolveram-se o processo de sopro (meltblown), filamento contínuo de microfibra e o processo híbrido SMS (Spunbonded-meltblown-spunbonded) filamento contínuo – sopro - filamento contínuo.

A produção dos não tecidos aplica e combina tecnologia de diversas indústrias, como a têxtil, a papelaria, de couro, de plástico, podendo, a qualquer momento, surgir novas tecnologias.

Ainda segundo REWALD (1999), a produção de não tecidos pode ser descrita como abaixo:

i) Formação da Manta: a manta é formada por uma ou mais camadas de véus de fibras ou filamentos obtidos pelos seguintes processos: cardagem, fluxo de ar, deposição eletrostática, suspensão em meio líquido e fiação direta de filamentos contínuos.

A estrutura da manta pode ter fibras orientadas em uma única direção (não tecidos orientados), ou dispostas em forma cruzada, ou ao acaso (não tecidos desorientados).

ii) Consolidação e Acabamento: A manta formada pelas fibras ou filamentos pode ser consolidada por:

- processo químico: usando ligantes (resinas) que passam por secagem e polimerização;
- processo mecânico: usando agulhas que entrelaçam as fibras/filamentos;
- processo físico: usando calor ou pressão.

Portanto, a partir do processo com que são fabricados e da matéria-prima utilizada, os não tecidos possuem propriedades e aplicações nos mais diversos ramos, como por exemplo: produtos higiênicos, artigos domésticos, forrações em geral

(carpetes, decoração de paredes, etc), calçados, indústria elétrica, indústria automobilística, construção civil, filtração entre outros.

A definição correta e normatizada conforme NBR 13370 pela ABNT é: os não tecidos são estruturas planas, flexíveis e porosas constituída de véu ou manta de fibras e filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidadas por processos mecânicos (agulhagem ou costura), químicos, térmicos ou combinação destes.

Em função do número de agulhas, do diâmetro das mesmas, e da frequência com que incidem durante o processo de fabricação nos materiais utilizados, obtêm-se mantas com diferentes propriedades tais como: porosidade, massa específica, superfície específica e condutividade hidráulica.

As matérias primas usadas na fabricação dos não tecidos podem ser fibras ou filamentos naturais, artificiais ou sintéticos, dos mais diversos diâmetros e títulos, seções e comprimentos. A medida do diâmetro dos fios que constituem os não tecidos é feita através de sistema adotado no setor, designada de DTEX, que representa a massa em gramas por 10 000 m de comprimento da fibra ou filamento.

Os principais materiais que compõem as mantas não tecidas apropriadas para a filtração são os sintéticos, sendo mais utilizadas as fibras de polipropileno, poliamida e poliéster.

Segundo estudos realizados por MBWETTE & GRAHAM (1987) e (1990b), as fibras de polipropileno são as recomendáveis na fabricação das mantas usadas na filtração lenta por resistirem à abrasão, à ação de compostos químicos, como ácidos, álcalis e agentes oxidantes encontrados na água; por resistirem ao ataque de fungos e ácidos orgânicos e à ação do calor e de raios UV; por serem livres de grupos polares sendo, portanto, mais fácil sua limpeza e também por apresentarem custos relativamente baixos quando comparado aos outros materiais.

Na tabela 3.2, são apresentadas por LOES (1999) propriedades de mantas sintéticas não tecidas, valores obtidos a partir da caracterização de nove tipos de mantas sintéticas não tecidas nacionais encontradas no mercado. Com base nesse estudo é que foram escolhidas as mantas utilizadas na presente pesquisa.

Tabela 3.2: Principais propriedades de 9 tipos de mantas não tecidas nacionais.

Propriedades	máxima	mínima
Porosidade (%) (calculada)	95,70	55,05
Diâmetro médio das fibras (μm)	67.950	47.174
Massa Específica média (g/cm^3)	0,2404	0,1043
Superfície Específica (m^2/m^3)	32.588	2.530

Fonte: LOES (1999).

Segundo PATERNIANI (1991), os altos valores de porosidade das mantas sintéticas não tecidas (cerca de 80% a 90%, contra 45% de areia), proporcionam pequenas perdas de carga, aumentando, conseqüentemente, a duração da carreira de filtração, além de possuir maior volume de vazios para armazenamento das impurezas retidas. O mesmo autor afirma que a combinação dos parâmetros porosidade, superfície específica e espessura das mantas determinam a manta que melhor se adapta às condições de filtração como taxa de filtração, qualidade da água e o sistema de filtração utilizado.

Em pesquisas utilizando mantas sintéticas não tecidas PATERNIANI (1991) pôde concluir que o emprego desse material possibilita aumentos de 1,1 a 3,6 vezes na duração das carreiras de filtração. Além disso, a limpeza mostrou ser bem mais simples com o uso de mantas sintéticas, quando foi evitada a penetração de impurezas na areia.

As características e propriedades físicas das mantas sintéticas não tecidas sugerem, portanto, que são bastante adequadas para filtração de água contendo partículas sólidas em suspensão, já que não se deterioram na água e são fáceis de serem limpas, sendo de grande importância sua utilização em sistemas modulares de filtros lentos, como possibilidade de redução da camada suporte, objeto de estudo do presente trabalho.

Com relação à viabilidade econômica, pode-se dizer que o custo adicional referente à aquisição das mantas pode ser amortizado, se na instalação construída for levada em consideração a redução da espessura da camada de areia e também da camada suporte, com conseqüente ganho na carga hidráulica para desenvolvimento da perda de carga. Segundo DI BERNARDO (1991b), com a economia obtida na redução da camada de areia de 80 cm para 30 cm é possível à aquisição de três mantas para cada metro quadrado de superfície do filtro.

3.7. Conceito de Tecnologia de Baixo Custo

O conceito sobre padronização e modulação como medida de racionalização e velocidade de construção foi estabelecido no Japão em 1657 na construção de edifícios, adotando regras sobre as dimensões das edificações simplificando assim os projetos e diminuindo consideravelmente o custo e o tempo necessário à construção (RICHTER e AZEVEDO NETTO 1991).

A adoção de "soluções-tipo" permite, além da redução do custo dos projetos, uma análise mais rápida das suas características, simplificando a escolha de diferentes especificações em cada caso. Projetos modulares de instalações de tratamento de água permitem ainda:

- i) padronização de equipamentos, acessórios e de técnicas de manutenção e operação;
- ii) facilitar a fiscalização, aprovação e a contratação das obras civis;
- iii) facilitar o treinamento de pessoal para a operação com possível aproveitamento de recursos humanos em outras instalações.

Uma instalação de filtração lenta modular terá proporções geométricas definidas, permitindo que variações nas suas dimensões básicas ou adicionando-se mais unidades de acordo com a capacidade nominal requerida de volume de água a ser tratada, se faça sem prejudicar a operação normal do sistema num prazo curto e a um custo reduzido.

3.8. Resultados de Pesquisas envolvendo Filtração Lenta e Mantas Sintéticas não tecidas.

DI BERNARDO e colaboradores (1990b) realizaram uma investigação onde foram comparados filtros lentos de areia com e sem manta sintética, com camadas de areia de diferentes espessuras, para uma taxa de filtração de $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$. Para uma carga hidráulica de $0,75 \text{ m}$ destinada à retenção de impurezas, conclui-se, principalmente, que:

i) com o uso de uma manta de 5 mm de espessura, obtém-se carreiras, pelo menos, 50% mais longas, independentemente da espessura da camada de areia;

ii) a qualidade do efluente, medida pela turbidez, cor aparente, coliformes totais e ferro e manganês é praticamente a mesma, independentemente do uso de manta e da espessura da camada de areia;

iii) a manta é responsável por, aproximadamente, 90% da perda de carga total destinada à retenção de impurezas;

para as condições investigadas, houve desenvolvimento da perda de carga no início da camada de areia, o que é indesejável sob o ponto de vista de limpeza.

HELLER e MURTHA (1998) conduziram um experimento no sentido de estabelecer uma avaliação comparativa entre o desempenho de filtros lentos piloto de fluxo descendente e ascendente, especialmente em relação a indicadores físico-químicos e bacteriológicos, duração de carreira de filtração e mecanismos de purificação.

O experimento foi conduzido durante 5 meses, utilizando-se quatro unidades piloto de filtração lenta, três delas descendentes e uma ascendente, as quais foram operadas com taxas de filtração iguais a $7,2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$, $4,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$, $2,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ e $2,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ respectivamente.

Os autores constataram que a unidade ascendente apresentou eficiência na remoção de coliformes totais, *Escherichia coli* e turbidez pouco inferior em relação à verificada para as unidades descendentes, porém com relação à remoção de cor aparente e verdadeira, a unidade ascendente apresentou-se mais eficiente. Concluíram

também que na unidade ascendente a sedimentação de impurezas ocorreu no sistema de drenagem e não na superfície filtrante, prolongando significativamente a duração das carreiras de filtração e possibilitando a limpeza do filtro por descarga de fundo.

Considerando que a concentração de algas pode limitar o desempenho dos filtros lentos, conforme citado no item 3.4, AGGIO (1993) realizou um trabalho experimental em instalação piloto composta de um pré-filtro de pedregulho e areia grossa com escoamento ascendente antecedendo um filtro lento com mantas. O trabalho foi desenvolvido para avaliar o desempenho da remoção de algas existentes na água bruta, assim como quantificar as comunidades biológicas que se desenvolvem no filtro lento e no pré-filtro.

As taxas de filtração empregadas foram de 6, 12 e 36 m³/m²dia no pré-filtro e 6 e 12 m³/m²dia no filtro lento. Foram utilizadas duas mantas M₃ e uma manta M₅ cujas características são apresentadas na tabela 3.3.

A pesquisa foi dividida em duas fases: a primeira caracterizada pela utilização de água bruta natural e a segunda usando água modificada através da adição de suspensão de solo argiloso.

Tabela 3.3: Composição das mantas sintéticas não tecidas utilizadas por AGGIO.

Manta	Composição
M ₃ - Preta	68% Polipropileno 15 dtex
	32% Poliamida 17 dtex
M ₅ - Branca com Tela	15% Polipropileno 15 dtex
	40% Polipropileno 5,5 dtex
	15% Poliéster 14 dtex
	20% Poliéster 6,6 dtex
	10% Poliéster 1,8 dtex

Fonte: Adaptado de PATERNIANI (1991).

Com base nos resultados obtidos as principais conclusões foram:

- i) de acordo com a análise quantitativa das algas presentes na água bruta e nos efluentes, a densidade de células algais não trouxe problemas às unidades de filtração utilizadas;
- ii) as unidades de filtração apresentaram bom desempenho, ocorrendo uma eficiência média de remoção de algas de 85% para o pré-filtro e de 80% para o filtro lento;
- iii) a presença de mantas sintéticas no topo da camada de areia do filtro lento atuou como uma camada removedora de impurezas em suspensão, principalmente algas;
- iv) a aplicação de taxas de filtração elevadas favorece o aumento da densidade dos organismos, devido a um maior volume de matéria orgânica afluyente ao sistema;
- v) dentre as algas, as diatomáceas foram predominantes, tanto na água bruta quanto na filtrada.

DI BERNARDO e ROCHA. (1990c) realizaram um trabalho experimental com o objetivo de investigar a influência de algas na filtração lenta. A areia utilizada possuía tamanho efetivo de 0,26 mm e coeficiente de desuniformidade igual a 1,7. A taxa de filtração adotada foi de 5m/dia. Os autores verificaram que as algas provocam crescimento da perda de carga na camada de areia devido à obstrução dos vazios intergranulares, reduzindo assim, a duração da carreira de filtração.

LELAND & DAMEWOOD (1990) concluíram em sua pesquisa que a filtração lenta é uma tecnologia apropriada para comunidades de pequeno porte. O estudo de um filtro piloto mostrou que a água bruta utilizada foi facilmente tratada, resultando em completa remoção de coliformes fecais e de 95% a 100% de coliformes totais. A remoção média de turbidez nesse trabalho foi de 50%.

VISSCHER et al. (1987) afirmam que para aumentar o poder de desinfecção de um filtro lento deve-se adotar uma areia com granulometria mais fina e taxas de filtração menores. Porém, esse procedimento pode levar à diminuição da carreira de filtração.

Nos últimos anos o protozoário parasita *Cryptosporidium Parvum* tem sido reconhecido como uma significativa ameaça para o abastecimento de água potável. A resistência dos cistos de *Cryptosporidium* é alta, e normalmente, não é afetada pela

desinfecção com cloro, tendo como consequência um crescente interesse em processos de tratamento para conseguir remover e destruir tais cistos.

TIMMS et al. (1995), realizaram experiências visando estabelecer a eficácia da filtração lenta na remoção de oocistos de *Cryptosporidium*. Essas experiências foram motivadas pelo fato dos oocistos desse protozoário serem resistentes à desinfecção pelo cloro. O trabalho foi realizado junto à Estação de Tratamento de Águas de Surbiton - Londres. A área do filtro utilizado foi de 1.13 m², com profundidade da camada de areia igual a 0,5 m e taxas de filtração variando de 7,2 a 9,6 m/dia.

A água para abastecimento do filtro veio do rio Tâmesa com passagem direta por uma série de três filtros grosseiros de pedregulho com escoamento horizontal. Foi adicionada à água bruta uma concentração de 4000 oocistos de *Cryptosporidium* / L.

Os resultados obtidos por TIMMS et al. (1995) puderam levar às conclusões de que a filtração lenta é uma tecnologia altamente eficiente para remoção de cistos de *Cryptosporidium* da água. Nessa investigação a concentração foi reduzida de 4000 oocistos/L para 0,8 oocistos/L, redução superior a 99,997%. Os autores observaram também, que todos os cistos ficaram retidos nos 2,5 cm iniciais do meio filtrante.

SANCHEZ (1996) conduziu um experimento na Colômbia cujos objetivos foram:

- i) conhecer os problemas que a qualidade da água filtrada podem apresentar após a remoção do meio filtrante por ação da limpeza;
- ii) avaliar a influência da limpeza por raspagem e por arado sobre o período de amadurecimento dos filtros;
- iii) entender a relação entre a eficiência de tratamento, limpeza do filtro e período de amadurecimento.

A instalação piloto foi composta por duas unidades de filtração lenta em areia (FLA), antecidas de filtros grossos ascendentes em camadas (FGAC) e filtros grossos dinâmicos (FGD). Duas instalações em escala real, com limpeza por raspagem também foram avaliadas. As unidades piloto foram alimentadas com água bruta proveniente do rio Cauca e as estações de tratamento em escala real foram utilizaram água do rio Pance e foram operadas com taxa de $2,88 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}$. Para o estudo a nível de laboratório, os filtros lentos foram construídos em paralelo (FL1 e FL2), sendo que a unidade 1 avaliou-se a limpeza por raspagem e no segundo caso, por arado. As características dessas unidades de filtração estão na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Características dos filtros utilizados na pesquisa.

Características	Valor
Diâmetro	2 m
Altura Total	2,10 m
Altura do Leito Filtrante	1 m
Altura da Camada Suporte	25 cm
Perda de Carga Disponível	70 cm
Borda Livre	15 cm
Taxa de Filtração	$3,6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}$
Tamanho Efetivo do Meio Filtrante (D_{10})	0,15 mm
Coeficiente de Desuniformidade (D_{60}/D_{10})	2,4
Porosidade do Meio Filtrante	0,48

Fonte: SANCHEZ (1996).

Os filtros piloto operaram 110 dias e um total de duas limpezas foram analisadas, por unidade. Nas instalações em escala real, realizou-se somente uma

limpeza. As amostras foram coletadas simultaneamente nos diferentes pontos do sistema (afluente e efluente dos filtros lentos), antes e depois de cada limpeza. As principais conclusões descritas pelo autor são as seguintes:

i) depois da raspagem, o FLA 1 apresentou períodos de amadurecimento em coliformes fecais de 120 e 142 horas (com afluentes entre 1195 e 1368 UFC/100mL) e em turbidez de 120 e 160 horas (com afluentes menores que 27 uT). O FLA 2, operando com a mesma taxa de filtração, registrou períodos de amadurecimento em coliformes fecais de 116 e 86 horas (com afluente entre 1510 e 1261 UFC/100mL) e turbidez de 124 e 72 horas (com afluentes menores que 27 uT e 7 uT). As estações registraram amadurecimento em coliformes de 0 e 39 horas (com afluentes entre 142 e 447 UFC/100mL) e em turbidez de 17 horas (com afluentes menores que 2,5 uT). Pode-se concluir, então que o período de amadurecimento têm relação direta com a qualidade da água afluente aos FLA;

ii) o amadurecimento depende da população de organismos remanescentes nos filtros depois da limpeza, da técnica utilizada e da idade do meio filtrante;

iii) a limpeza por arado foi mais vantajosa pois apresentou melhores condições biológicas, com menores períodos de recuperação de organismos como algas e protozoários;

iv) em nenhum momento a limpeza das unidades de pré-tratamento deverá coincidir com a limpeza dos filtros lentos.

MURTHA e HELLER (1999), investigaram o desempenho de filtros lentos em relação à profundidade do leito filtrante. Os resultados obtidos mostraram elevada remoção de sólidos e bactérias nos 30 cm iniciais do leito filtrante, sendo que, para a extensão restante, foram observadas apenas variações poucas significativas. Este desempenho foi observado para todos os parâmetros monitorados, indicando a possibilidade de redução da espessura útil do leito filtrante de 75cm para um valor limite de 40cm, levando em considerações a eficiente redução dos indicadores básicos de qualidades da água.

Muitas pesquisas foram realizadas a fim de se encontrar as características mais adequadas da areia que constitui o meio filtrante nos filtros lentos. Tamanho dos grãos entre 0,08 e 1,0 mm; tamanho efetivo entre 0,15 e 0,30 mm e coeficiente de

desuniformidade menor que 5,0 (preferencialmente entre 2 e 5), são características mais recomendadas na literatura.

ESCOBAR (1995) desenvolveram um trabalho de pesquisa com o fim de verificar a influência do coeficiente de desuniformidade na eficiência da filtração lenta. Os autores estudaram quatro tipos de areia, todas tendo o mesmo tamanho efetivo da ordem de 0,2 mm, porém, com coeficientes de desuniformidade diferentes e variando de 2,2 a 4,3. Os ensaios foram conduzidos em filtros com leito filtrante de 70 cm de espessura e taxas de filtração variando de 3 a 12 m³/m²dia. Os autores constataram que a penetração de impurezas no leito filtrante resultava tanto mais profunda quanto maior era o coeficiente de desuniformidade da areia empregada.

3.8.1. Utilização de Mantas não tecidas na Pré-Filtração

RUIZ BOJORGE (1996) investigou o desempenho de mantas sintéticas não tecidas utilizadas em pré-filtros de pedregulho e areia grossa com escoamento vertical. O experimento foi realizado em instalação piloto constituída de duas unidades de pré-filtração, uma delas com mantas dispostas no topo do meio granular e a outra, sem mantas. As taxas de filtração empregadas foram de 12, 24 e 36 m³/m² dia e as mantas utilizadas possuíam diferentes características. Os parâmetros analisados no afluente e efluente das unidades foram: turbidez, cor aparente, pH, ferro, manganês total. NMP de coliformes totais e número de partículas. As principais conclusões obtidas foram:

- i) a utilização de mantas sintética nos pré-filtros contribuiu para melhorar a qualidade da água bruta;
- ii) a utilização das mantas sintéticas nos pré-filtros permite o uso de taxas de filtração mais elevadas;
- iii) a eficiência de remoção de turbidez, cor aparente, coliformes totais e ferro total foi sempre menor na unidade que não possuía mantas;

vi) o pré-filtro com mantas, independente do tipo e número destas, apresentou maior eficiência de remoção de partículas na faixa de tamanho médio de 6,53 a 12,70 μm , geralmente indicadora de cistos de *Giardia*.

3.8.2. Uso da Filtração Lenta para Tratamento de Efluentes

A filtração lenta tem, atualmente, aplicabilidade na questão do reuso de águas residuárias, que vem concretamente poupar considerável volume de água potável, já que, para fins não potáveis, pode-se usar água de qualidade inferior, como por exemplo, efluentes de tratamento secundário.

FAROOQ e AL-YOUSEF (1994), desenvolveram um estudo com o objetivo de determinar, em escala piloto, uma faixa apropriada de tamanho efetivo de areia para ser utilizada em filtros lentos, monitorando a profundidade do leito filtrante e avaliando também a eficiência do sistema de tratamento de esgotos.

A primeira fase do estudo empregou areia de tamanho efetivo 0,31 mm e coeficiente de desuniformidade de 2. Na segunda fase foi utilizada areia mais grossa, com tamanho efetivo igual a 0,56 mm e coeficiente de desuniformidade igual a 1,64. Em cada fase o filtro apresentou profundidade inicial da camada de areia de 140-145 cm, a qual foi sucessivamente abaixando para 135, 130 e 55 cm depois que a maturação do filtro foi alcançada.

O filtro foi operado com uma taxa de filtração de 0,16 m/h e vazão de 2L/min ao longo de ambas as fases.

A duração total desse estudo foi de onze meses e meio, o qual incluiu 8 meses para o estudo da areia grossa e três meses e meio para a areia fina. A areia grossa com tamanho efetivo = 0,56 mm e profundidade de 55 cm resultou em longas durações de operação do filtro, quando comparada a areia fina; 84 dias contra 26 dias.

As seguintes conclusões apresentadas pelo autor são:

i) o desenvolvimento da perda de carga foi extremamente pequeno durante o período inicial de operação do filtro, o qual mais tarde cresceu exponencialmente com a maior perda de carga ocorrendo no topo da camada biológica.

ii) a turbidez do efluente ao longo do estudo para ambas areias (fina e grossa) foi bem menor que 1,0 UTN com turbidez afluente variando de 1,0 a 6,0 UTN. A porcentagem de remoção de turbidez variou de 88% a 95% para todas as areias e profundidades utilizadas.

iii) boa remoção de coliformes foi obtida; a porcentagem de remoção para a areia fina diminuiu de 99% para 96% e 93% conforme a profundidade da camada de areia diminuiu de 135 para 105 e 55 cm respectivamente.

iv) foi encontrado que a remoção de turbidez e coliformes diminuiu com a diminuição da profundidade da camada de areia ou aumento do tamanho do grão. Baseado nisto, pode-se sugerir que a areia grossa com certa profundidade pode ser usada em contraste a pequena profundidade da areia fina para se obter a eficiência desejada. Embora as areias grossa e fina apresentaram similares taxas de remoção, a areia grossa resulta em carreiras de filtração mais longas (84 dias) contra 9 a 26 dias no caso das areias finas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da Instalação Piloto

A instalação piloto foi montada nas dependências do reservatório de água localizado no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. Do reservatório, a água seguia, por bombeamento, para uma caixa de distribuição e, em seguida para a unidade de pré-filtração em pedregulho de escoamento ascendente. O controle da vazão afluyente ao pré-filtro era realizado através de um rotâmetro instalado na tubulação de entrada de água da caixa de distribuição.

O efluente do pré-filtro seguia, por gravidade, para a caixa de distribuição do afluyente aos três filtros lentos, composta de três tubos de PVC com orifícios de $\phi = 5\text{mm}$.

O controle da vazão afluyente aos filtros foi realizado através da variação da altura do orifício de descarga livre localizado em cada um dos tubos de PVC da caixa de distribuição. Na figura 4.1 é apresentado um esquema geral da caixa de distribuição.

A altura (h) do orifício em relação ao nível de água da caixa para cada taxa de filtração empregada foi calculada através da equação 2:

$$Q = Cd.A\sqrt{2gh} \quad (2)$$

onde:

Q= vazão (m^3/s)

Cd= Coeficiente de descarga

A= área do orifício (m^2)

g= aceleração da gravidade (m^2/s)

h= altura do orifício em relação ao nível de água dentro da caixa de distribuição (cm).

Da caixa de distribuição, o afluente seguiu aos filtros lentos em tubulações de PVC de ½ "de diâmetro.

Nos ensaios 1 e 2, os quais foram realizados antes da instalação do pré-filtro, a água do reservatório seguiu diretamente para a caixa de distribuição de vazão aos filtros lentos.

As figuras 4.2 e 4.4 mostram a foto e o esquema geral da instalação piloto, respectivamente. Outros detalhes das unidades constituintes da instalação piloto podem ser vistos nas figuras 4.3 e 4.5.

O sistema de coleta do efluente também foi constituído de tubos de PVC de ½" de diâmetro, os quais tinham origem junto ao registro do sistema de drenagem e seguiam até 10 cm acima da camada de areia, evitando assim a ocorrência de pressão negativa e formação de bolhas de ar na camada filtrante das unidades de filtração. O sistema de coleta pode ser visto na figura 4.6.

As quatro unidades constituintes do sistema (pré-filtro e filtros lentos) foram constituídas de caixas de plástico PEMD rotomoldadas com as seguintes dimensões: altura útil 1200mm, diâmetro igual a 600mm. As caixas possuíam ainda fundo cônico onde estava instalado o sistema de drenagem, constituído por uma grade metálica.

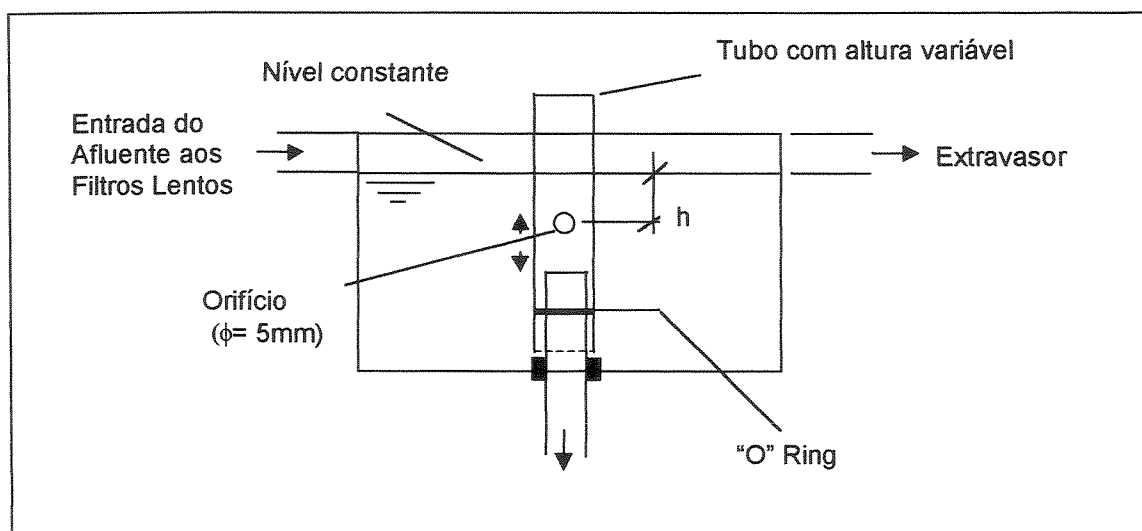


Figura 4.1: Esquema Geral da Caixa de Distribuição do Afluente aos Filtros Lentos

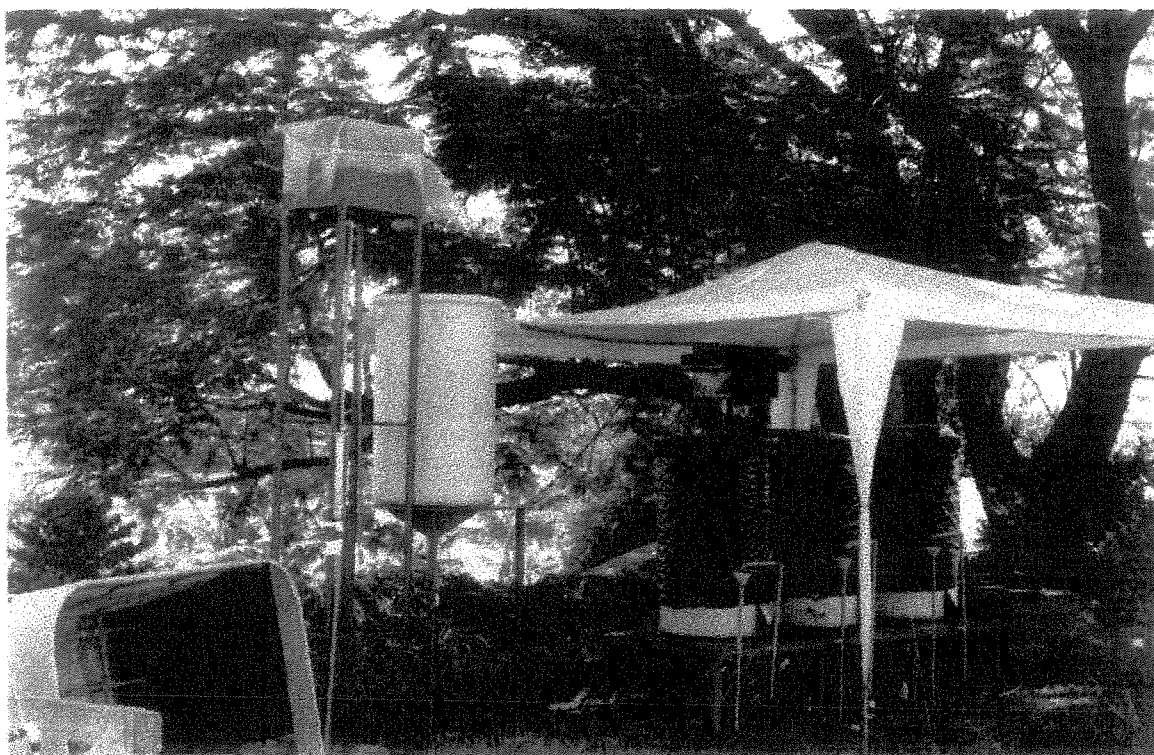


Figura 4.2: Foto da Instalação Piloto.

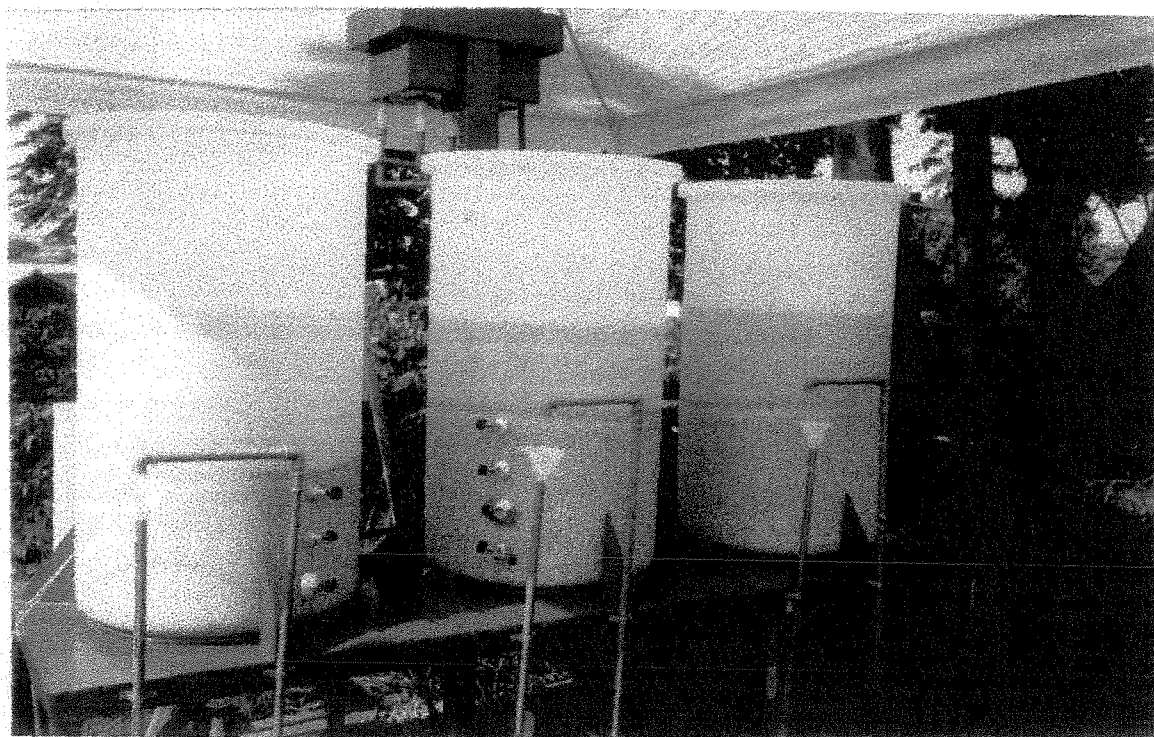


Figura 4.3: Filtros Lentos antes da cobertura e revestimento com a lona escura.

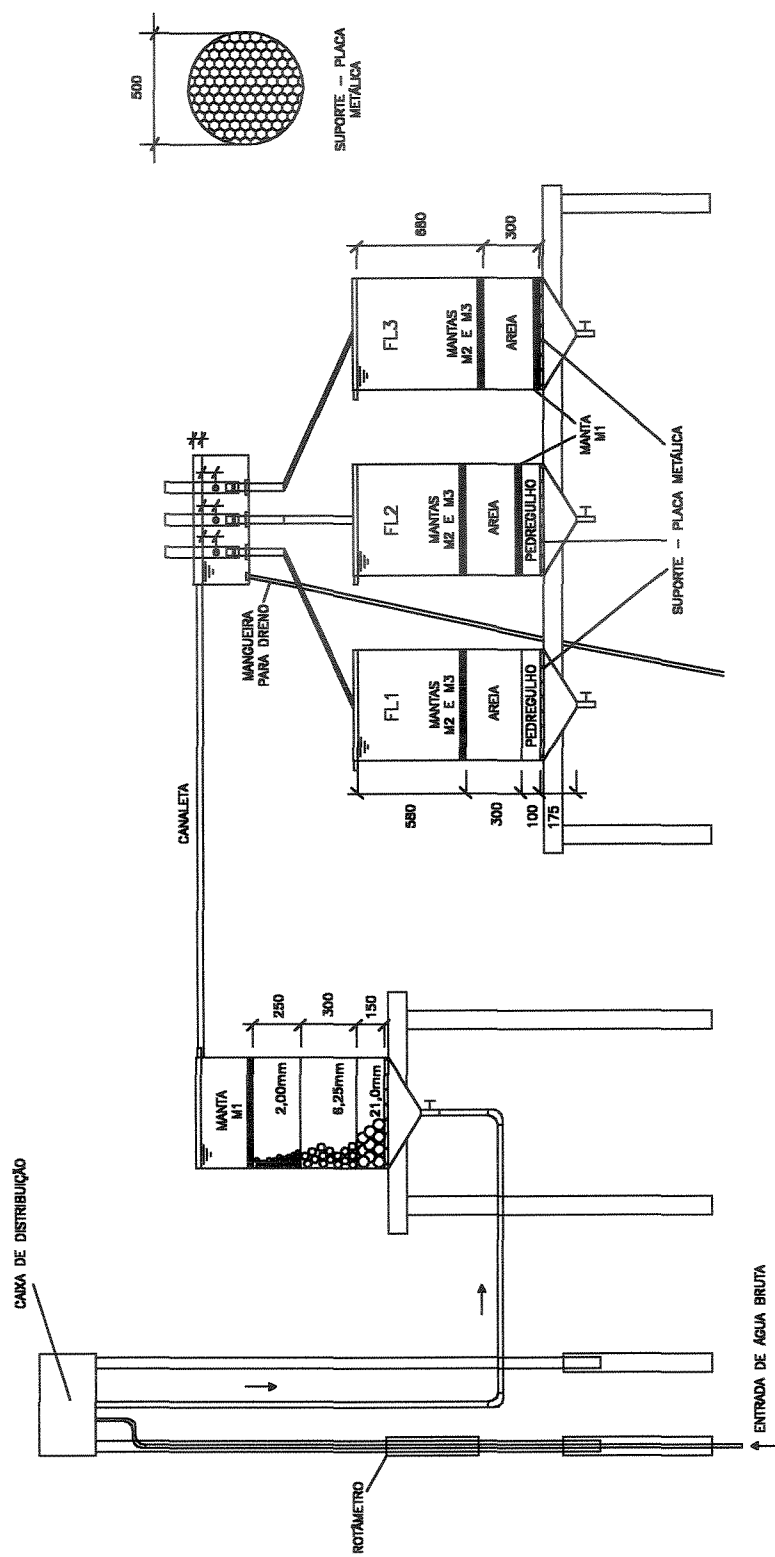


Figura 4.4: Esquema Geral da Instalação Piloto.

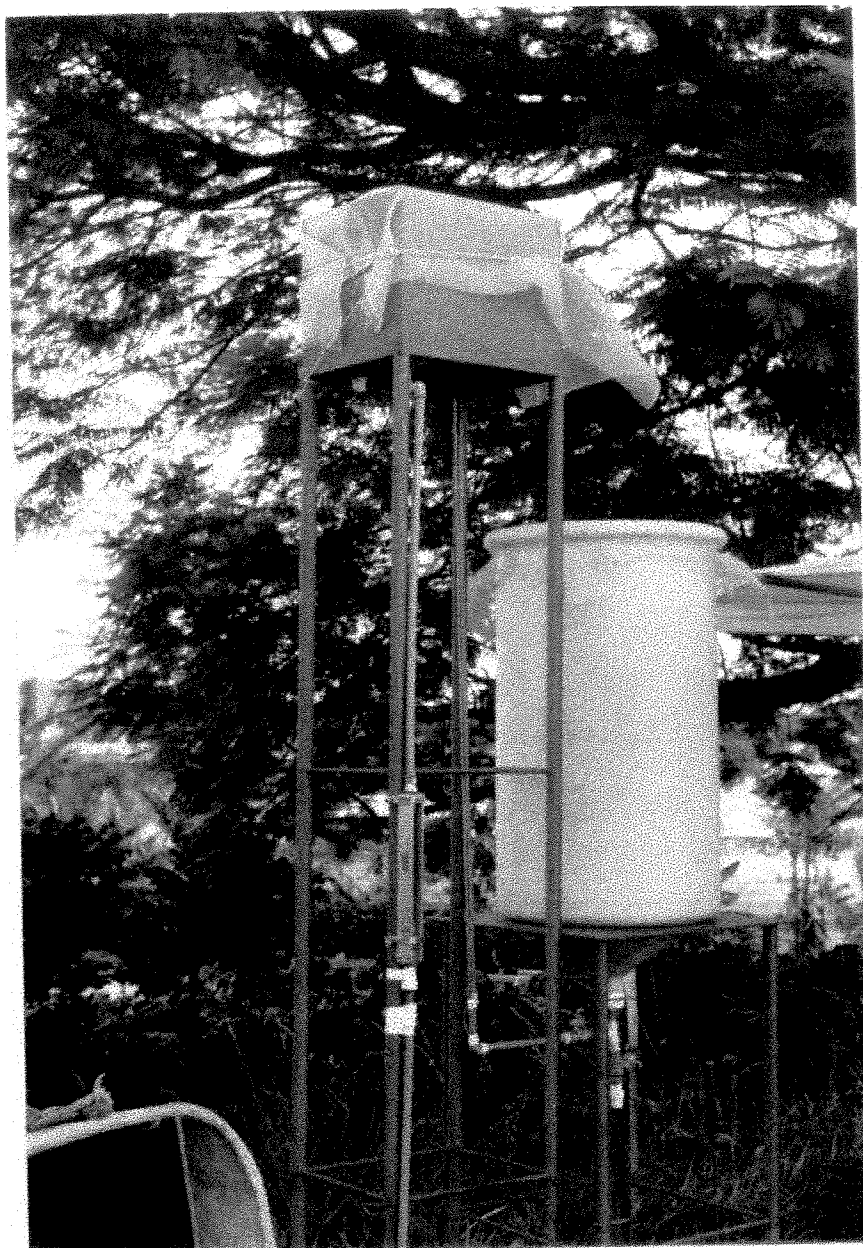


Figura 4.5: Detalhe da Caixa de Distribuição de Água à unidade de Pré-Filtração em Pedregulho.

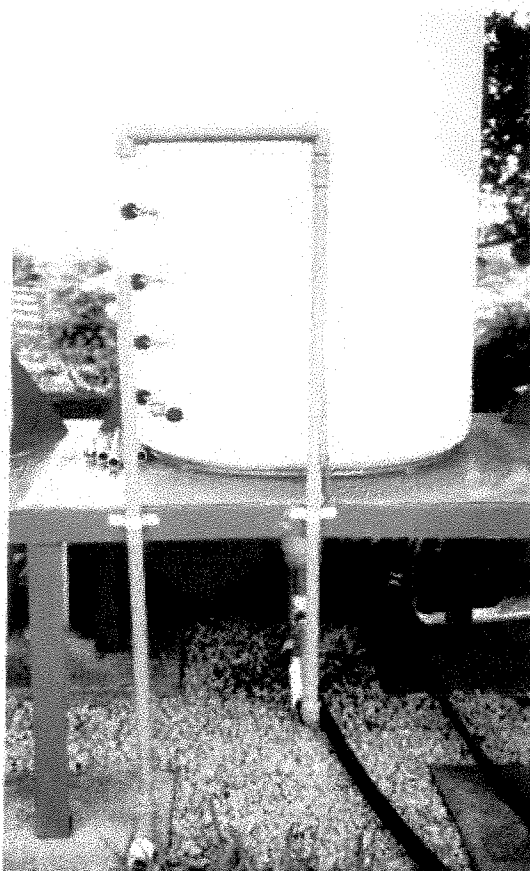


Figura 4.6: Detalhe do sistema de coleta de efluente dos filtros lentos.

4.2 Seleção e Preparação do Meio Filtrante

4.2.1 Seleção da Areia e Análise Granulométrica

Diante da proposta do presente trabalho, a elaboração de um sistema modular de filtração lenta utilizando-se materiais facilmente encontrados no mercado (materiais locais) e sua viabilidade técnica e operacional para o tratamento de águas em comunidades rurais, a areia escolhida para compor o meio filtrante das unidades de

filtração lenta foi a areia grossa de construção civil por ser um tipo de areia encontrada facilmente em qualquer região.

Para que fossem conhecidas as características da areia escolhida, tais como: tamanho dos grãos, tamanho efetivo (tamanho da peneira na qual passa 10% em peso de uma amostra representativa da areia) e também o coeficiente de desuniformidade (definido como D_{60}/D_{10} , sendo D_{60} o tamanho da peneira que passa 60% em peso da amostra representativa da areia), pois são essas as características que definem a eficiência do meio filtrante na retenção de maiores ou menores quantidades de impurezas, foi realizada a análise granulométrica da areia.

A análise granulométrica consistiu na passagem de uma quantidade conhecida de areia (1Kg) por diversas peneiras com aberturas decrescentes dispostas em um aparelho vibrador por um tempo previamente determinado. Terminado o tempo de agitação da areia (15 minutos), a quantidade de areia retida em cada peneira foi pesada e esses valores anotados para posterior construção da curva granulométrica característica dessa areia (figura 4.7).

Na primeira análise granulométrica foram utilizadas 10 peneiras cujas aberturas são listadas a seguir: 1,00mm, 0,84mm, 0,297mm, 0,250mm, 0,149mm, 0,125mm, 0,105mm, 0,074mm, 0,053mm.

Para adequar a areia as características recomendadas para a filtração lenta fez-se necessário, antes do segundo ensaio granulométrico passar a areia pela peneira com abertura de 1mm a fim de remover os grãos maiores, adequando assim a areia às características recomendadas para seu uso na filtração lenta.

4.2.2 Lavagem da Areia e do Pedregulho

A lavagem da areia foi realizada em uma unidade simples, constituída de um galão de plástico de 50L. A água para lavagem entrava pela parte inferior e era distribuída por um sistema de canalizações de PVC de ½' perfuradas. Sobre essas

canalizações, uma camada suporte composta de brita 1 , auxiliava a distribuição da água para lavagem.

A aplicação da água para lavagem era feita por meio de uma mangueira conectada a uma torneira. Como a água chegava com alta pressão não foi necessária a utilização de bomba centrífuga.

A areia era colocada dentro da unidade em pequenas quantidades (cerca de 1Kg) e a torneira aberta, promovendo a entrada da água no sentido ascensional e assim a fluidificação dos grãos de areia.

Todo cuidado foi tomado para que não fossem carreados, juntamente com a água suja, grãos de areia mais finos pois isso reduziria o coeficiente de desuniformidade (CD), alterando assim as características da areia. Detalhes da unidade destinada a lavagem da areia e também da seqüência de lavagem podem ser vistos nas figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11, respectivamente.

A areia limpa era distribuída em bandejas de alumínio e levada a estufa para que fosse seca. O período de secagem da areia era de 24 horas sob temperatura de 105°C.

Areia recomendada para Filtração Lenta

Areia Grossa de construção civil

Areia Grossa de construção civil passada pela peneira
de 1mm

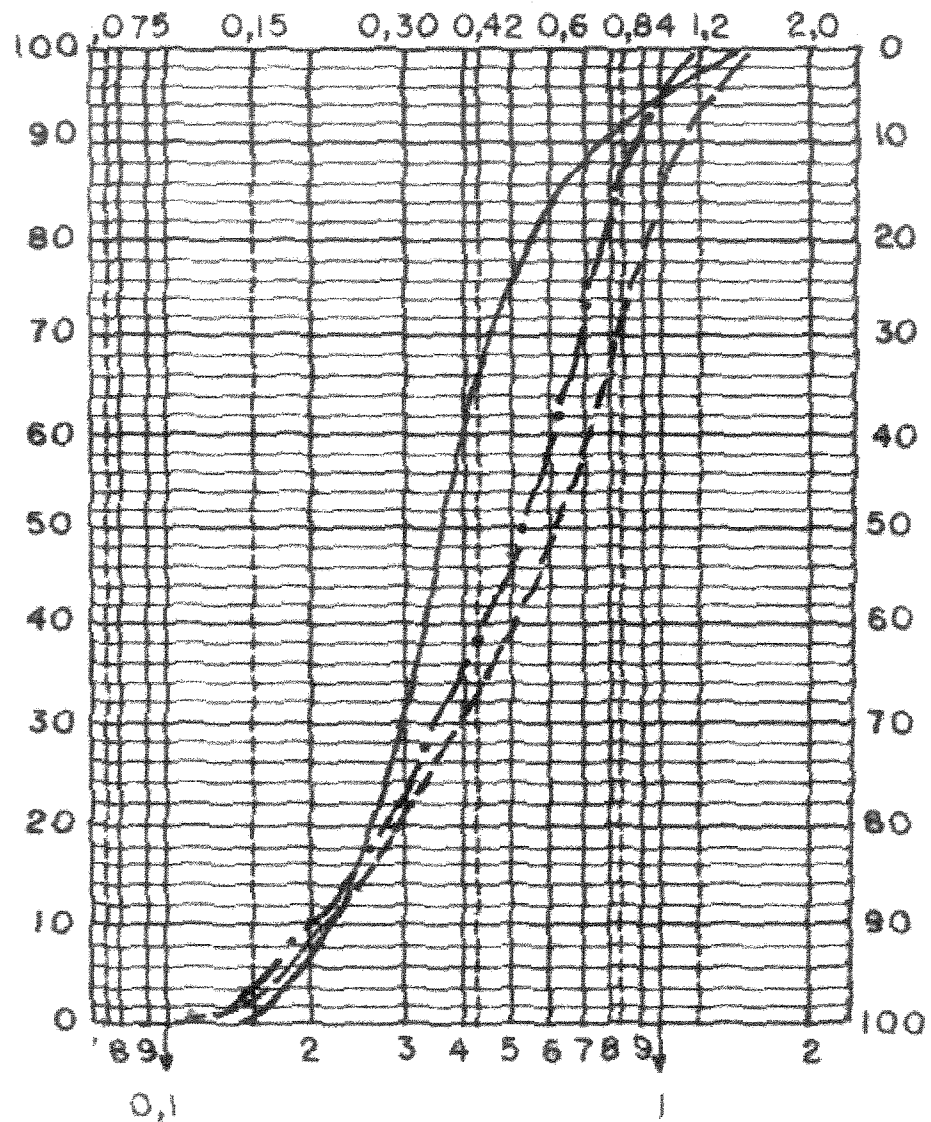
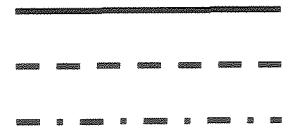
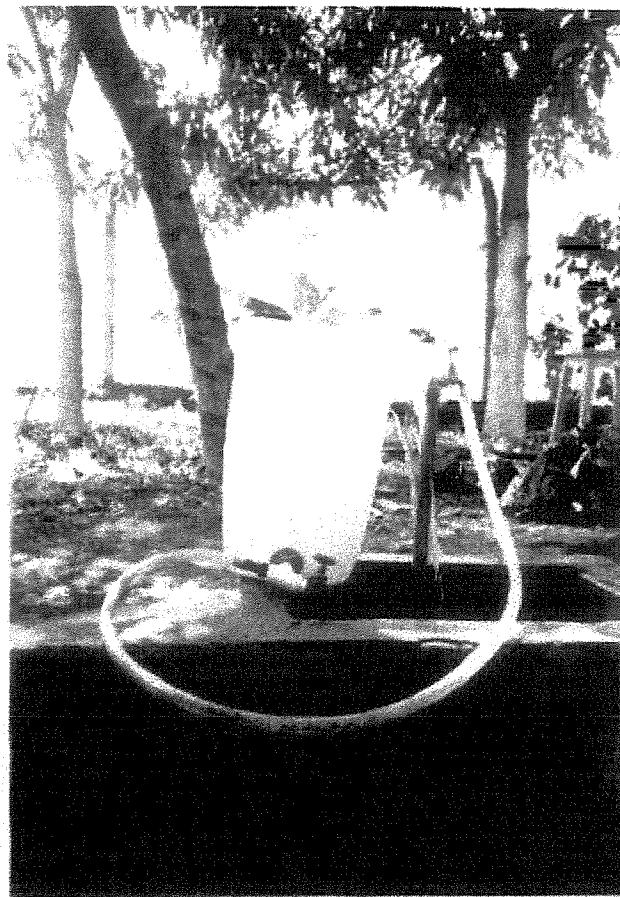
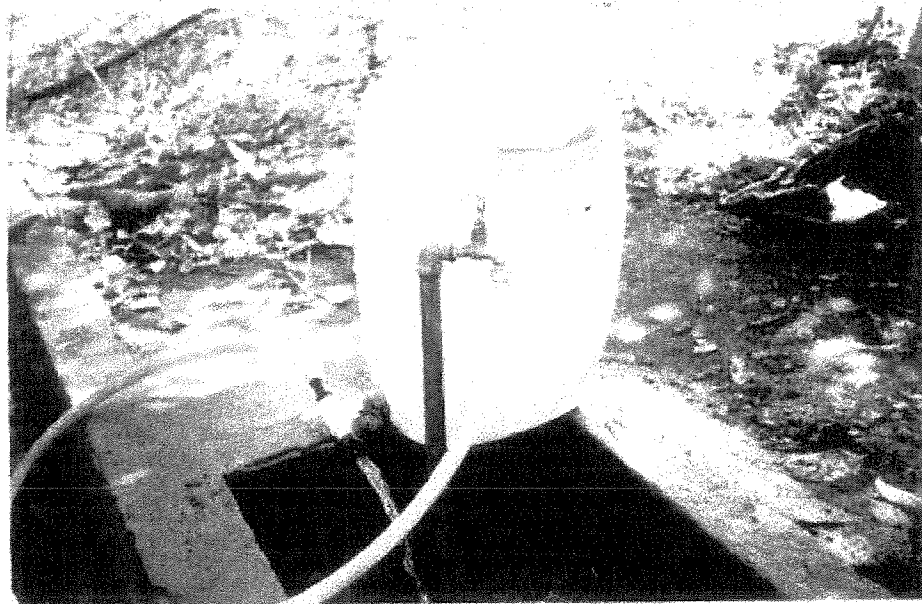


Figura 4.7: Curva de Distribuição Granulométrica das Areias.



(a)



(b)

Figura 4.8 (a) e (b): Detalhe da unidade construída para a lavagem da areia.

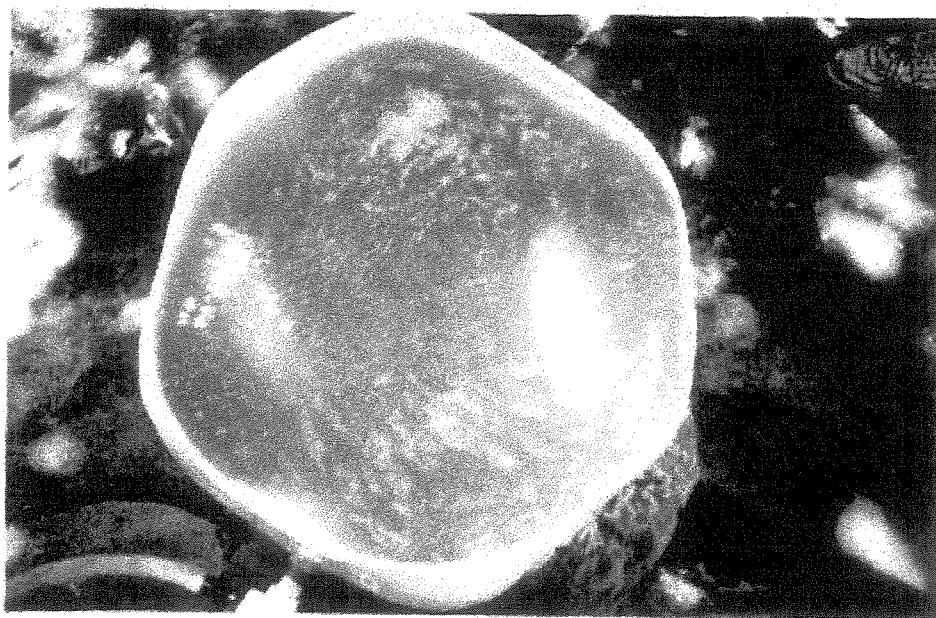


Figura 4.9: Detalhe da água suja saindo da areia durante o processo de lavagem.

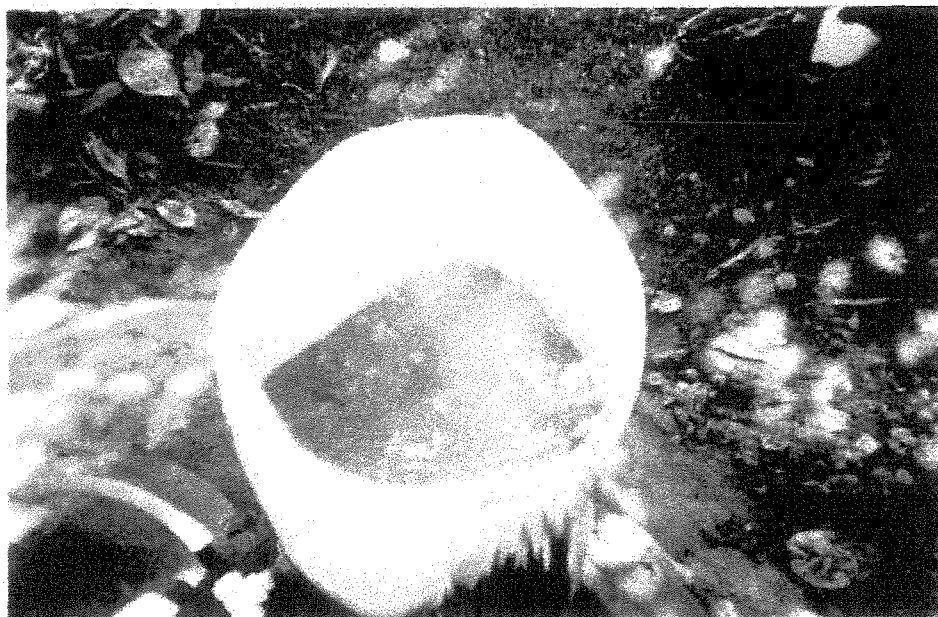


Figura 4.10: Detalhe da água já escoando limpa, após decorrido certo tempo de lavagem.

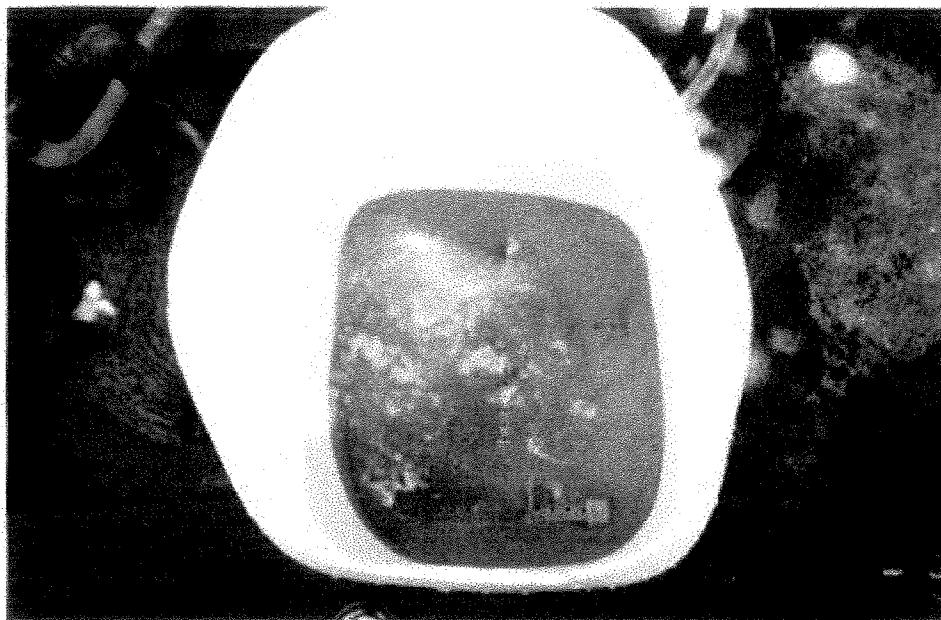


Figura 4.11: Detalhe do final da lavagem, água já sendo drenada para retirada da areia limpa.

Terminado o trabalho com a areia, iniciou-se a separação dos sacos de pedregulho que possuíam a mesma identificação granulométrica. Cada conjunto foi lavado para que fosse retirada toda a poeira. A lavagem foi feita manualmente, colocando-se certas quantidades de pedregulho sobre uma peneira e deixando que a água, sob alta pressão, escoasse sobre os mesmos.

Os pedregulhos limpos foram submetidos ao mesmo procedimento de secagem da areia.

4.2.3 Seleção das Mantas Sintéticas não tecidas

As mantas sintéticas não tecidas foram selecionadas com base em estudo feito por LOES (1999).

O autor caracterizou diferentes tipos de não tecidos através da determinação de suas principais propriedades físicas, tais como: porosidade, massa específica, superfície específica, espessura, etc.

Dos nove tipos de não tecidos estudados pelo autor, foram selecionados três para serem utilizados na pesquisa, denominados M1, M2 e M3, com base nos valores de porosidade e superfície específica, parâmetros esses de extrema importância pois estão relacionados com o potencial da manta para o acúmulo de impurezas presentes na água e com o mecanismo de adsorção respectivamente. Segundo PATERNIANI (1991) a combinação desses parâmetros determina qual a manta que melhor se adapta às condições de filtração como taxa de filtração, qualidade da água e o sistema de filtração utilizado.

As mantas não tecidas foram utilizadas no topo da camada de areia das três unidades de filtração lenta (mantas M2 e M3), constituindo a camada suporte de duas dessas unidades (manta M1) e, também no topo da última camada de pedregulho da unidade de pré-filtração (manta M1).

A composição e propriedades das mantas sintéticas não tecidas, utilizadas na presente pesquisa, são apresentadas na tabela 4.3.

4.3 Sistema de Filtração

Cada filtro foi constituído por 30 cm de espessura de camada de areia grossa de construção civil passada pela peneira de número 18 da série americana (1mm) com mantas não tecidas (M2 e M3) instaladas no topo desta. Nessas condições, a areia apresentou características granulométricas bastante próximas àquelas geralmente utilizadas na filtração lenta (ver figura 4.7). Os filtros foram diferenciados entre si pela espessura da camada suporte e pela presença ou não de manta não tecida nesta camada suporte. As características da camada suporte para cada uma das unidades de filtração são mostradas na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Características da camada suporte das unidades de filtração.

Filtro	Camada Suporte		
	Granulometria do Pedregulho (mm)	Espessura	
FL1	2,00 a 6,25	10 cm	Sem manta
FL2	6,25 a 21,0	10 cm	M1
FL3	----	----	M1

As características granulométricas da areia que constituiu o meio filtrante das unidades de filtração são listadas a seguir: tamanho efetivo igual a 0,25mm, coeficiente de desuniformidade igual a 2,4 e tamanho dos grãos variando entre 0,053 a 0,85mm.

O pré-filtro foi constituído de caixa de plástico PEMD rotomoldada com as seguintes dimensões: altura útil 1200mm, diâmetro igual a 600mm, possuindo três camadas de pedregulho e manta sintética não tecida (M1) instalada no topo da última camada. As características do meio granular do pré-filtro são apresentadas na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Características do meio granular da unidade de Pré-Filtração.

Camadas	Granulometria do pedregulho (mm)	Espessura da Camada (cm)	Manta
1	6,25 a 21,0	25	M1
2	2,00 a 6,25	30	----
3	2,00	15	----

Tabela 4.3: Propriedades e Composição das mantas sintéticas não tecidas.

Propriedades	Mantas		
	M1	M2	M3
Porosidade (%)	93.81	95.70	62.84
Massa Específica (g/cm ³)	0.1464	0.1291	0.1328
Superfície Específica (m ² /m ³)	3.645	2.530	26.936
Gramatura (g/m ²)	300	380	450
Espessura (mm)	2	3	5
Diâmetro médio das Fibras (µm)	67,950	67,950	55,179
Composição	100%	100%	100%
	Polipropileno	Polipropileno	Poliéster

Os pedregulhos juntamente com a areia foram levados até o reservatório, local da instalação, sendo colocados dentro das unidades correspondentes (ver tabelas 4.1 e 4.2) com o auxílio de baldes.

A colocação da areia nas unidades de filtração lenta também foi realizada com auxílio de baldes até que fosse completada a altura de 30 cm.

4.4 Instalação das Mantas

Na figura 4.12 é mostrado o esquema da fixação das mantas no topo da camada de areia dos filtros lentos; as mantas foram recortadas em forma circular com diâmetros ligeiramente maiores que o diâmetro dos filtros. A fixação foi efetuada de forma a garantir a não ocorrência de curto circuito, ou seja, que o afluente não percolasse entre a parede interna da unidade e as mantas. As mantas foram fixadas através de arcos de polietileno com diâmetro ligeiramente menor que o diâmetro interno

das unidades. Estes arcos pressionavam as mantas contra a parede interna dos filtros, evitando caminhos preferenciais nessa região.

A manta não tecida constituinte da camada suporte do FL2 foi colocada sobre a última camada de pedregulho e sua fixação foi feita pela camada de areia colocada sobre a mesma. Já a manta do FL3 cuja função era a de camada suporte, foi instalada do mesmo modo descrito para as mantas instaladas no topo do leito filtrante, porém o arco de polietileno foi colocado de forma a encaixar na grade metálica constituinte do sistema de drenagem, permitindo assim uma melhor fixação da manta.

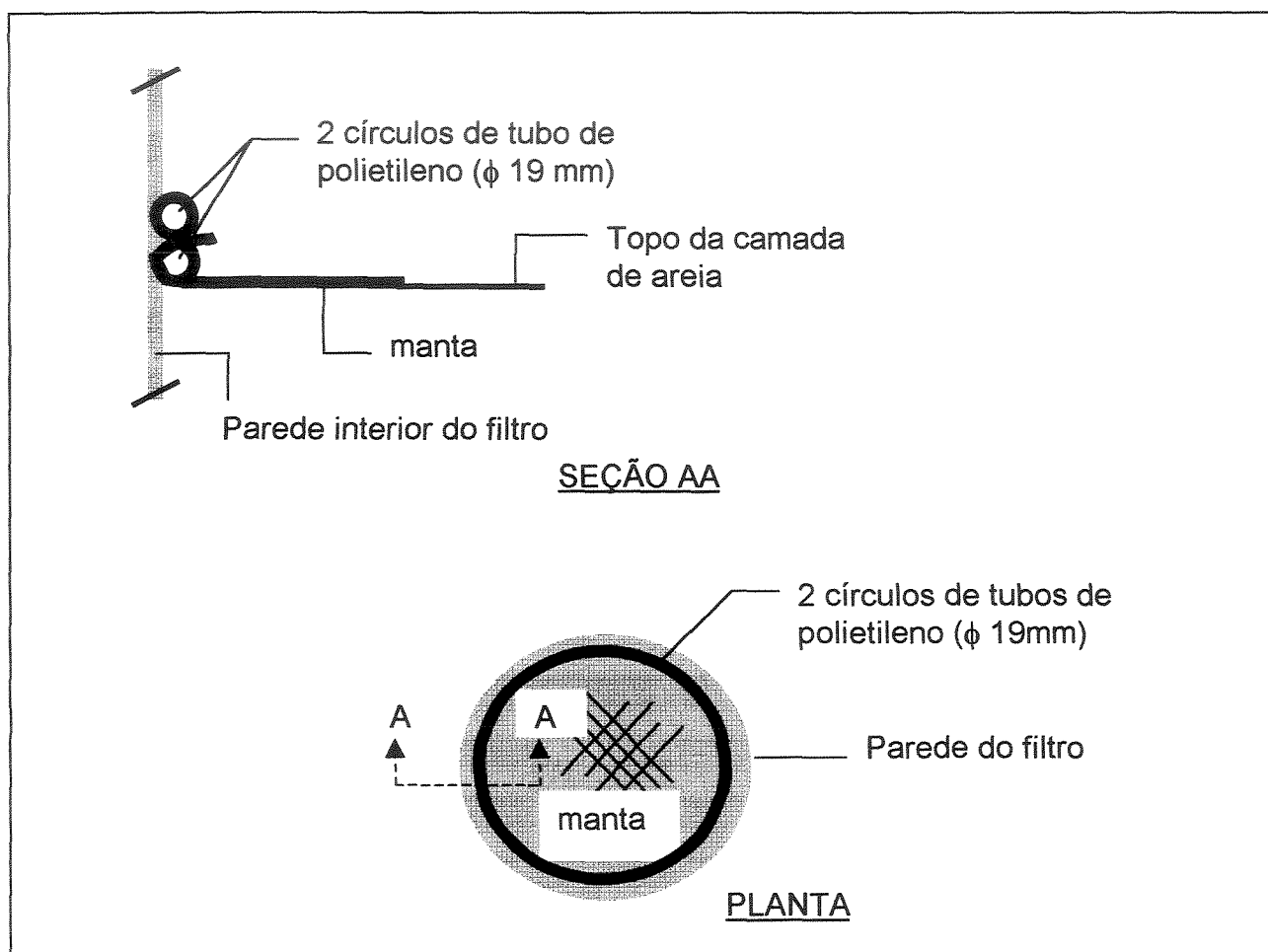


Figura 4.12: Esquema ilustrativo da fixação das mantas nas unidades de filtração.

4.5 Operação das Unidades

Os ensaios foram realizados para diferentes taxas de filtração, conforme mostrado na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Esquema dos ensaios realizados.

Ensaio	Repetição	Taxa de filtração nos 3	Taxa de filtração no Pré-filtro
		Filtros lentos (m ³ /m ² .dia)	quando empregado (m ³ /m ² .dia)
1	1a	3	sem pré-filtro
2	2a	3	sem pré-filtro
3	1a	6	20
4	2a	6	20
5	3a	6	20
6	1a	3	9
7	2a	3	9
8	3a	3	9
9	1a	9	30
10	2a	9	30
11	3a	9	30

Para cada taxa de filtração foram efetuados três ensaios com o objetivo de garantir maior confiabilidade aos resultados. Os dados foram submetidos a tratamento estatístico com auxílio do programa SANEST.

Nos filtros lentos a carreira de filtração era iniciada com a introdução de água no sentido ascendente, através da tubulação de saída (sistema de drenagem). Essa operação era realizada lentamente, para evitar a estratificação do meio filtrante, até que o nível d'água cobrisse as mantas. Após esse procedimento, calibrava-se a vazão afluente volumetricamente, permitindo o início de operação do filtro.

A carreira de filtração era considerada encerrada quando a perda de carga atingia a altura máxima disponível para filtração 600 mm nos filtros lentos 1 e 2 e 680 mm no filtro lento 3, momento que o filtro era retirado de operação para limpeza. Assim, abria-se o registro de descarga até que o nível de água no interior do filtro ficasse abaixo das mantas instaladas no topo do leito filtrante. A limpeza dos filtros era realizada através da lavagem das mantas, apresentada no item 6.9.

A limpeza do pré-filtro era realizada através de descargas de fundo ao término de cada ensaio.

4.6 Parâmetro de Controle

A avaliação da eficiência das unidades de filtração lenta foi feita pelo monitoramento de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos no afluente e nos efluentes das unidades, com suas respectivas frequências apresentadas na tabela 4.5. Além desses parâmetros foi monitorada também, diariamente, a taxa de filtração através do método volumétrico.

O acompanhamento da evolução da perda de carga devido à retenção de impurezas pelos filtros foi realizado através da medição da altura do nível de água no interior dos mesmos. Para isso, foi colocado na parede externa de cada filtro, uma escala feita em papel milimetrado. De acordo com esta escala, a carga hidráulica disponível nos filtros é de 600mm nos filtros denominados FL1 e FL2 e de 680mm no FL3.

Na tabela 4.6 são listados os métodos e equipamentos empregados para a medida de cada parâmetro. Todos os parâmetros foram determinados no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP.

As amostras eram coletadas em recipientes plásticos e transportadas logo em seguida para o laboratório. Apenas as amostras para a análise de coliformes totais e fecais foram coletadas em recipientes especiais e apropriados.

Tabela 4.5: Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de controle e frequência de amostragem.

Parâmetros	Frequência da análise
Turbidez	diária
Cor Aparente	
pH	
Temperatura	
Oxigênio Dissolvido	
Ferro Total	
Manganês	
Sólidos Suspensos Totais	
Coliformes Totais e Fecais	

Tabela 4.6: Métodos e Equipamentos utilizados.

Parâmetro	Método
Turbidez	Nefelometria, utilizando-se aparelho TURBIDIMETER 2100AN - HACH
Cor Aparente	Espectrofotometria, utilizando-se aparelho TURBIDIMETER 2100AN - HACH
pH	Medidor de pH digital ORION modelo 611
Temperatura	Leitura em termômetro de mercúrio.
Oxigênio Dissolvido	Utilização do aparelho YSI 58 - sonda YSI modelo 5730
Ferro Total	Espectrofotometria, utilizando-se o aparelho DR 2010 – HACH
Manganês	Espectrofotometria, utilizando-se o aparelho DR 2010 – HACH
Sólidos Suspensos Totais	Filtração em Membrana de fibra de vidro GF 52-C, ϕ 47mm
Coliformes Totais e Fecais	Método do substrato definido, utilizando-se reagente COLILERT

4.7 Análise estatística dos dados

A estatística foi utilizada para auxiliar na comparação do desempenho das três unidades de filtração lenta. Para a análise dos dados experimentais foi utilizado o programa estatístico SANEST.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial, com 9 combinações (3 filtros e 3 taxas de filtração) e 3 repetições (blocos), totalizando 27 parcelas experimentais.

5 RESULTADOS

O trabalho experimental foi executado durante o período de Fevereiro a Novembro de 2000, tendo sido realizados no total, 11 ensaios. Um esquema dos ensaios realizados pode ser visto na tabela 4.4 do item 4.5.

Os resultados dos ensaios são apresentados em ordem cronológica de realização, do ensaio 1 ao 11, nas tabelas A1 a A43 (Anexo A), nas quais são mostradas as variações dos parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, cor aparente, ferro total, manganês, temperatura, sólidos suspensos totais e oxigênio dissolvido) e bacteriológicos (NMP de coliformes totais e coliformes fecais, registradas na água bruta, efluente do pré-filtro, quando este foi empregado, efluentes dos filtros lentos. Também são apresentados, os valores das perdas de carga obtidos em função do tempo de operação dos filtros.

Os resultados referentes à variação dos parâmetros: turbidez, cor aparente, ferro e manganês, coliformes totais e fecais e perdas de carga são apresentados também graficamente, nas figuras 6.1 a 6.72, após a discussão de cada bloco de ensaios, agrupados pela taxa de filtração (ver tabela 4.4).

Os parâmetros pH, temperatura, e sólidos suspensos totais não são apresentados graficamente devido à pequena variação verificada ao longo dos ensaios, inclusive entre os filtros. A discussão desses parâmetros, juntamente com a do parâmetro oxigênio dissolvido é apresentada de forma geral.

6 DISCUSSÃO

6.1 Ensaios 1 e 2 (Taxa de filtração: $3\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ - sem pré-filtro)

Nas figuras 6.1 e 6.2, são apresentadas as evoluções das perdas de carga observadas nas três unidades de filtração lenta ao longo dos ensaios 1 e 2, respectivamente.

Nota-se que durante o ensaio 1 (figura 6.1), os três filtros operaram durante 9 dias até atingirem a perda de carga limite. Observa-se também que o FL3 após o 7º dia de operação apresentou uma evolução mais rápida da perda de carga, fato que levou esta unidade, que possui uma maior carga hidráulica disponível para filtração (680mm) devido à redução da espessura da camada suporte nesta unidade, atingir a perda de carga máxima juntamente com as outras duas de menor altura disponível (600mm). Já no ensaio 2, apesar da água bruta ter apresentado qualidade muito semelhante à registrada durante o ensaio 1, principalmente com relação à cor e turbidez, o FL1 comportou-se de forma diferente dos outros dois filtros, atingindo primeiramente a perda de carga limite, 8 dias de operação, enquanto os filtros lentos 2 e 3 operaram por 10 dias.

A turbidez da água bruta apresentou pouca variação durante os ensaios realizados (ver figuras 6.3 e 6.4). A média registrada durante o ensaio 1 foi de 11,4 UNT e no ensaio 2 de 11,8 UNT.

O desempenho dos filtros lentos na remoção da turbidez também foi muito semelhante nos dois ensaios. A média da turbidez nos efluentes durante o 1º ensaio foi de 6,2 UNT e, as eficiências médias de remoção obtidas pelos filtros foram de, aproximadamente, 45%.

No ensaio 2, os filtros lentos 2 e 3 apresentaram pequena diminuição na eficiência de remoção, aproximadamente, 44% e 42%, respectivamente. Já o FL1 apresentou o mesmo desempenho. Esses resultados podem ser melhor visualizados na tabela A2 do Anexo A.

As figuras 6.5 e 6.6 mostram as variações da cor aparente na água bruta e também nos efluentes dos filtros lentos durante os dois ensaios. Foram registrados valores médios de 133 uC e 137 uC na água bruta durante o 1º e 2º ensaios, respectivamente.

De forma geral, o desempenho dos 3 filtros lentos na remoção de cor foi bem semelhante. Durante o ensaio 1, a média de cor aparente obtida nos efluentes ficou em torno de 85 uC, diminuindo para 80 uC durante no ensaio 2, onde foram observadas as maiores remoções, 41% em média, apresentadas pelos filtros lentos 1 e 2 (ver tabela A3, Anexo A).

A grande variação registrada na água bruta foi com relação à concentração de coliformes totais e fecais (figuras 6.7, 6.8 e 6.9).

A concentração média de coliformes totais registrada durante o ensaio 1 foi de 4836,3 NMP/100mL e não foram registrados coliformes fecais. No ensaio 2, a concentração média de coliformes totais diminuiu para 1426,4 NMP/100mL, porém obteve-se concentração média de coliformes fecais de 25,1 NMP/100mL.

De forma geral, pode-se dizer que a eficiência de remoção desses microrganismos aumentou com o tempo de funcionamento dos filtros. Como pode ser visto na tabela A4 (Anexo A) a remoção de coliformes totais nos dois primeiros dias de operação dos filtros, em ambos os ensaios, foi baixa, entretanto aumentou conforme o andamento dos mesmos. Isso pode ser explicado pelo amadurecimento do meio filtrante (desenvolvimento da película biológica), que aconteceu apesar da curta duração das carreiras de filtração, fato este que proporciona um ambiente favorável à proliferação de organismos que atuam na melhoria da qualidade da água.

O melhor desempenho dos filtros lentos na remoção de coliformes totais foi registrado no ensaio 2, onde se obteve média de remoção de 90,8% no FL2, o qual apresentou efluente com concentração de coliformes totais igual a 121,8 NMP/100mL. Porém, vale ressaltar que em cada um dos ensaios realizadas, os efluentes dos filtros lentos apresentaram qualidade muito semelhante entre si.

Com relação à concentração de coliformes fecais, registrada apenas no ensaio 2, o comportamento dos filtros foi diferenciado pelo desempenho menos eficiente do FL1, que apresentou remoção média de 21,6%, portanto, concentração de coliformes

fecais igual a 8,0 NMP/100mL, enquanto nos filtros lentos 2 e 3 registrou-se remoções de 90,9% e 100% respectivamente. Porém, a tendência do aumento na eficiência de remoção ao longo dos dias de operação também foi observada.

As figuras 6.10 e 6.11 trazem as variações da concentração de ferro registradas na água bruta e nos efluentes dos filtros lentos durante os ensaios 1 e 2, respectivamente.

O teor de ferro na água bruta variou de 1,22 mg/L a 0,45 mg/L, sendo os menores valores obtidos durante o ensaio 1. Para um valor médio de 0,56 mg/L encontrado na água bruta, os filtros lentos 1, 2 e 3 reduziram esse valor para 0,28 mg/L, 0,30 mg/L e 0,30 mg/L, respectivamente.

No ensaio 2 a concentração média de ferro observada na água bruta foi maior, 0,90 mg/L, com efluentes apresentando concentrações médias de ferro iguais a 0,40mg/L no FL1, 0,48 mg/L no FL2 e 0,47 mg/L no FL3.

Conforme apresentado no Capítulo 1, apesar das vantagens oferecidas pela filtração lenta, existem algumas limitações que podem afetar o bom desempenho do sistema, prejudicando a qualidade da água tratada. Uma dessas limitações diz respeito à cor da água afluenta. POVINELLI & BOLLMANN (1987) consideram que a cor aparente do afluenta deve ser inferior a 50 uC.

Os dois ensaios iniciais possibilitaram um melhor conhecimento das características da água bruta a qual apresentou valores de cor aparente superiores ao limite recomendado e indícios de presença de algas, fatores estes que podem ter levado à curta duração das carreiras de filtração e também afetado o desempenho dos filtros, que apresentaram eficiências de remoção menores que as esperadas.

Essas características indicaram, portanto, a necessidade da instalação da unidade de pré-filtração, cujas características foram apresentadas no Capítulo 3, a fim de melhorar a qualidade da água afluenta aos filtros lentos e, conseqüentemente, possibilitar um melhor desempenho dos mesmos.

Com relação à presença das algas, optou-se pelo revestimento e cobertura dos filtros com lona escura de forma a evitar a penetração de luz e, portanto, evitar o desenvolvimento das mesmas no interior do leito filtrante.

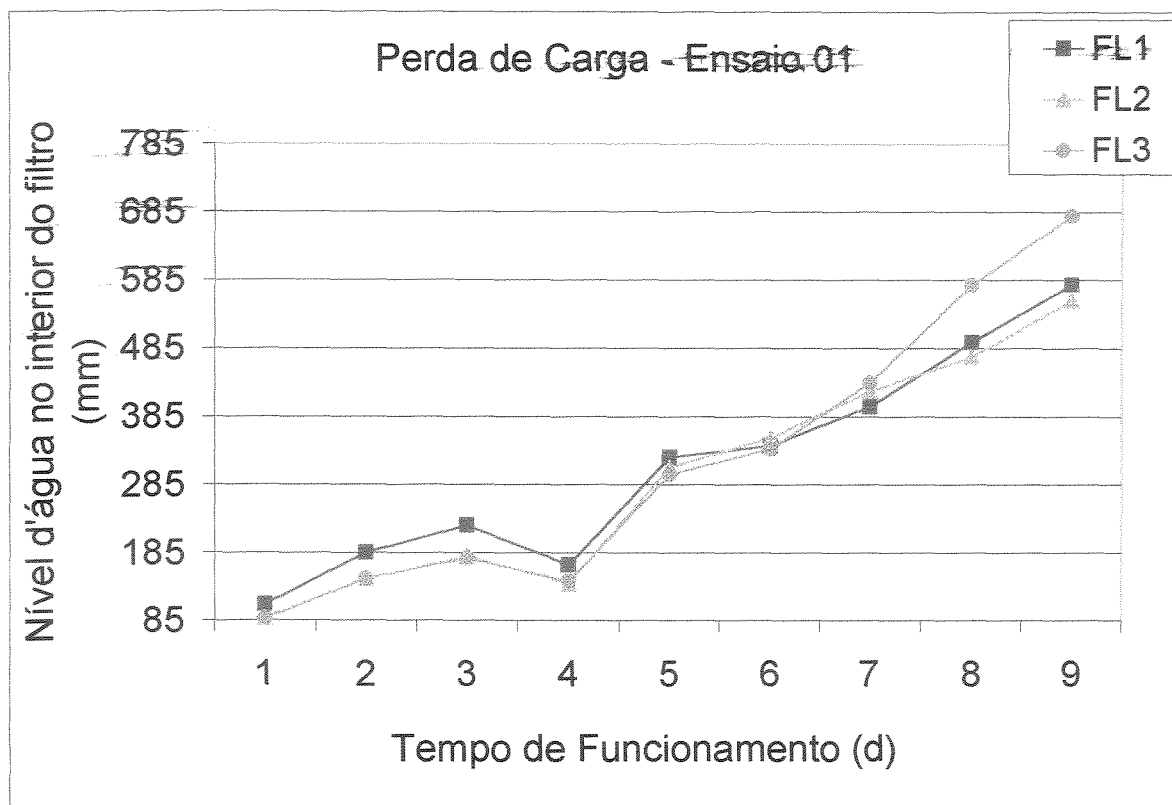


Figura 6.1: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 01.

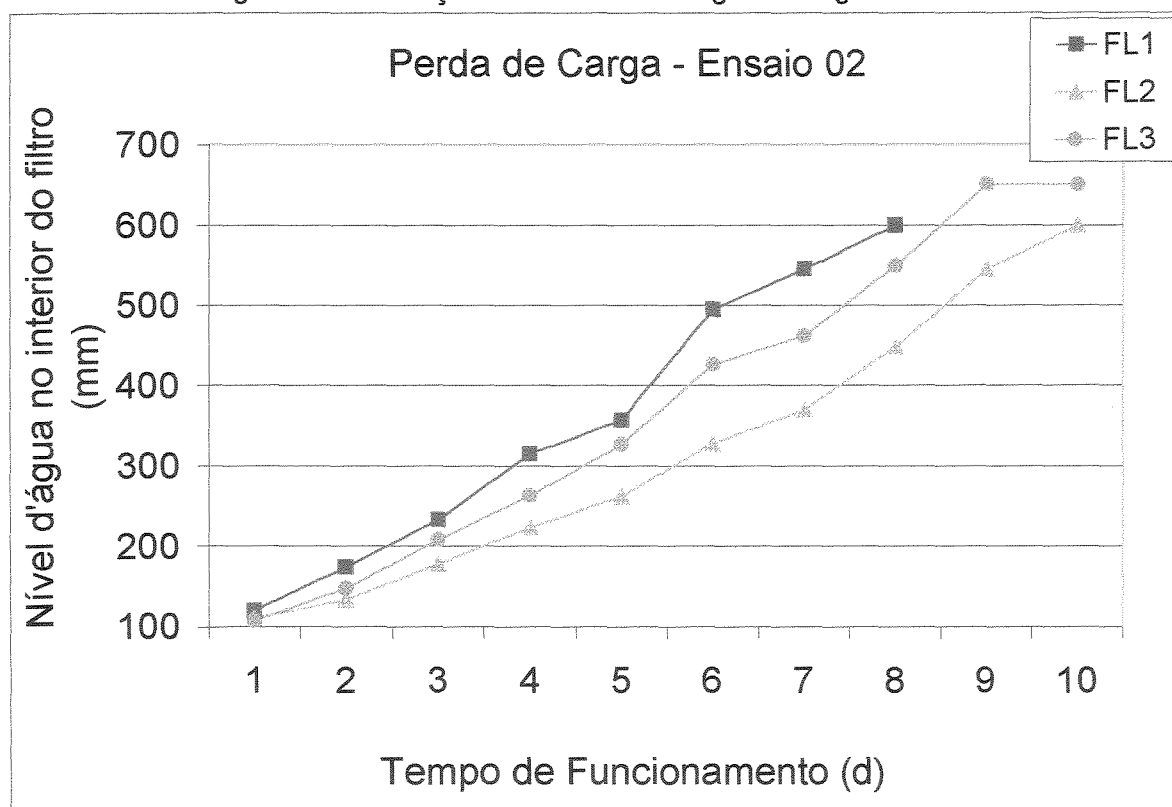


Figura 6.2: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 02.

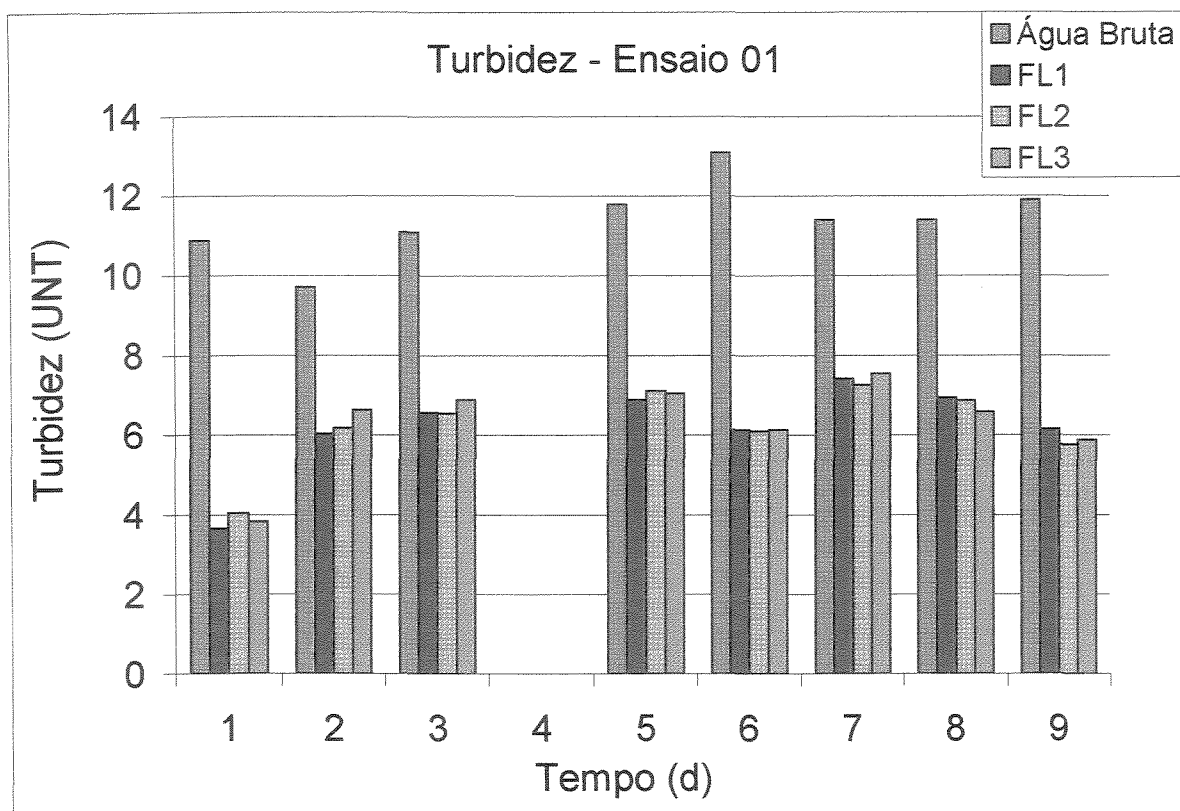


Figura 6.3: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 01.

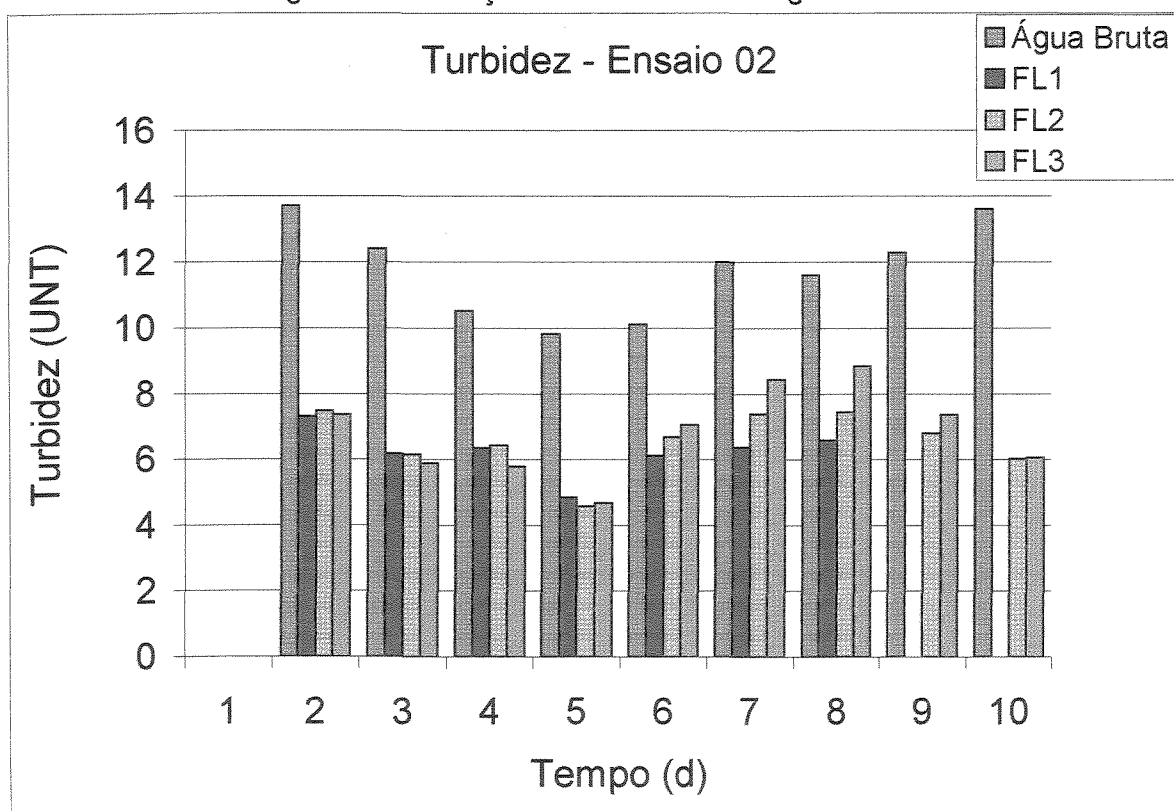


Figura 6.4: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 02.

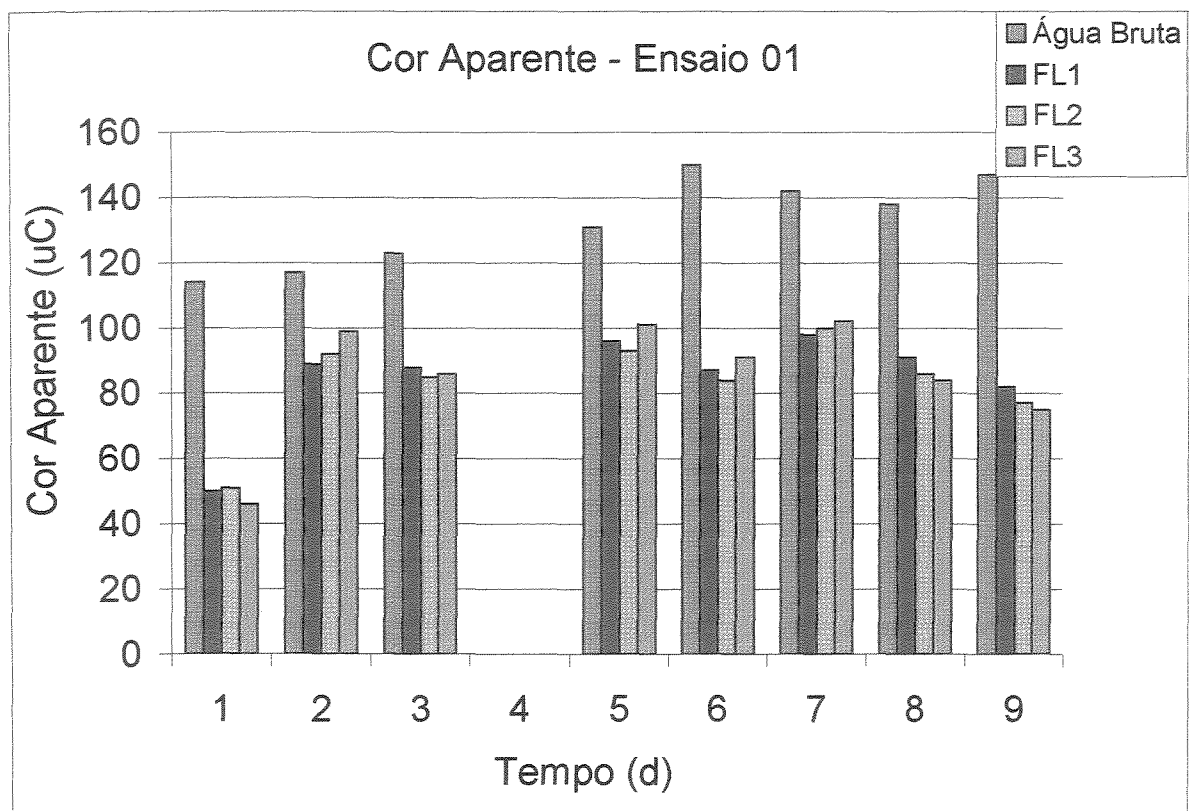


Figura 6.5: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 01.

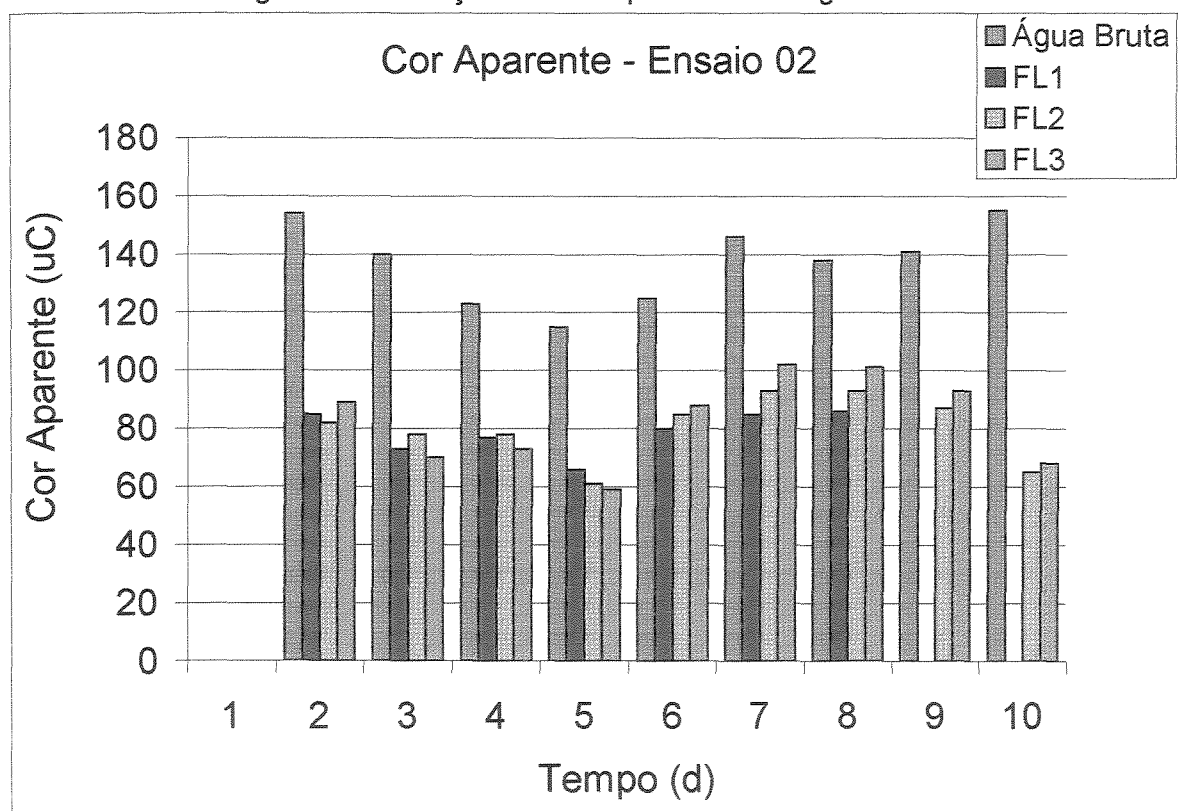


Figura 6.6: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 02.

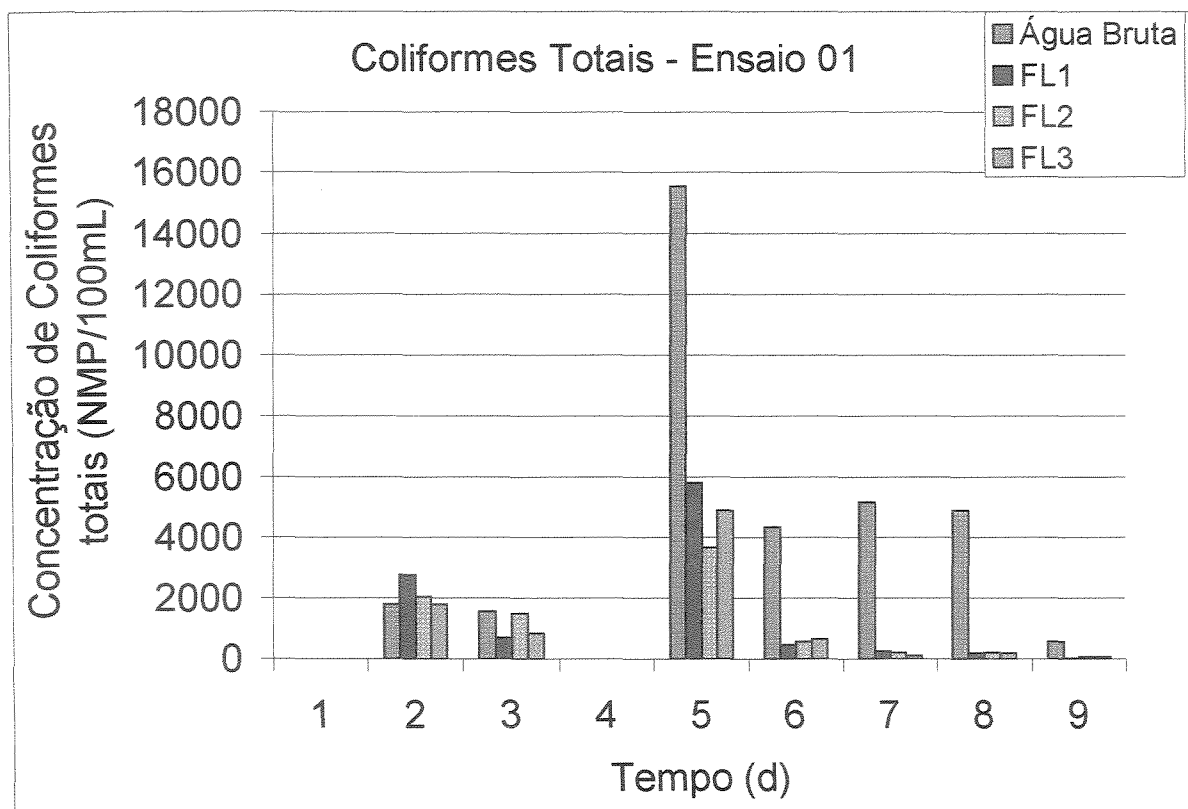


Figura 6.7: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 01.

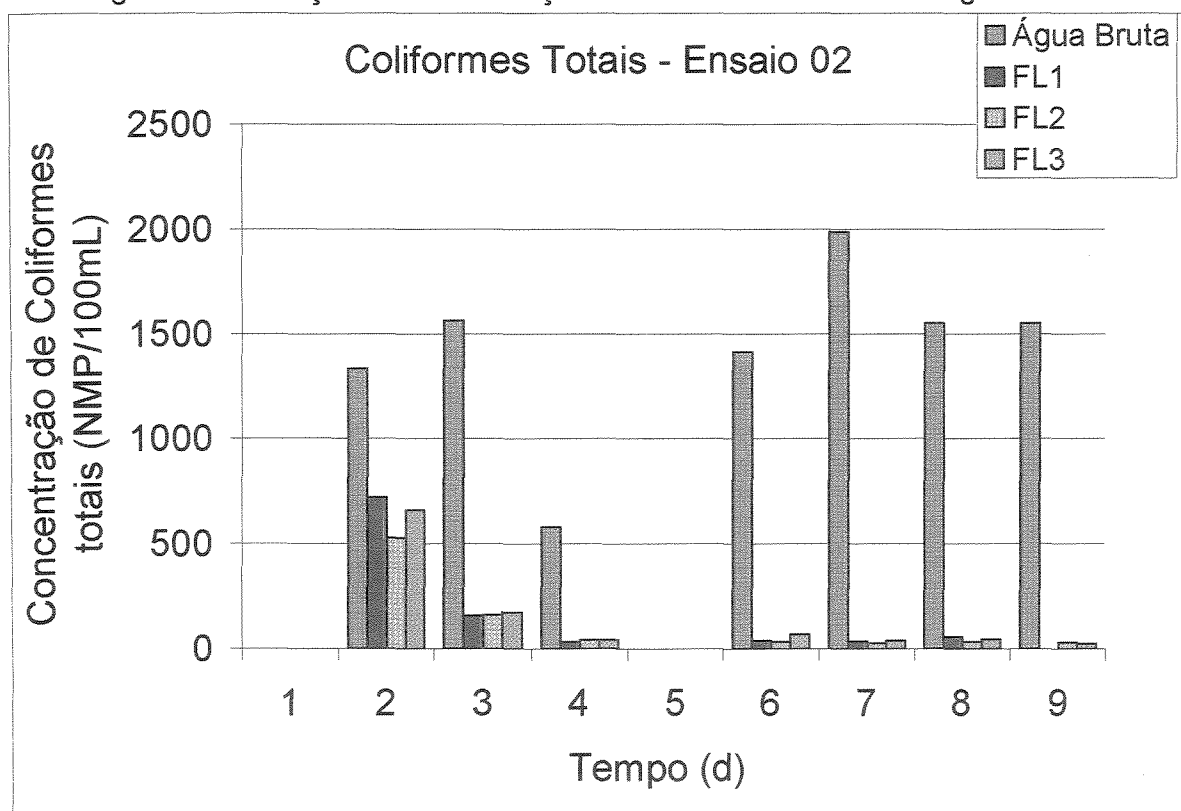


Figura 6.8: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 02.

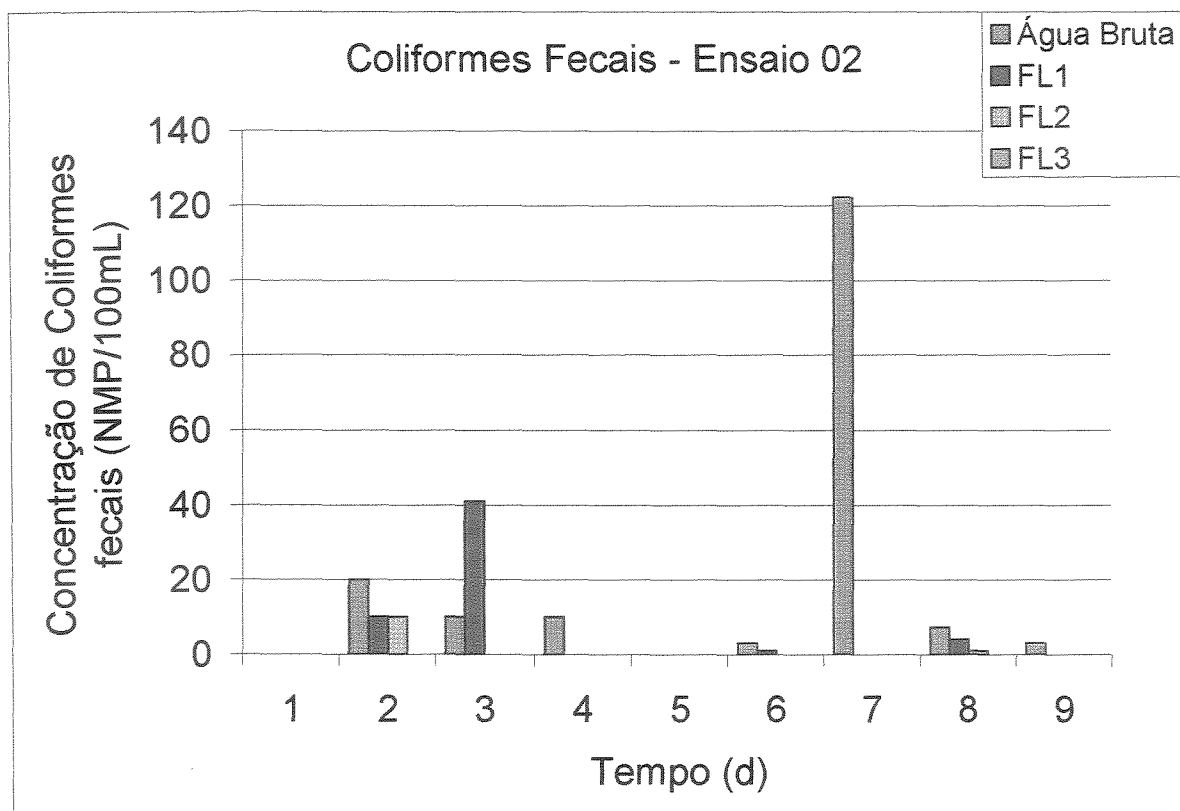


Figura 6.9: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 02.

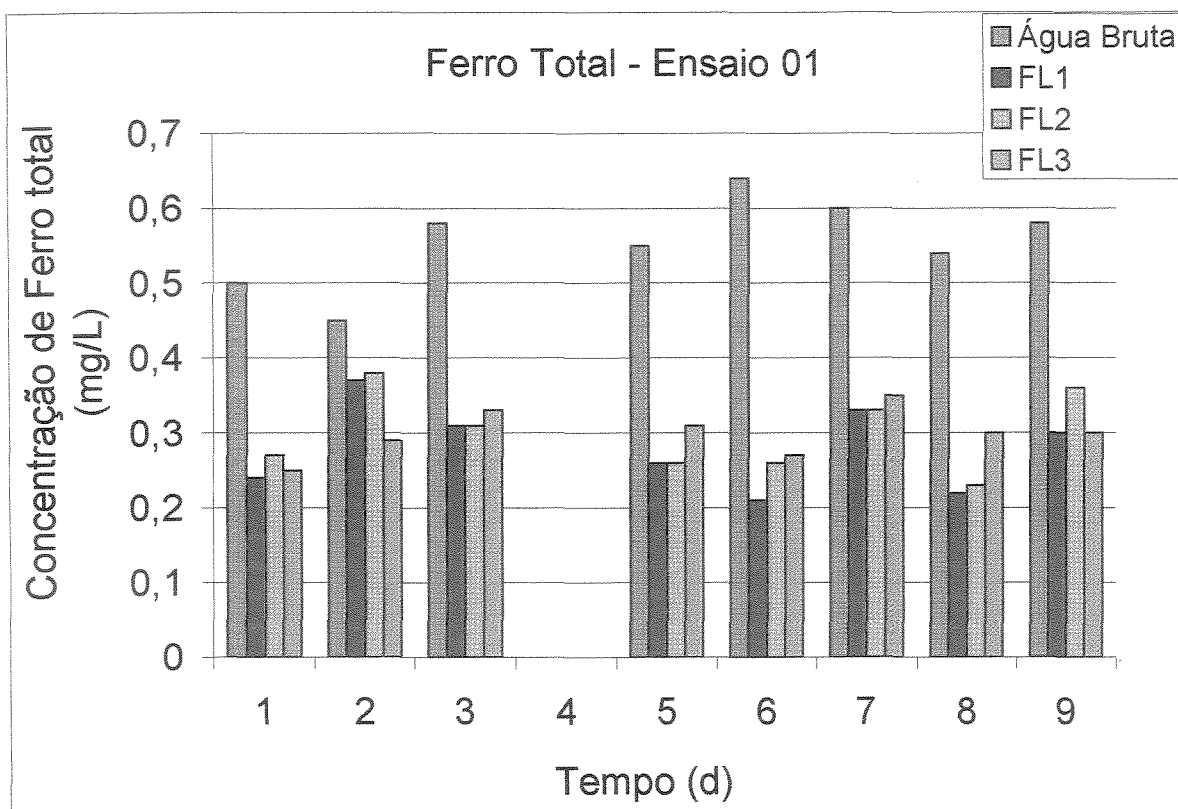


Figura 6.10: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 01.

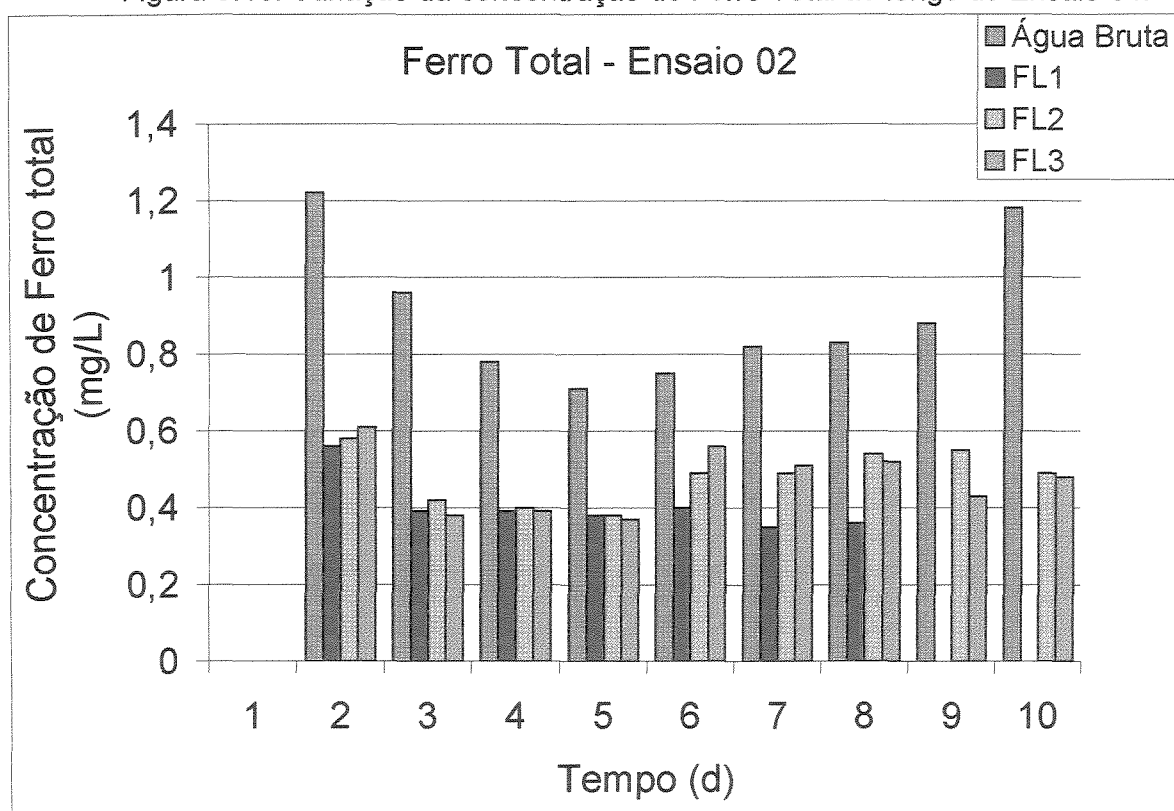


Figura 6.11: Variação da concentração de Ferro Total ao longo do Ensaio 02.

6.2 Ensaios 3, 4 e 5 (Taxa de filtração: $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ - com pré-filtro)

As variações das perdas de carga registradas nos filtros lentos durante os ensaios 3, 4 e 5 são apresentadas nas figuras 6.12, 6.13 e 6.14, respectivamente.

Pode-se observar que durante o ensaio 3 o desenvolvimento da perda de carga nos três filtros lentos ocorreu de forma mais lenta, devido a melhor qualidade apresentada pela água bruta, assim, os filtros lentos apresentaram carreiras de filtração mais longas que nos ensaios seguintes (4 e 5), 11 dias no FL1, 12 dias no FL2 e 13 dias no FL3.

No ensaio 4, nota-se que a perda de carga limite foi atingida primeiramente no FL1 (comportamento que também foi observado no ensaio 3) o qual operou durante 9 dias. Já os filtros lentos 2 e 3 apresentaram carreiras de filtração com duração de 10 dias. Observa-se também, que no 6º dia do ensaio não foi possível realizar a leitura da perda de carga no FL3 devido ao entupimento do sistema de distribuição do afluente a esse filtro, ocasionando, portanto, diminuição da taxa de filtração e conseqüentemente, baixando a altura do nível de água no interior do mesmo. Esse fato pode ter sido responsável pelo rápido desenvolvimento da perda de carga nesta unidade, fazendo com que o filtro atingisse a perda de carga limite juntamente com o FL2, de menor altura disponível para filtração.

Na figura 6.14, que apresenta as variações das perdas de carga observadas durante o ensaio 5 destaca-se, novamente, a rápida evolução da perda de carga no FL3 que atingiu a perda de carga máxima juntamente com os outros dois filtros. Este fato pode ter sido ocasionado por sujeiras presentes no meio filtrante ou, até mesmo, nas mantas presentes no topo da camada de areia, remanescentes do último ensaio, já que a perda de carga inicial do meio filtrante apresentou-se maior no início deste ensaio. Esta ocorrência indica a necessidade da realização de uma boa limpeza no final de cada ensaio, a fim de se obter boa eficiência no filtro lento.

A perda de carga inicial é, portanto, um parâmetro muito importante para avaliar se a limpeza do filtro foi satisfatória.

As variações da turbidez e cor aparente observadas na água bruta, afluente e efluentes dos filtros lentos durante os ensaios são apresentadas nas figuras 6.15 a

6.20. Nota-se que durante o ensaio 3, os valores de turbidez e cor aparente apresentados pela água bruta foram menores e, as médias registradas foram de, respectivamente, 10,5 UNT e 106 uC. Com a pré-filtração da água a redução da turbidez e da cor aparente foi de, aproximadamente, 20%, e o afluente aos filtros lentos apresentou médias de turbidez e cor aparente iguais a 8,19 UNT e 84 uC, respectivamente.

Com respeito aos efluentes, esses apresentaram qualidade muito semelhante entre si durante esse ensaio e, quando comparados aos outros dois ensaios (4 e 5) apresentaram também a melhor qualidade, ou seja, os valores turbidez e cor aparente observados ao longo desse ensaio foram menores. A média de turbidez observada nos efluentes foi de, aproximadamente, 5,3 UNT enquanto que nos ensaios 4 e 5 a média variou entre 6,99 e 7,83 UNT.

Com relação à cor aparente, a média obtida nos efluentes dos filtros lentos 1, 2 e 3 no ensaio 3 foi de 52 uC, 55 uC e 54 uC, respectivamente, enquanto que nos ensaios 4 e 5 as médias registradas foram de 73 uC (FL1), 77 uC (filtros lentos 2 e 3) e 72 uC (filtros lentos 1, 2 e 3), respectivamente.

A melhor qualidade apresentada pela água bruta durante a realização do ensaio 3 pode ter sido a grande responsável pelo maior tempo de funcionamento dos filtros lentos durante o esse ensaio (ver figura 6.12).

O aumento da taxa de filtração para $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ pareceu influenciar na eficiência dos filtros lentos, porém, de forma sutil. Percebe-se pela comparação dos ensaios 1, 2, 3, 4 e 5 que apesar da pré-filtração da água, realizada nos ensaios 3, 4 e 5, permitir que o afluente aos filtros lentos apresentasse qualidade melhor, principalmente com relação a cor e turbidez, a qualidade dos efluentes durante a realização desses ensaios foi inferior à observada durante os ensaios 1 e 2.

De forma geral, a pré-filtração da água pareceu ter influência também na concentração de coliformes totais da água bruta, pois, mesmo não tendo sido realizadas análises antes e após a passagem da água pelo pré-filtro para esse parâmetro, observa-se que o afluente apresentou menores concentrações de coliformes totais ao longo desses ensaios. As figuras 6.21, 6.22 e 6.23, apresentam as variações

na concentração de coliformes totais observadas no afluente e efluentes dos filtros lentos ao longo dos ensaios 3, 4 e 5.

Durante o ensaio 3, assim como foi observado para os parâmetros cor e turbidez, o afluente aos filtros lentos também apresentou as menores concentrações de coliformes totais, 378,9 NMP/100mL em média. Essa baixa concentração apresentada pelo afluente refletiu na qualidade dos efluentes que também apresentaram concentrações baixas de coliformes totais, médias de 55,2 NMP/100mL no FL1, 31,4 NMP/100mL no FL2 e 24,0 NMP/100mL no FL3, indicando remoções de, aproximadamente, 83%, 93% e 94%, respectivamente.

Já no ensaio 4, para uma concentração média de coliformes totais de 1854,9 NMP/100mL, os filtros lentos reduziram esse valor para 563,0 NMP/100mL, 493,7 NMP/100mL e 601,3 NMP/100mL em média, respectivamente, nos filtros lentos 1, 2 e 3. As remoções neste caso foram de cerca de 73% nos filtros 1 e 3 e 76% no filtro 2.

Destaca-se, novamente, o aumento da eficiência de remoção desses microrganismos com o tempo de funcionamento dos filtros (devido à formação da película biológica), onde se observa que as maiores remoções foram atingidas durante os últimos dias dos ensaios. Conclusão semelhante pode ser considerada para o pré-filtro, pois a análise das figuras 6.21, 6.22 e 6.23, mostra que a concentração de coliformes totais no afluente durante os ensaios também foi diminuindo conforme se processou a pré-filtração.

O ensaio 5 não será considerado na discussão pois, foram encontrados, em alguns dias, valores maiores de coliformes totais no efluente do que no afluente aos filtros, deste parâmetro de controle, fato que ocasionou valores negativos na porcentagem média de remoção (ver tabela A14, Anexo A). Este fato pode ser atribuído a erros na análise, principalmente nas amostras do afluente, uma vez que nos casos em que se detectou essa ocorrência os valores obtidos foram muito menores que nos outros dias.

As concentrações de coliformes fecais observadas no afluente foram baixas, porém, crescentes ao longo dos ensaios. As menores concentrações foram observadas no ensaio 3, registrando-se média de 0,63 NMP/100mL. Já as maiores concentrações de coliformes fecais foram obtidas ao longo do ensaio 5, média de 10,9 NMP/100mL.

Assim, a qualidade dos efluentes seguiu a qualidade apresentada pelo afluente, registrando-se remoções máximas de coliformes fecais no ensaio 3, aproximadamente, 100%. Esses resultados podem ser melhor visualizados na tabela A15 (Anexo A) e também nas figuras 6.24, 6.25 e 6.26.

A análise da figura 6.25 mostra que, de forma geral, os efluentes dos filtros lentos 2 e 3 apresentaram concentrações de coliformes fecais maiores que as observadas no afluente a esses filtros. Este fato pode ter sido ocasionado por erros de análise. Esta ocorrência também foi observada em análises de coliformes fecais realizadas durante o ensaio 5 (ver figura 6.26).

Nas figuras 6.27, 6.28 e 6.29, são apresentadas as variações da concentração de ferro registradas durante os ensaios 3, 4 e 5, respectivamente, no afluente e nos efluentes dos filtros lentos.

A concentração de ferro na água afluente aos filtros lentos apresentou grande variação, de 0,34 mg/L a 1,01 mg/L, sendo que os menores valores foram registrados durante o ensaio 3, o qual apresentou concentração média de ferro de 0,56 mg/L. Durante esse ensaio os efluentes dos filtros lentos também apresentaram os menores teores de ferro, com concentrações médias em torno de 0,4 mg/L. Já a qualidade dos efluentes observada durante os ensaios 4 e 5 foi muito semelhante, registrando médias de concentração de, aproximadamente, 0,6 mg/L de ferro.

Devido a problemas técnicos, a análise de manganês só pode ser incorporada à rotina de análises após o 3º dia do ensaio 4. As figuras 6.30 e 6.31 trazem as variações da concentração de manganês observadas ao longo dos ensaios 4 e 5. Nota-se que o afluente apresentou baixas concentrações de manganês, média de 0,5 mg/L no ensaio 4 e 0,11 mg/L no ensaio 5.

Os filtros lentos apresentaram desempenho muito semelhante na remoção de manganês, portanto, foram observadas concentrações muito próximas entre os efluentes dos filtros lentos, 0,06 mg/L em média, aproximadamente, no ensaio 4 e 0,07 mg/L no ensaio 5.

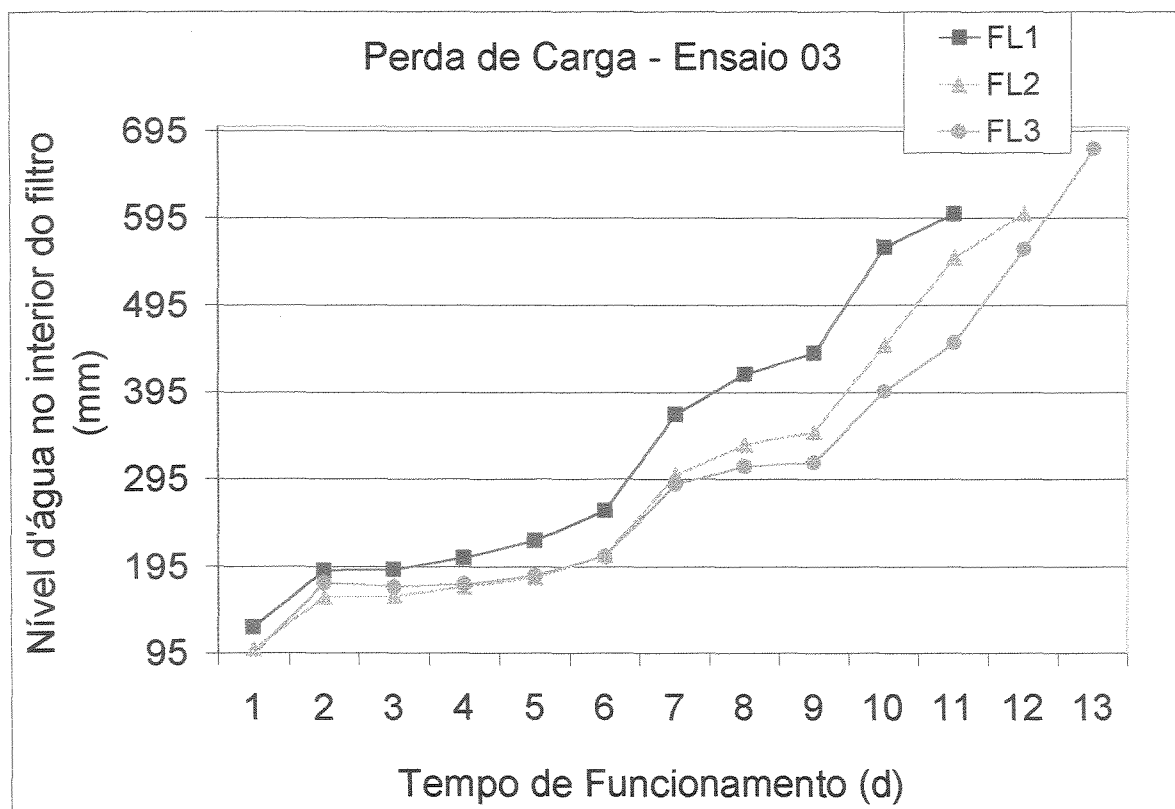


Figura 6.12: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 03.

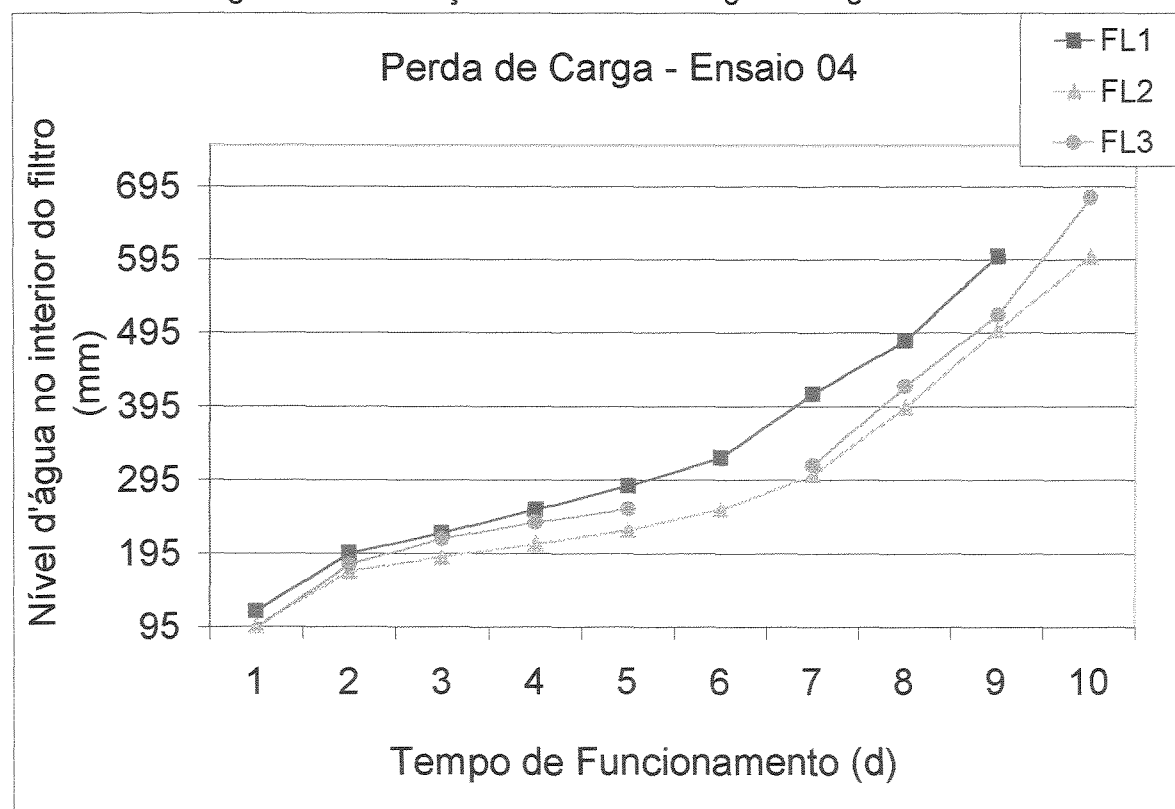


Figura 6.13: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 04.

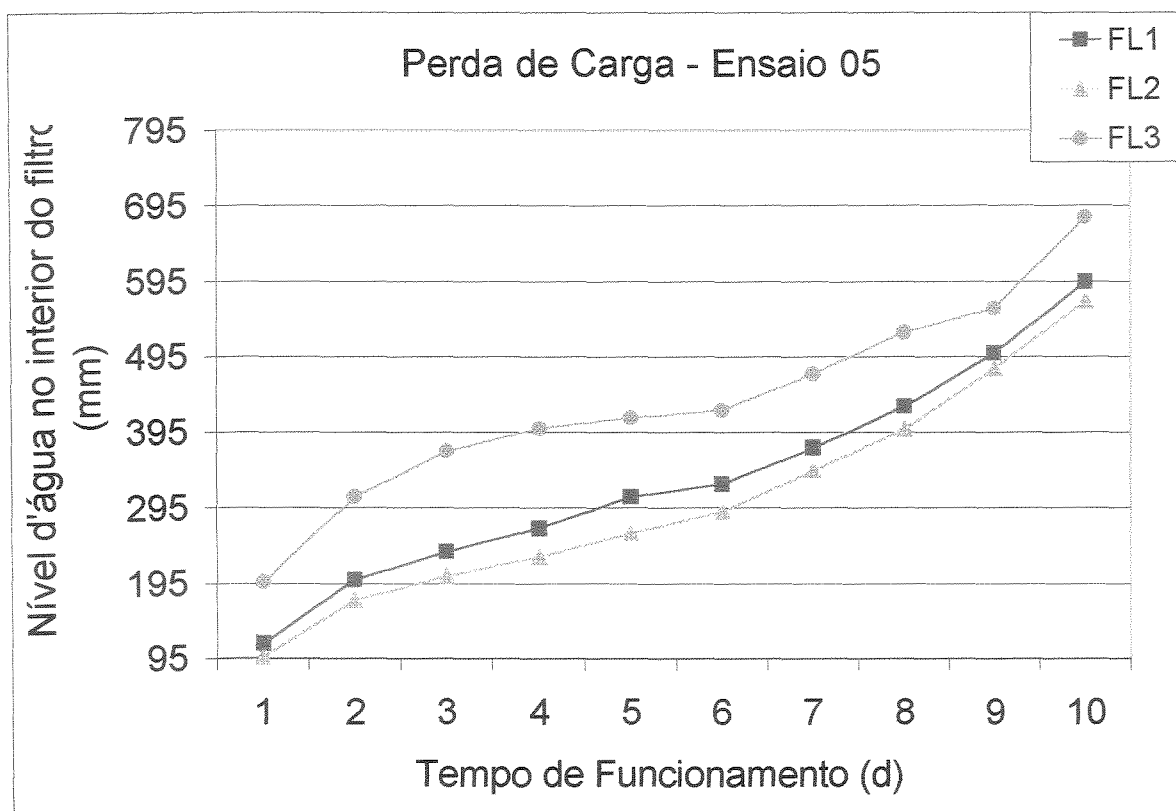


Figura 6.14: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 05.

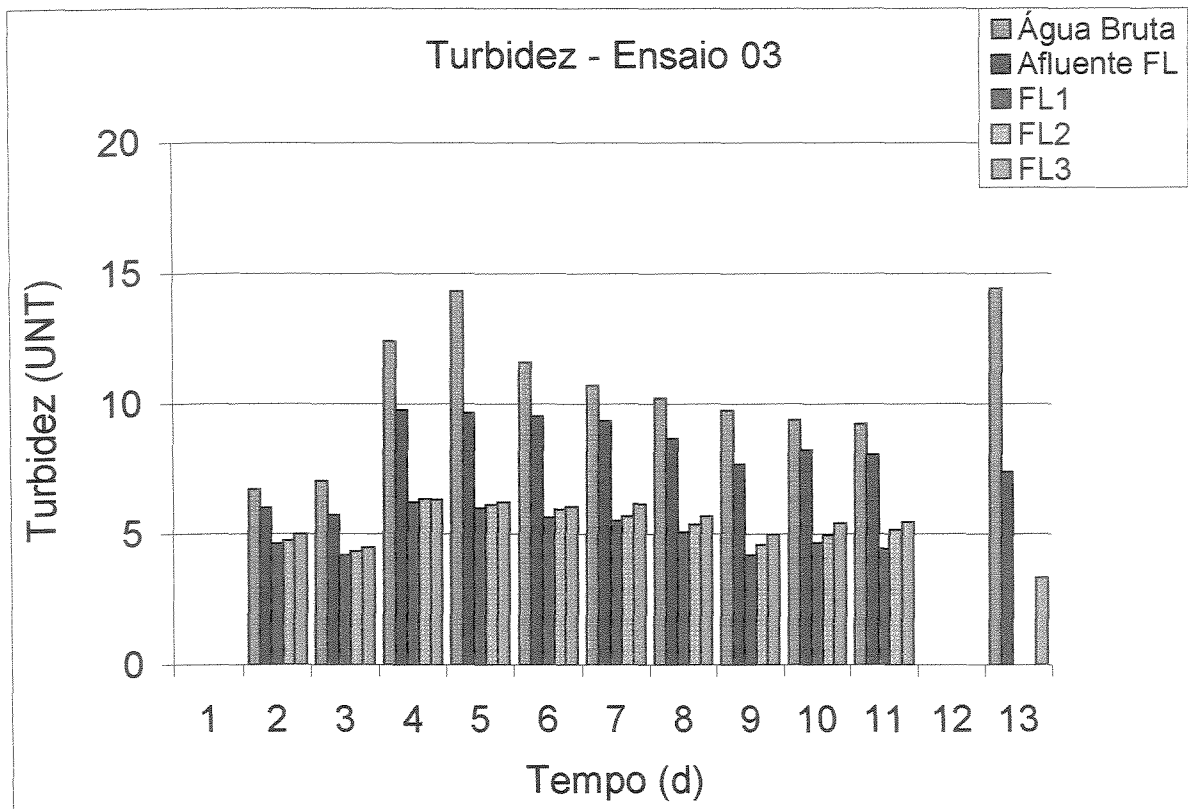


Figura 6.15: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 03.

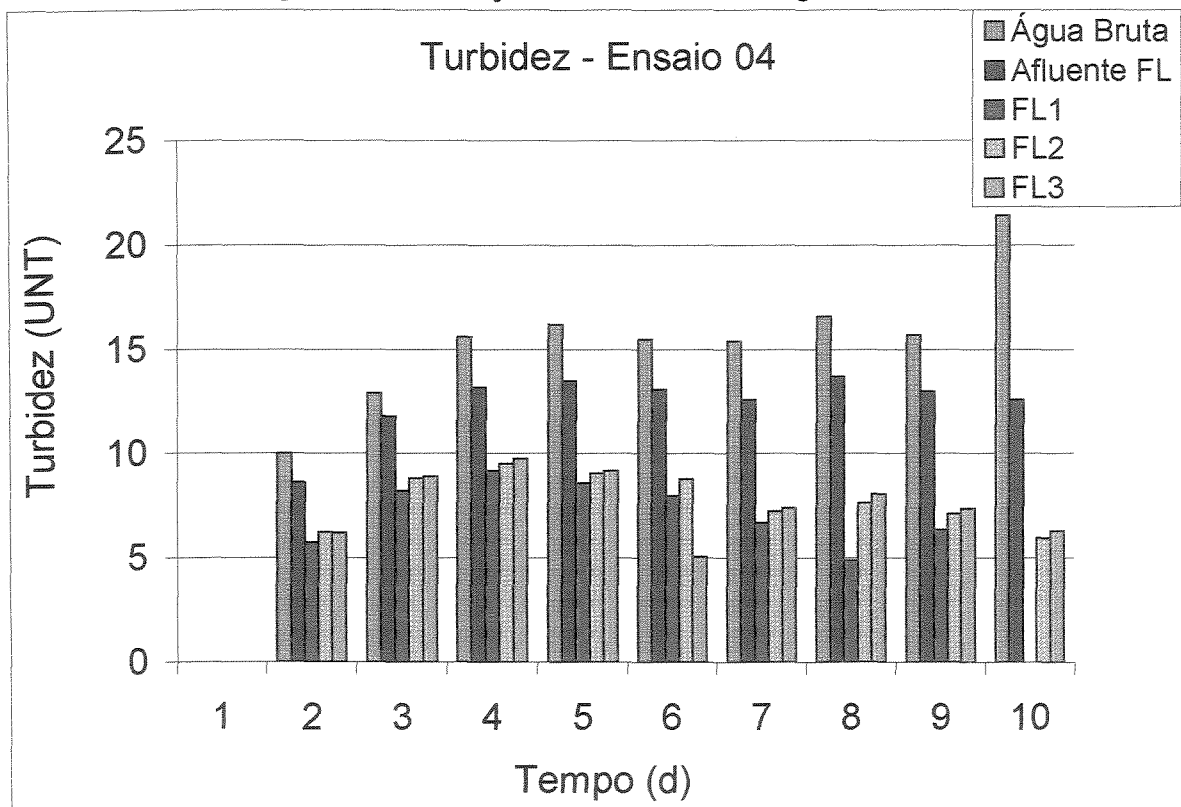


Figura 6.16: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 04.

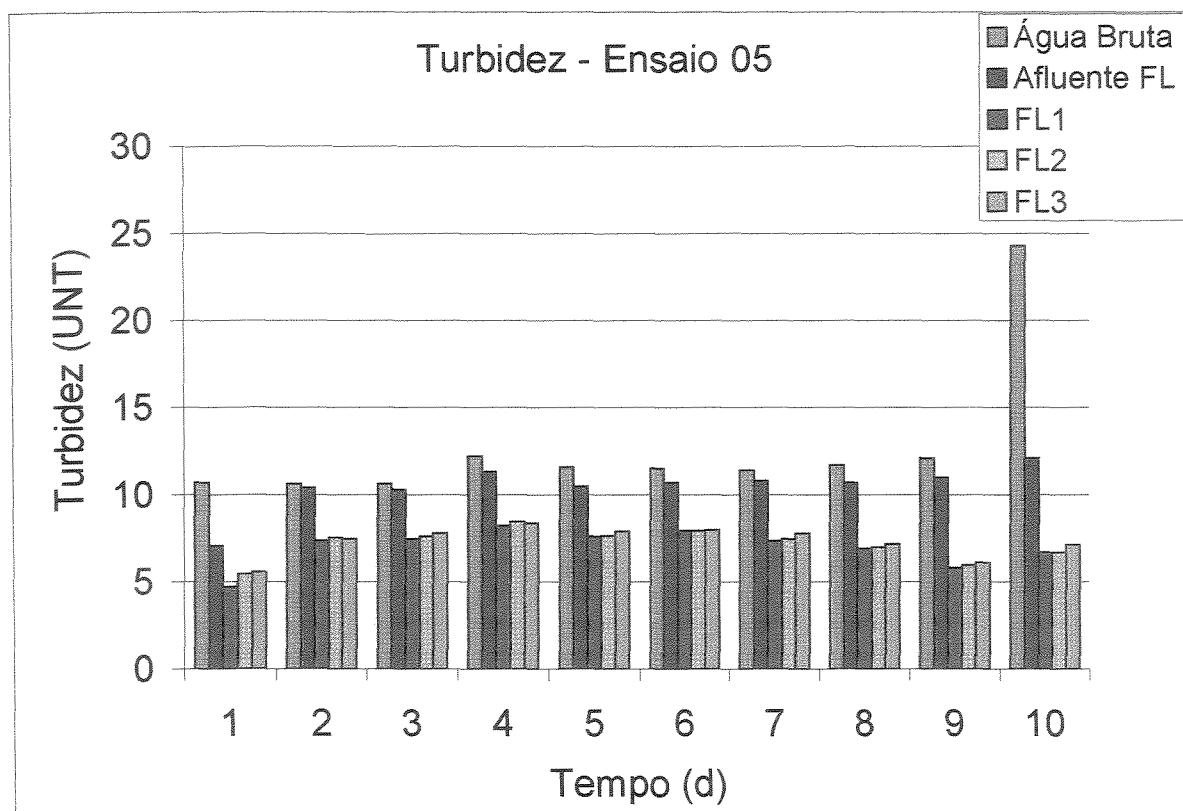


Figura 6.17: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 05.

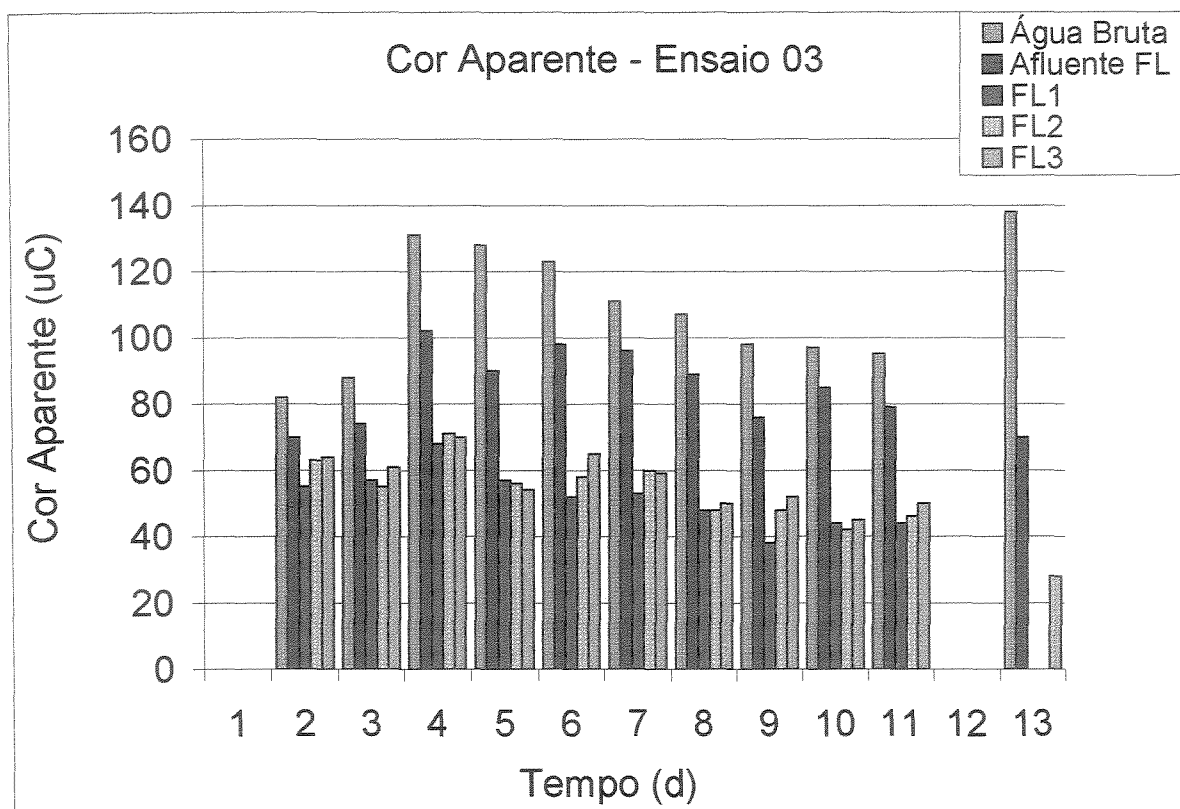


Figura 6.18: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 03.

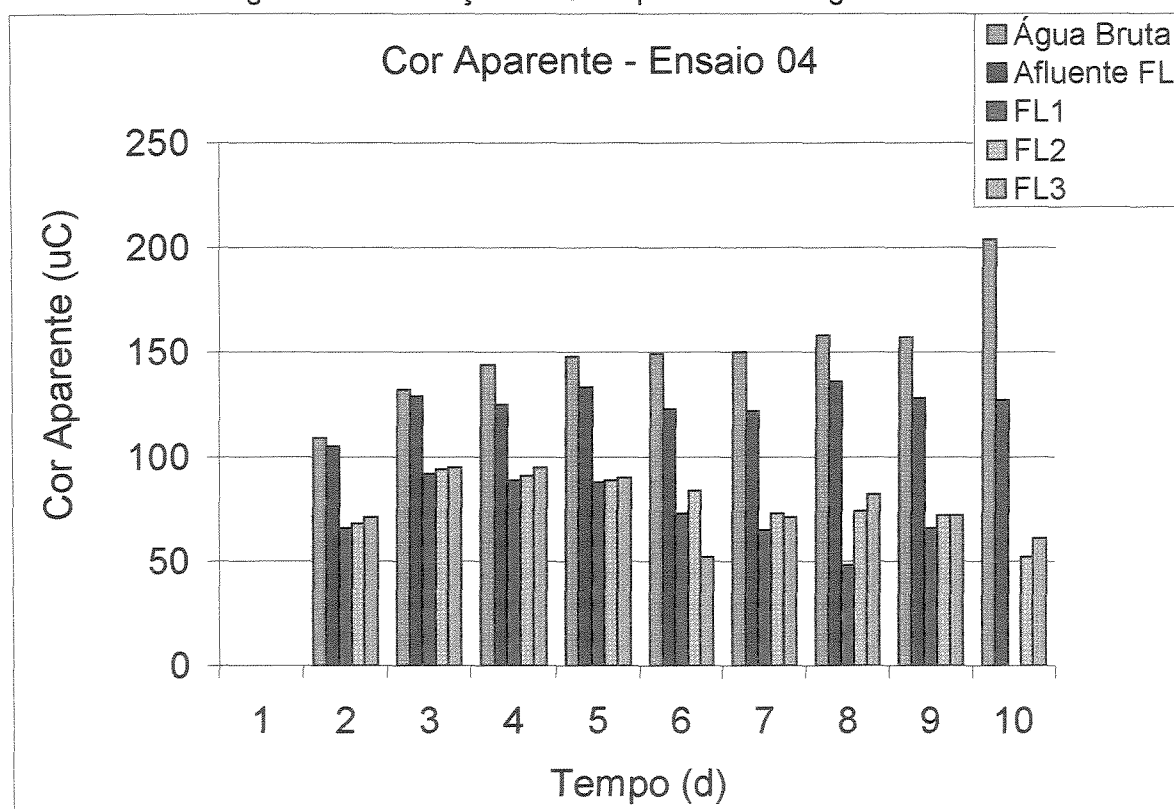


Figura 6.19: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 04

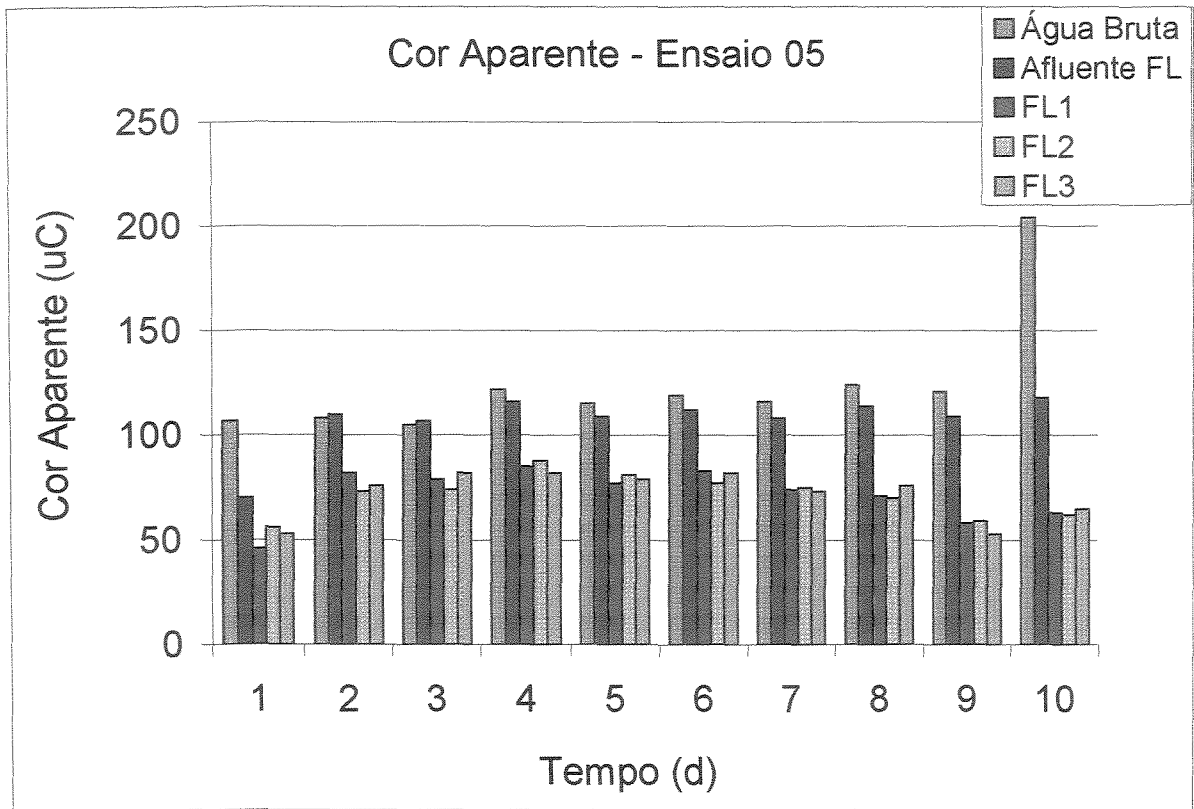


Figura 6.20: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 05.

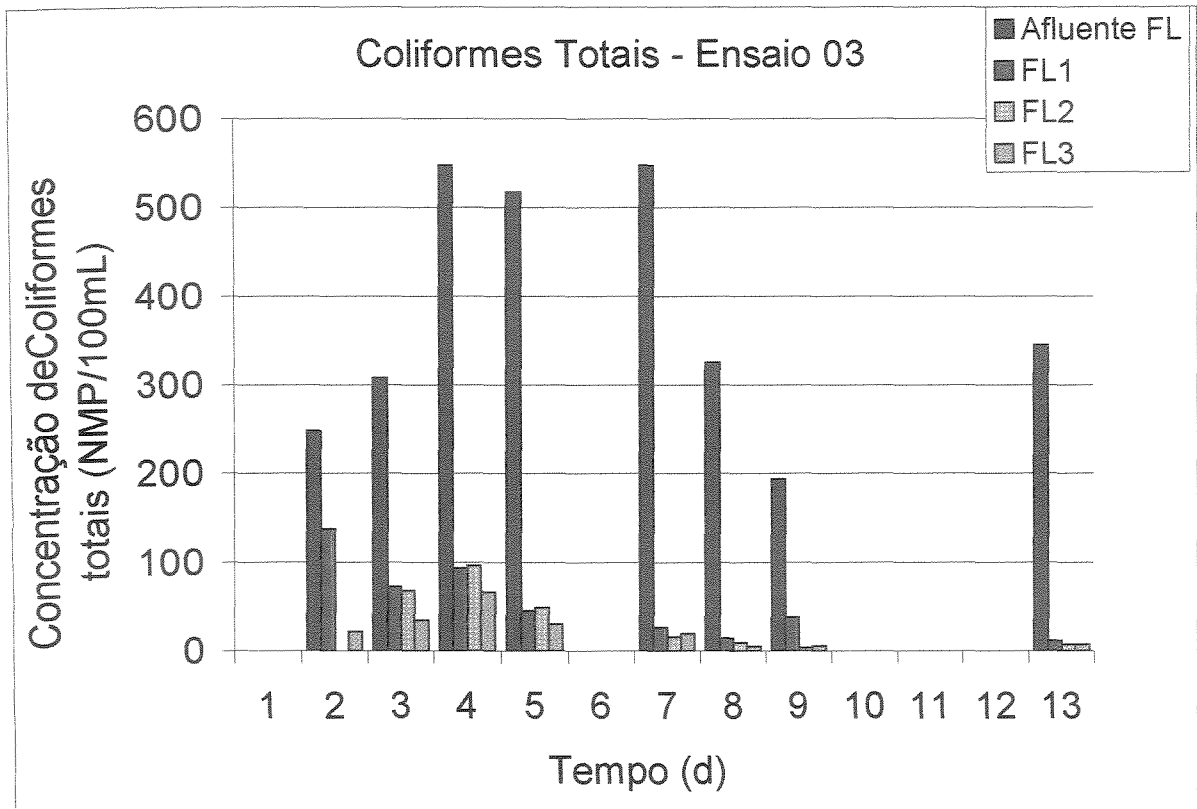


Figura 6.21: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 03.

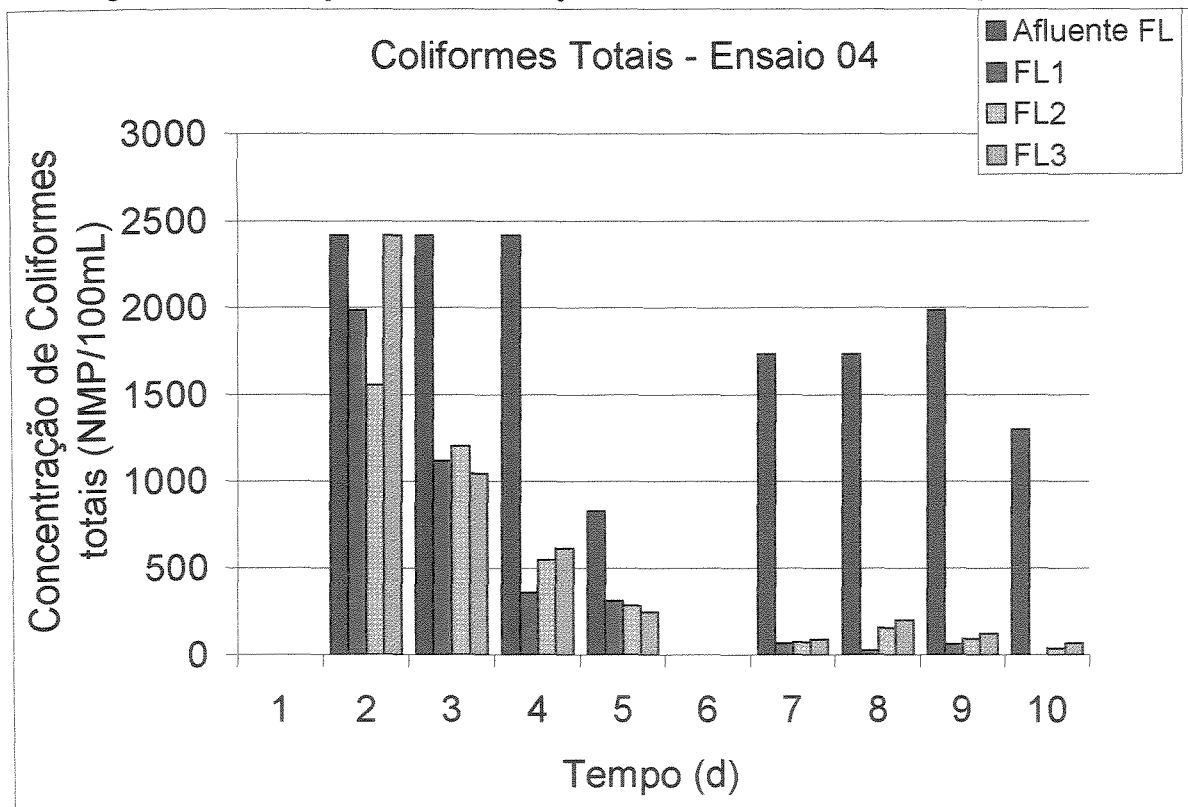


Figura 6.22: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 04.

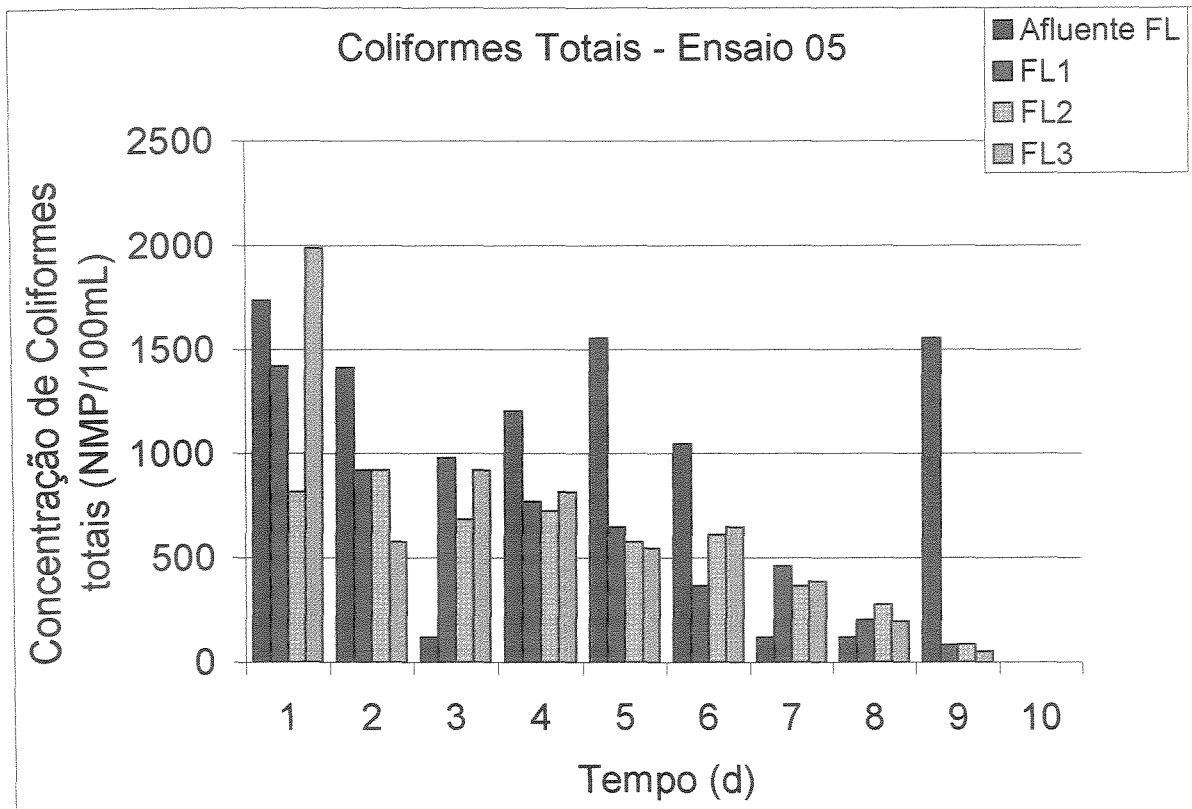


Figura 6.23: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 05.

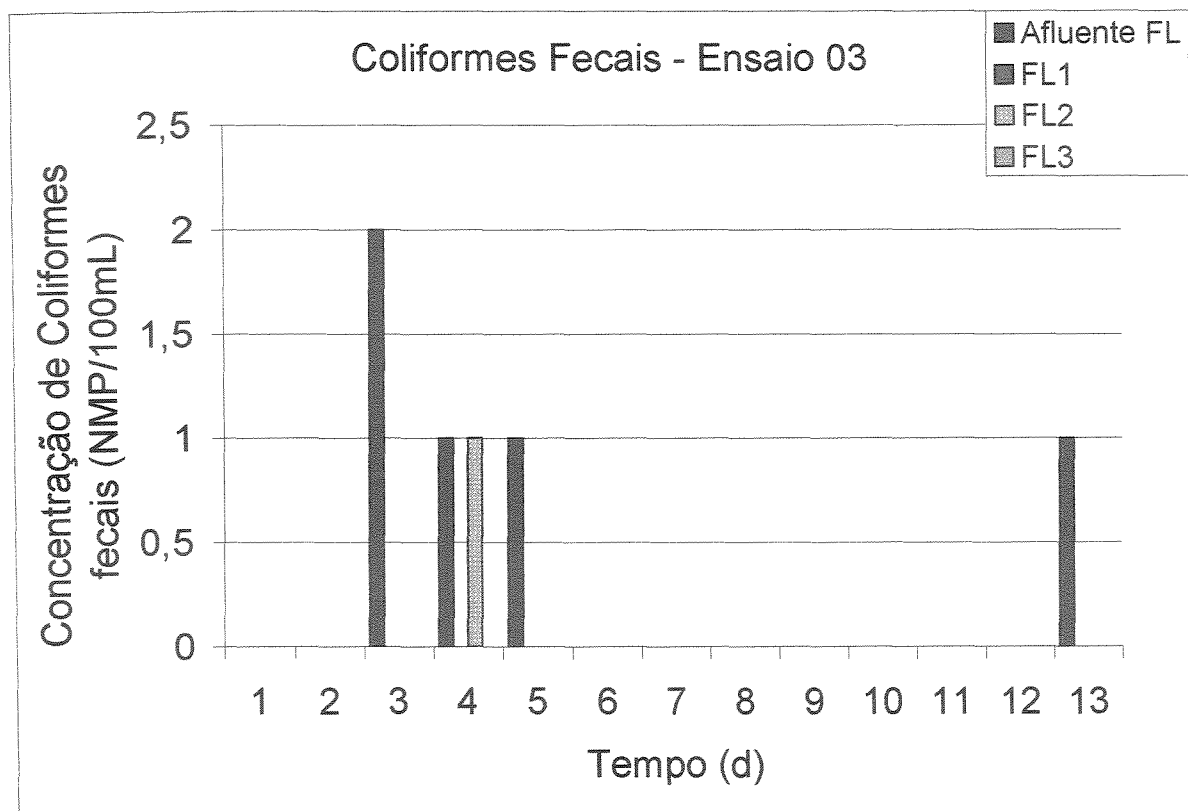


Figura 6.24: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 03.

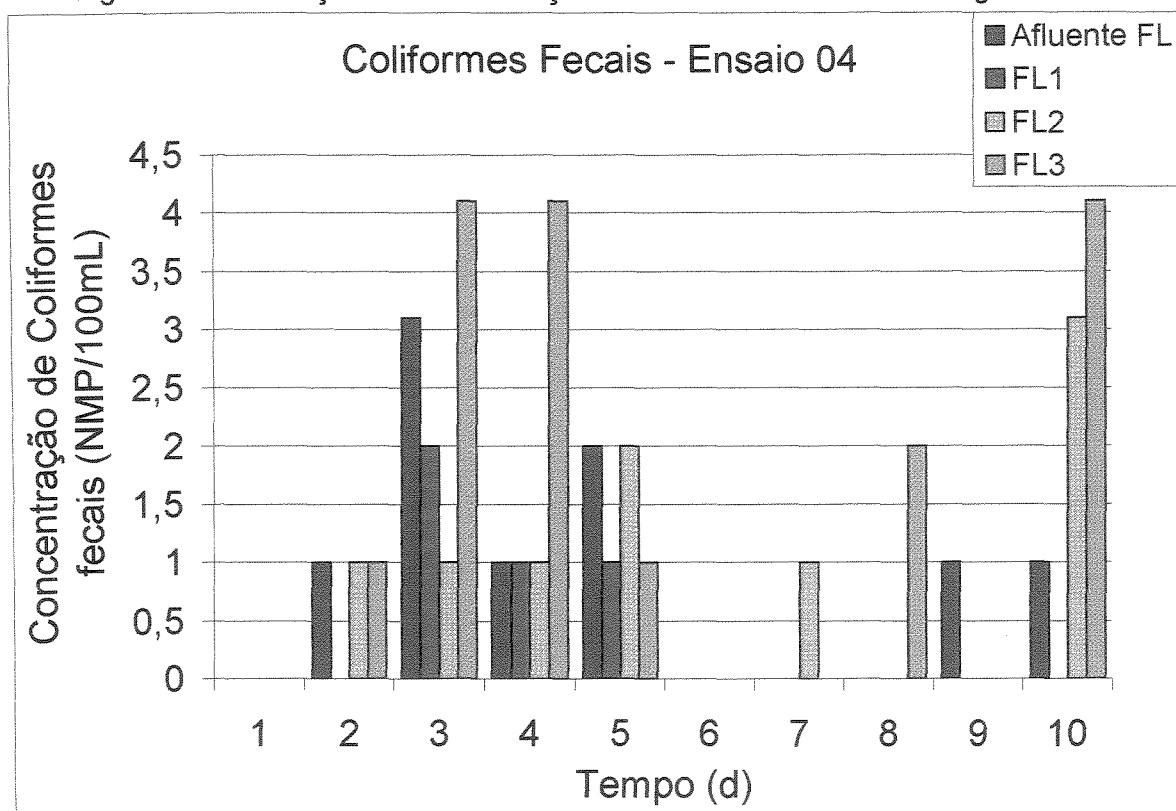


Figura 6.25: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 04.

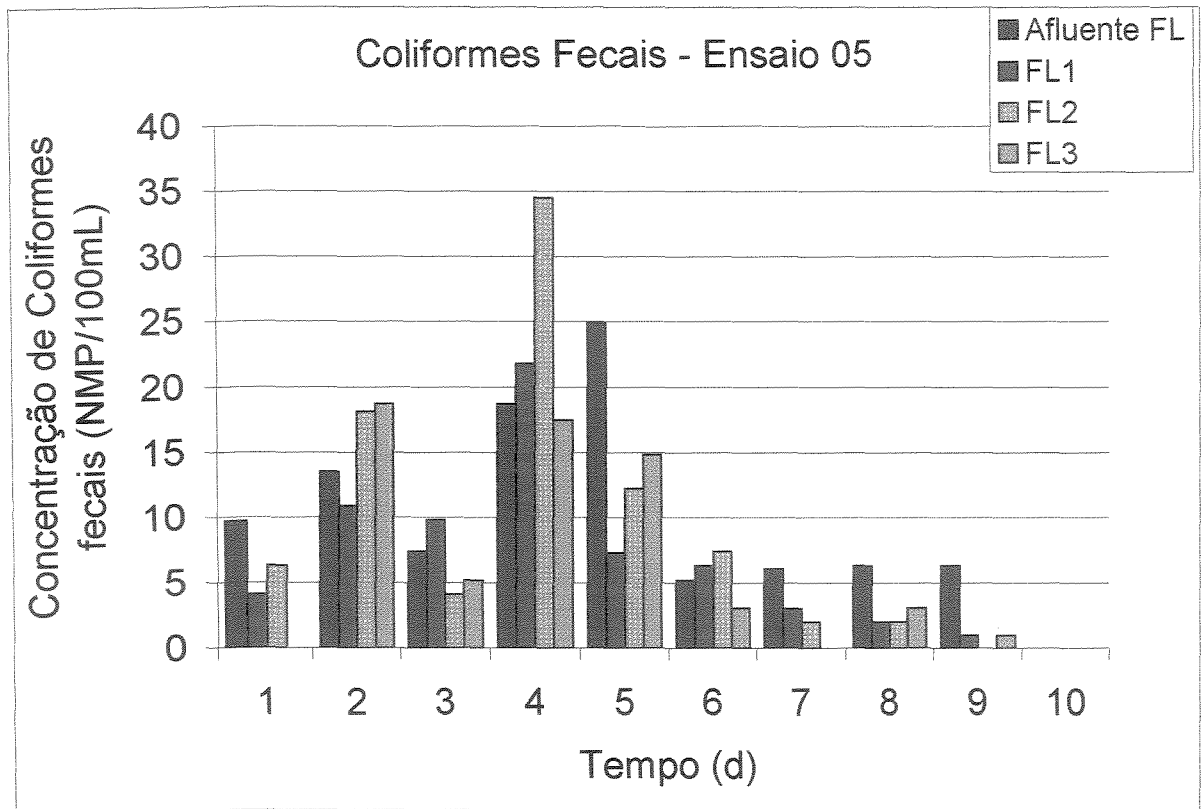


Figura 6.26: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 05.

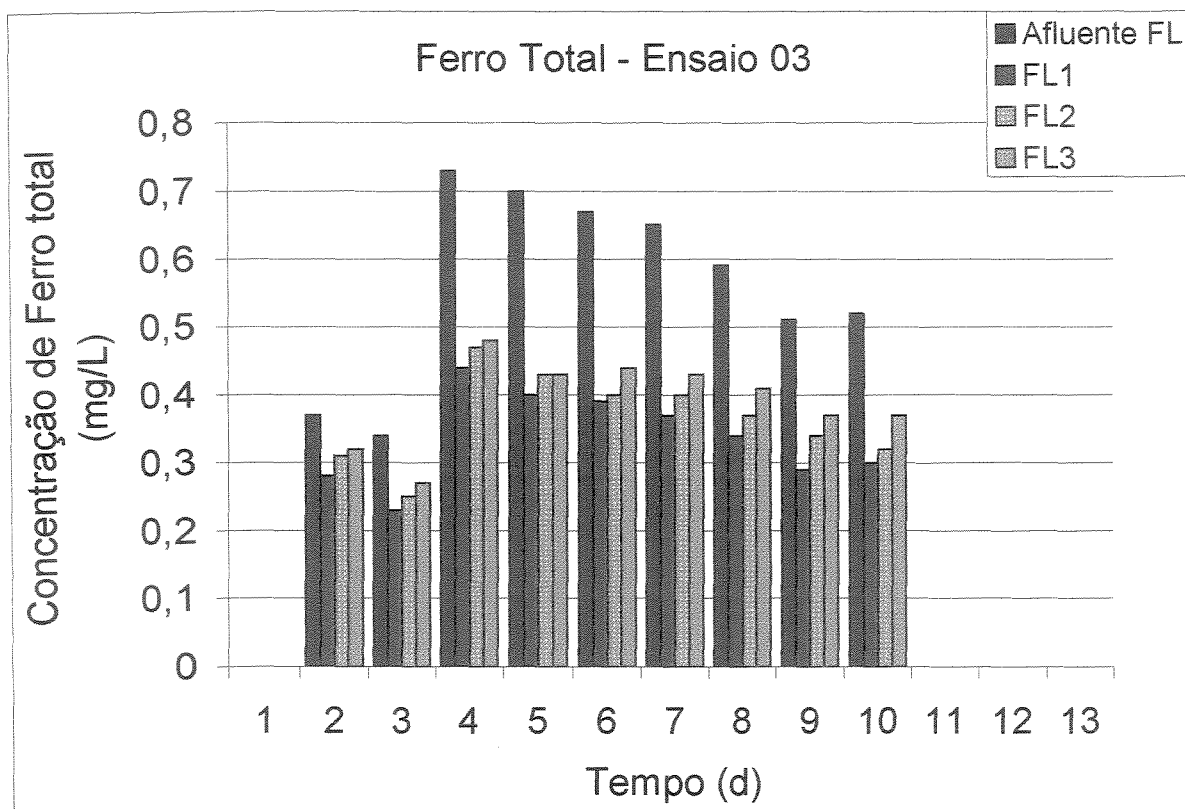


Figura 6.27: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 03.

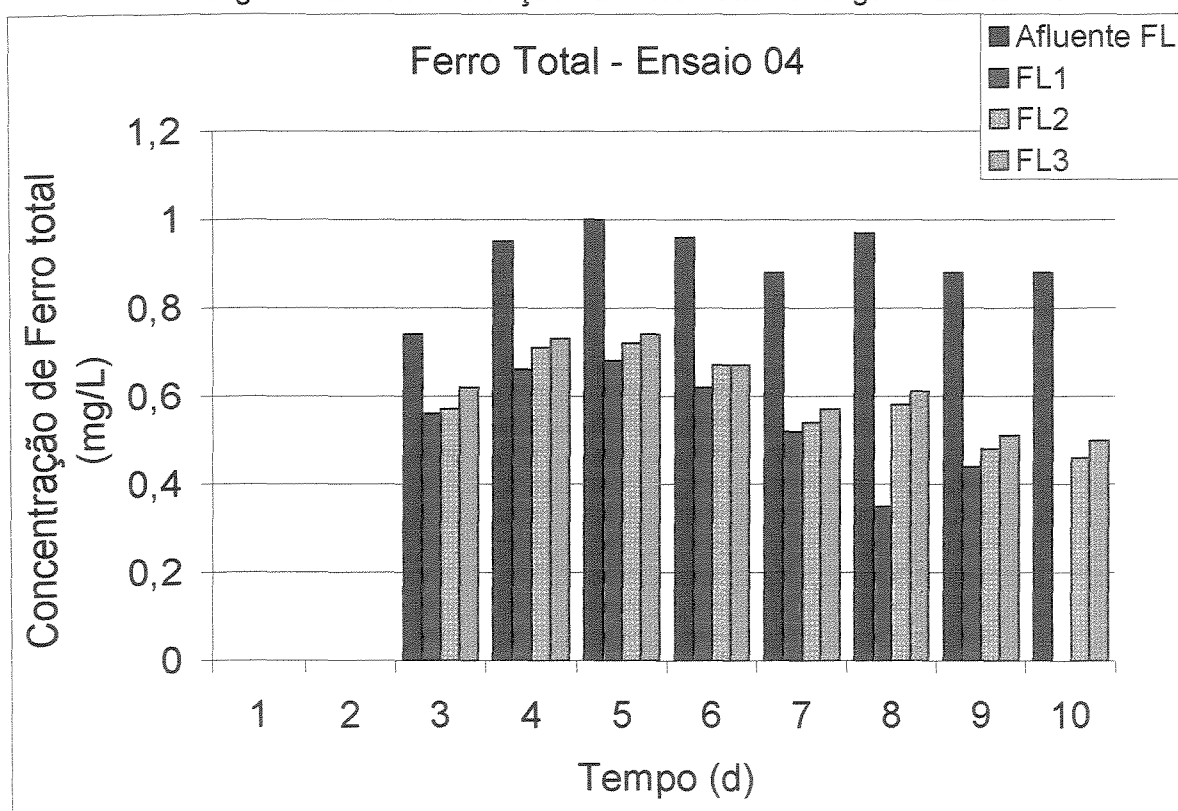


Figura 6.28: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 04.

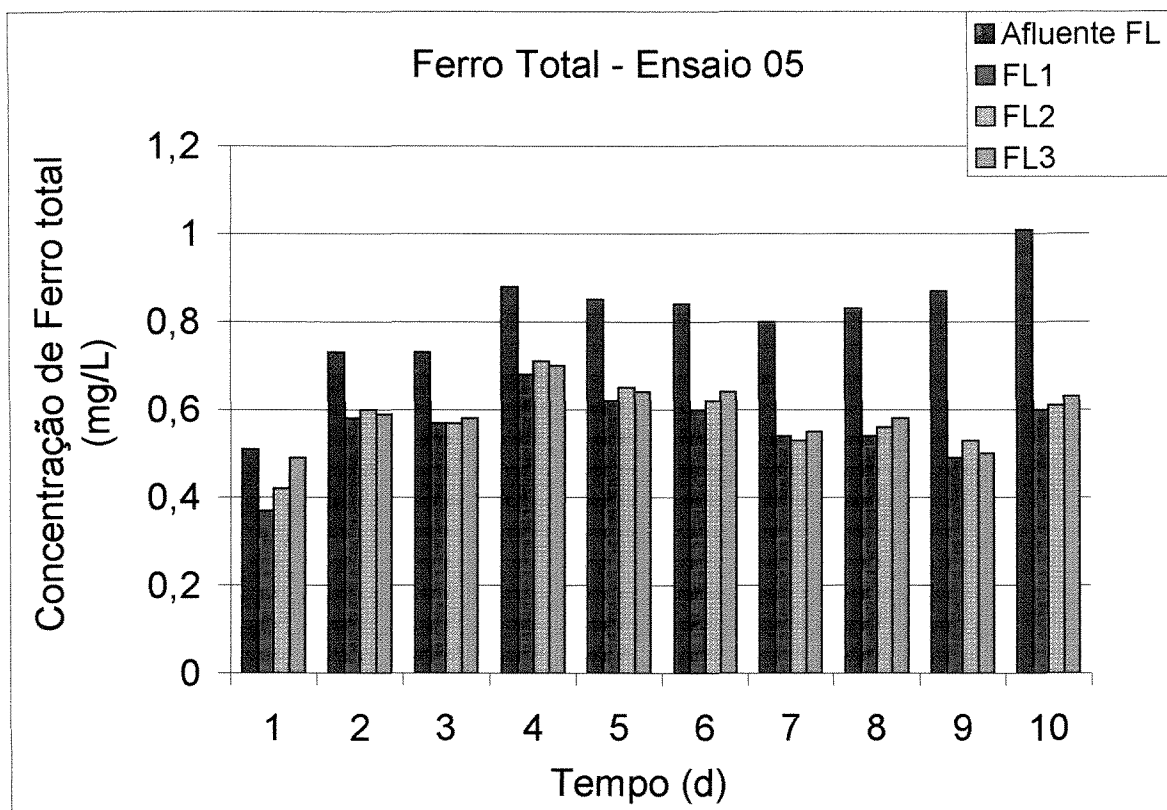


Figura 6.29: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 05.

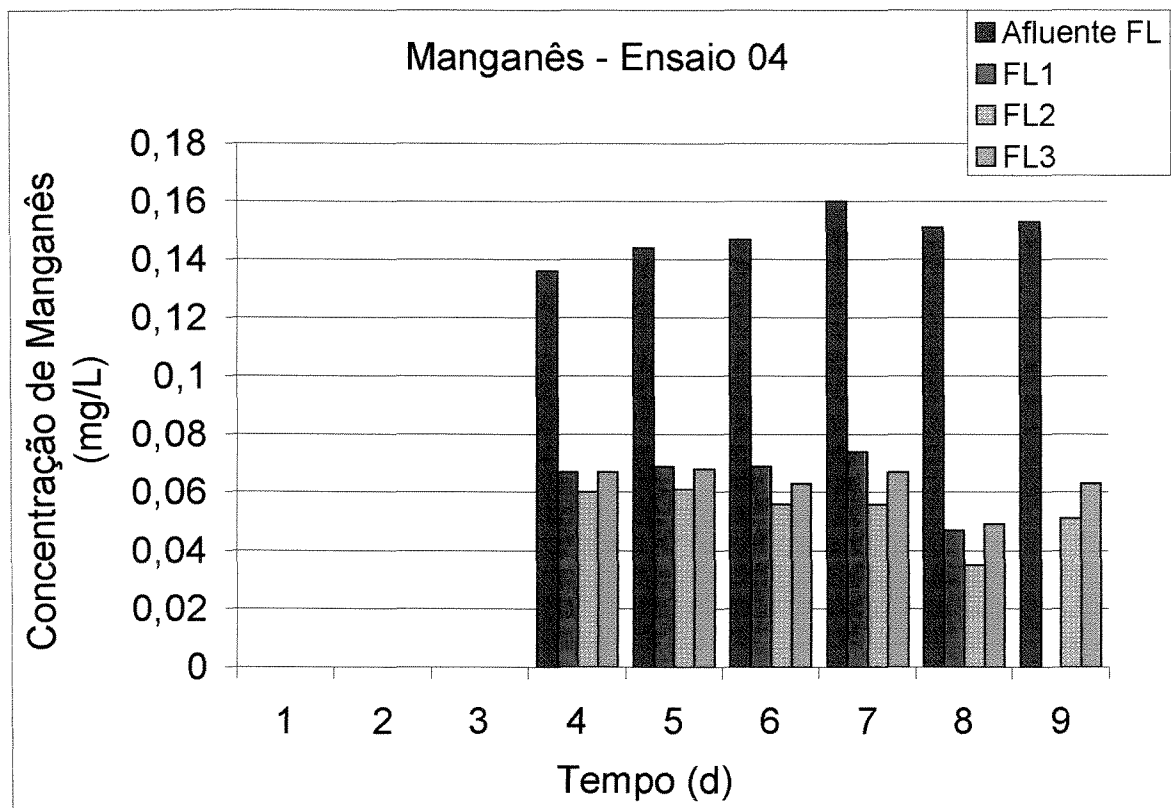


Figura 6.30: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 04.

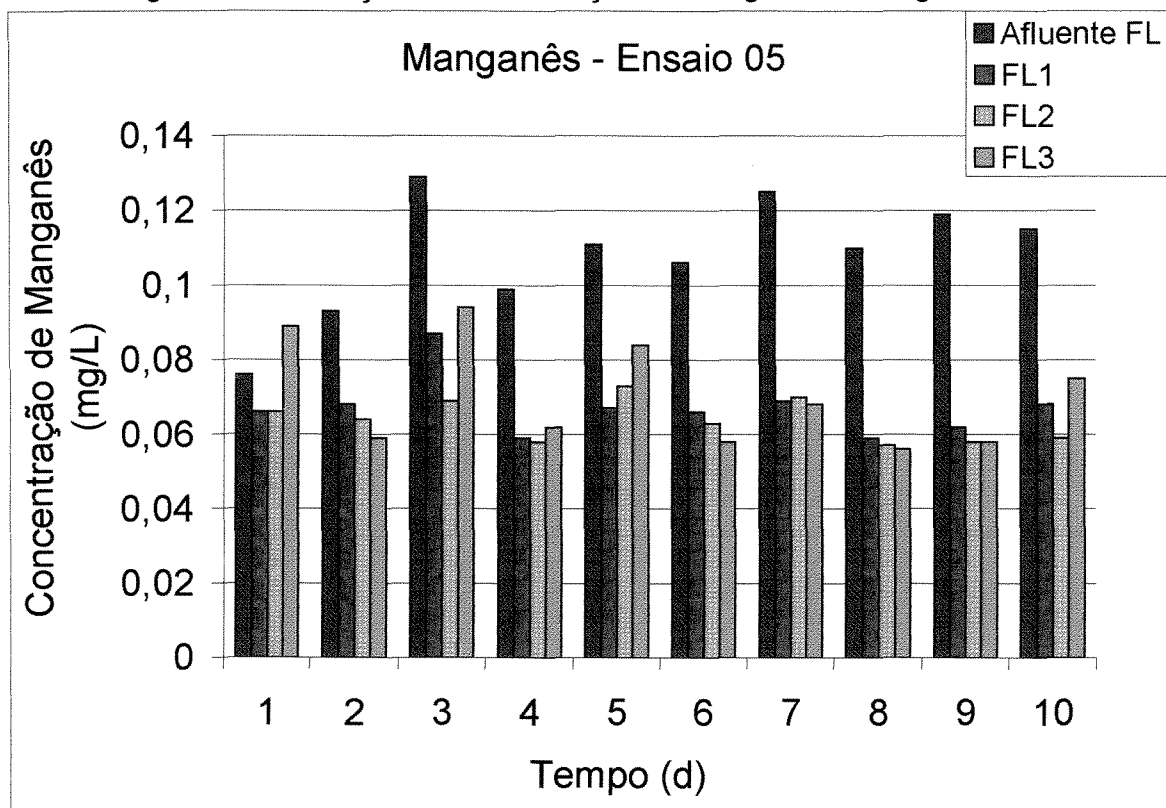


Figura 6.31: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 05.

6.3 Ensaios 6, 7 e 8 (Taxa de filtração: $3\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ - com pré-filtro)

As figuras 6.32, 6.33 e 6.34, mostram a evolução das perdas de carga registradas nos filtros lentos durante a realização dos ensaios 6, 7 e 8, respectivamente. Pode-se notar que o FL3 apresentou maior tempo de funcionamento, 15 dias, nos ensaios 7 e 8 e 14 dias no ensaio 6, enquanto que nos outros dois filtros a carga hidráulica foi vencida com 13 ou 14 dias de operação.

É importante ressaltar o benefício trazido com o pré-tratamento da água bruta, melhorando sua qualidade e assim, prolongando o tempo de funcionamento dos filtros lentos, que antes da instalação do pré-filtro (ensaios 1 e 2), operaram cerca de 10 dias, sob a mesma taxa de filtração.

As figuras 6.35, 6.36 e 6.37, mostram a variação da turbidez na água bruta, afluenta e efluentes dos filtros lentos. Pode-se notar que a turbidez da água bruta sofreu poucas variações durante os 3 ensaios realizados, registrando-se médias em torno de 10 e 11 UNT.

O desempenho do pré-filtro também foi bem semelhante nos 3 ensaios, observando-se uma tendência geral do aumento na eficiência de remoção ao longo do tempo de funcionamento. As eficiências médias de remoção de turbidez obtidas pelo pré-filtro foram aproximadamente iguais a 28% no ensaio 6, 24% no ensaio 7 e 32% no ensaio 8, possibilitando assim, média de turbidez no afluenta aos filtros lentos em torno de 7 UNT.

A tendência do aumento na eficiência de remoção ao longo do tempo de funcionamento foi observada também, de forma mais pronunciada, nos filtros lentos (ver tabela A23). No ensaio 6 a eficiência de remoção média de turbidez registrada nos filtros lentos foi de aproximadamente 47%, obtendo-se assim efluentes com turbidez média de, aproximadamente 4,25 UNT nos FL1 e FL2 e, 4,29 UNT no FL3. Comportamento semelhante foi observado no ensaio 8 com 42%, aproximadamente, de remoção média registrada nos filtros lentos 1 e 3 porém, o FL2 apresentou melhor desempenho, registrando uma eficiência média de remoção de 47% apresentando assim, o efluente de menor turbidez, 3,83 UNT.

O melhor desempenho dos filtros lentos foi obtido no ensaio 7, onde os filtros 1, 2 e 3 apresentaram remoções médias de turbidez de 63%, 64% e 63%, apresentando efluentes com turbidez média de 3,01 UNT, 2,97 UNT e 3,06 UNT, respectivamente.

Com relação à cor aparente (figuras 6.8, 6.39 e 6.40) a água bruta apresentou valores mais elevados durante os ensaios 7 e 8, aproximadamente 141 uC em média. Durante o ensaio 6, a média registrada foi de 118uC.

A passagem da água pelo pré-filtro reduziu a cor da água bruta em, aproximadamente, 27% nos ensaios 6 e 8 e 22% no ensaio 7 assim, a média da cor aparente registrada no afluente aos filtros lentos foi de 85 uC no ensaio 6, 110 uC no ensaio 7 e 102 uC no ensaio 8.

A comparação da qualidade dos efluentes obtidos ao longo dos ensaios 6, 7 e 8 mostra pouca diferença entre os valores médios registrados para a cor, inclusive entre os filtros, porém, as maiores eficiências de remoção foram obtidas no ensaio 7, quando o afluente aos filtros lentos apresentou valor médio de cor aparente maior, 110 uC. As menores eficiências foram obtidas no ensaio 8, onde o afluente apresentou média de cor de 102 uC, e as remoções alcançadas pelos filtros foram de 35% no FL1, 45% no FL2 e 39% no FL3.

A eficiência na remoção de coliformes totais, de forma geral, aumentou com o tempo de funcionamento dos filtros, confirmando novamente essa tendência geral apresentada pelos filtros lentos devido ao crescente amadurecimento do meio filtrante (desenvolvimento da película biológica) ao longo dos dias, conforme se processa a filtração (ver figuras 6.41, 6.42 e 6.43).

Os valores médios da concentração de coliformes totais obtidos nos ensaios 6, 7, e 8 foram 761,7NMP/100mL, 1431,1NMP/100mL e 1367,2 NMP/100mL, respectivamente.

O desempenho dos filtros lentos na remoção de coliformes totais foi muito semelhante nos ensaios 7 e 8, registrando-se remoção média de, aproximadamente, 93% no FL1 e 91% no FL3. Já o FL2 apresentou uma pequena diferença no seu desempenho, apresentando remoção média de aproximadamente 88% no ensaio 7 a qual diminuiu para 82% no ensaio 8.

Durante o ensaio 6 registrou-se a menor concentração média de coliformes totais no afluente, fato que proporcionou bom desempenho dos filtros lentos na remoção desse parâmetro. As concentrações médias de coliformes totais observadas nos efluentes dos filtros 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 80,8 NMP/100mL, 104,3 NMP/100mL e 92,5 NMP/100mL.

Com relação a coliformes fecais, as maiores concentrações registradas na água bruta ocorreram durante o ensaio 7, média de 10,2 NMP/100mL.

As figuras 6.44, 6.45 e 6.46 apresentam as variações de coliformes fecais registradas no afluente e efluentes dos filtros lentos.

De forma geral, o desempenho dos três filtros lentos na remoção de coliformes fecais foi semelhante entre os ensaios, porém, podendo ser considerado insatisfatório já que as concentrações observadas no afluente foram pequenas. No ensaio 6, a eficiência média de remoção geral foi de, aproximadamente, 34% e, no ensaio 7 registrou-se remoções médias de 16% no FL3 e 27% no FL2.

O melhor desempenho de remoção global foi observado no ensaio 8, 80% de remoção média registrado no FL1. Nos filtros lentos 2 e 3 a remoção média obtida foi de, aproximadamente, 18% e 27%, respectivamente. Porém a média da eficiência de remoção nesses dos filtros foi afetada pela presença dos valores negativos nos dois primeiros dias da análise, os quais desapareceram após o 3º dia, onde daí em diante o desempenho dos filtros foi mais efetivo, observando-se altas remoções.

As variações da concentração de ferro observadas no afluente e nos efluentes dos filtros lentos são apresentadas nas figuras 6.47 a 6.49. Nota-se que a água bruta apresentou uma tendência geral de aumento na concentração de ferro, registrando-se no último ensaio média de 1,3 mg/L.

Durante a realização desses ensaios, os filtros lentos não apresentaram grandes contribuições na redução do teor de ferro, porém comportaram-se de forma semelhante entre os ensaios. No ensaio 6, a concentração média de ferro registrada nos efluentes foi de, aproximadamente, 0,7mg/L. Já no ensaio 7 observou-se um comportamento mais efetivo dos filtros na remoção, apresentando efluentes com concentração média de aproximadamente 0,5mg/L de ferro. Com o aumento da concentração de ferro observado na água bruta durante o ensaio 8 a eficiência de

remoção nos filtros lentos diminuiu, obtendo-se médias de, aproximadamente, 1,0 mg/L de ferro nos efluentes.

Com relação ao manganês, as concentrações encontradas no afluente e efluentes dos filtros lentos foram bastante baixas (ver figuras 6.50, 6.51 e 6.52). A concentração média de manganês no afluente aos filtros lentos variou entre 0,23 e 0,09 mg/L (valores obtidos nos ensaios 6 e 7, respectivamente). O mesmo comportamento dos filtros lentos observado com relação à remoção de ferro repetiu-se para o manganês, pouca contribuição na redução do teor de manganês apresentado pelo afluente.

As menores concentrações de manganês foram observadas no ensaio 8, com médias de 0,04 mg/L e 0,05 mg/L apresentadas pelos filtros lentos 2 e 3, respectivamente. Para os outros dois ensaios realizados, a média apresentada pelos efluentes variou de 0,1 a 0,07 mg/L de manganês.

Durante o ensaio 8, optou-se por fazer as análises de coliformes totais e fecais, ferro e manganês em dias alternados.

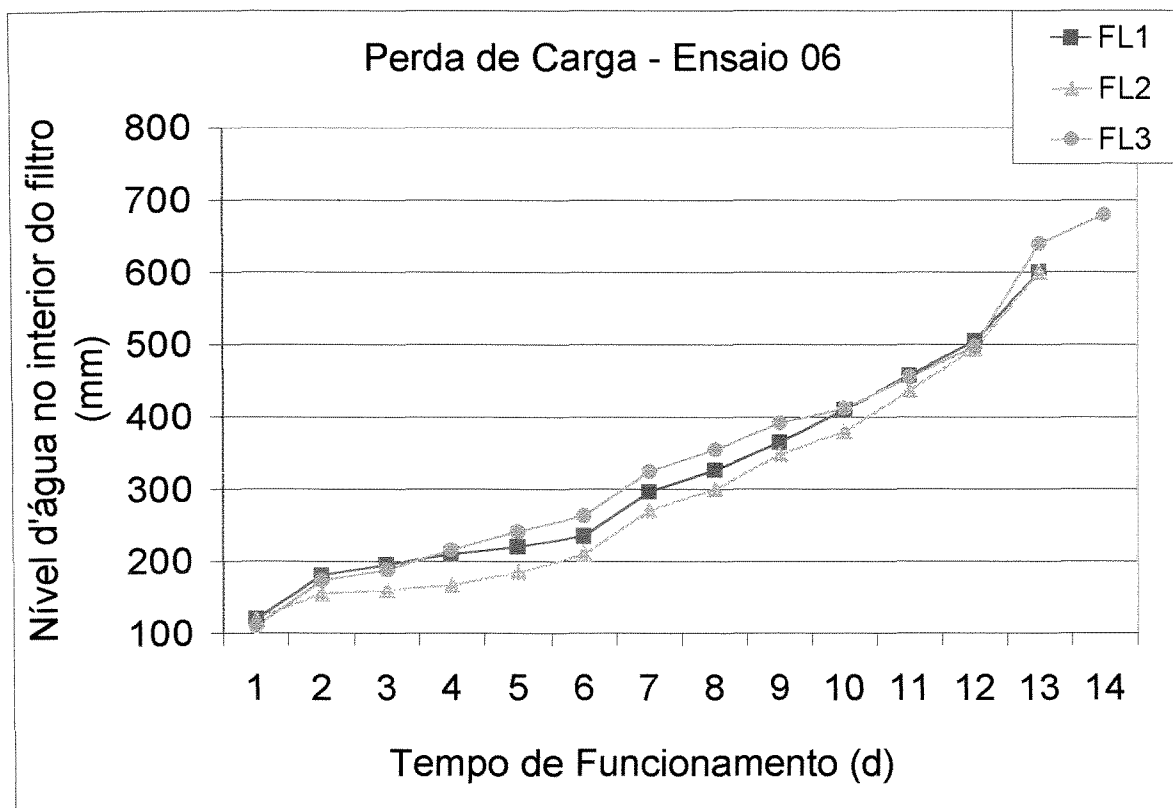


Figura 6.32: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 06.

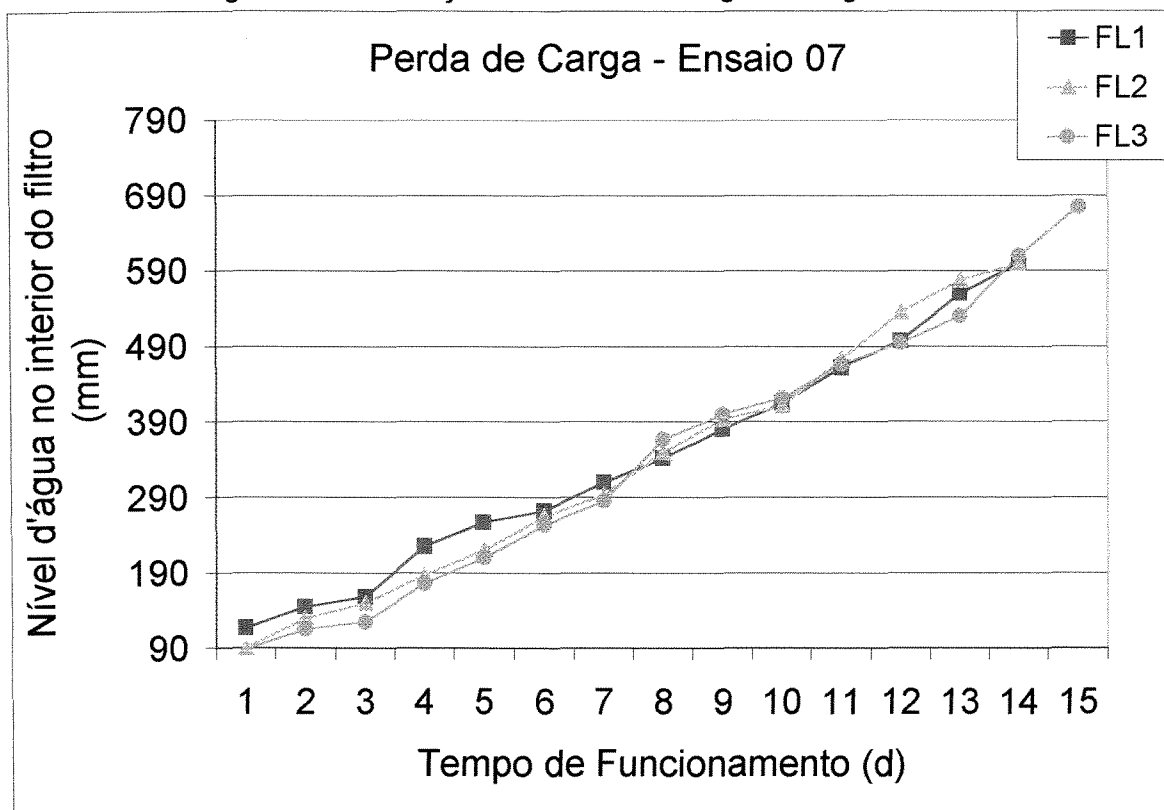


Figura 6.33: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 07.

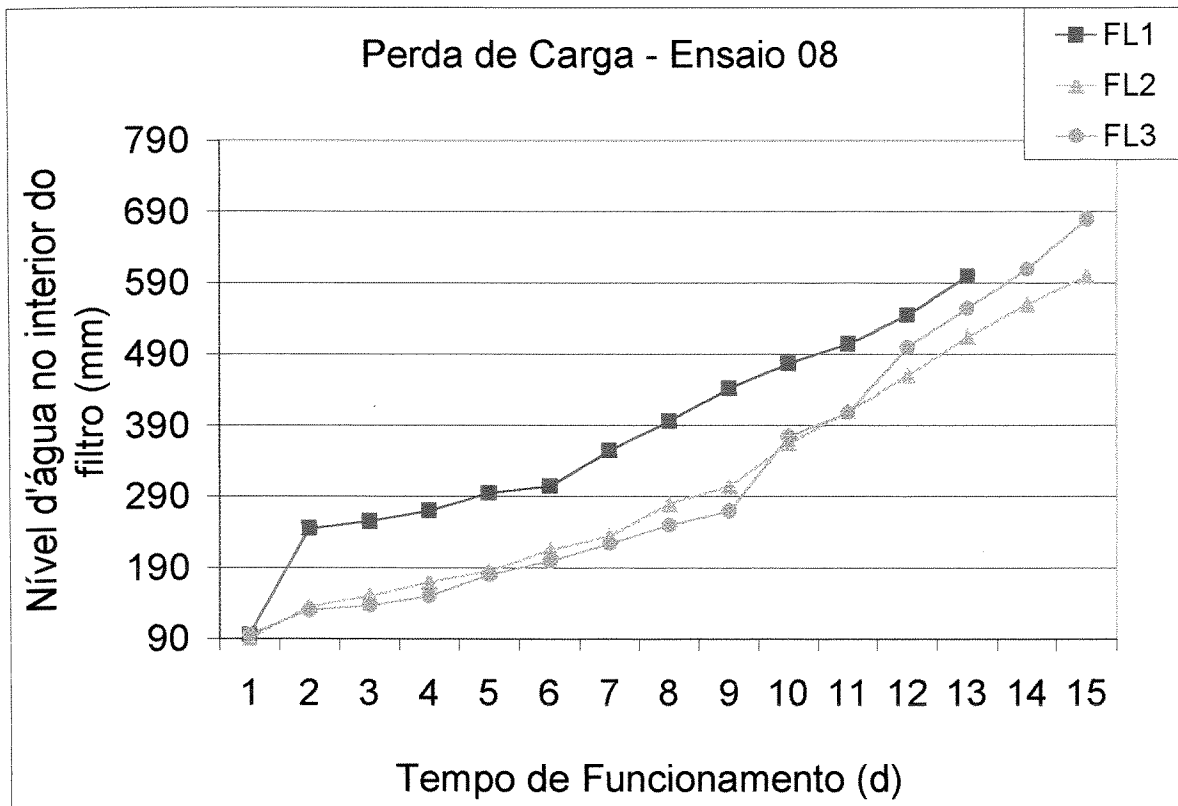


Figura 6.34: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 08.

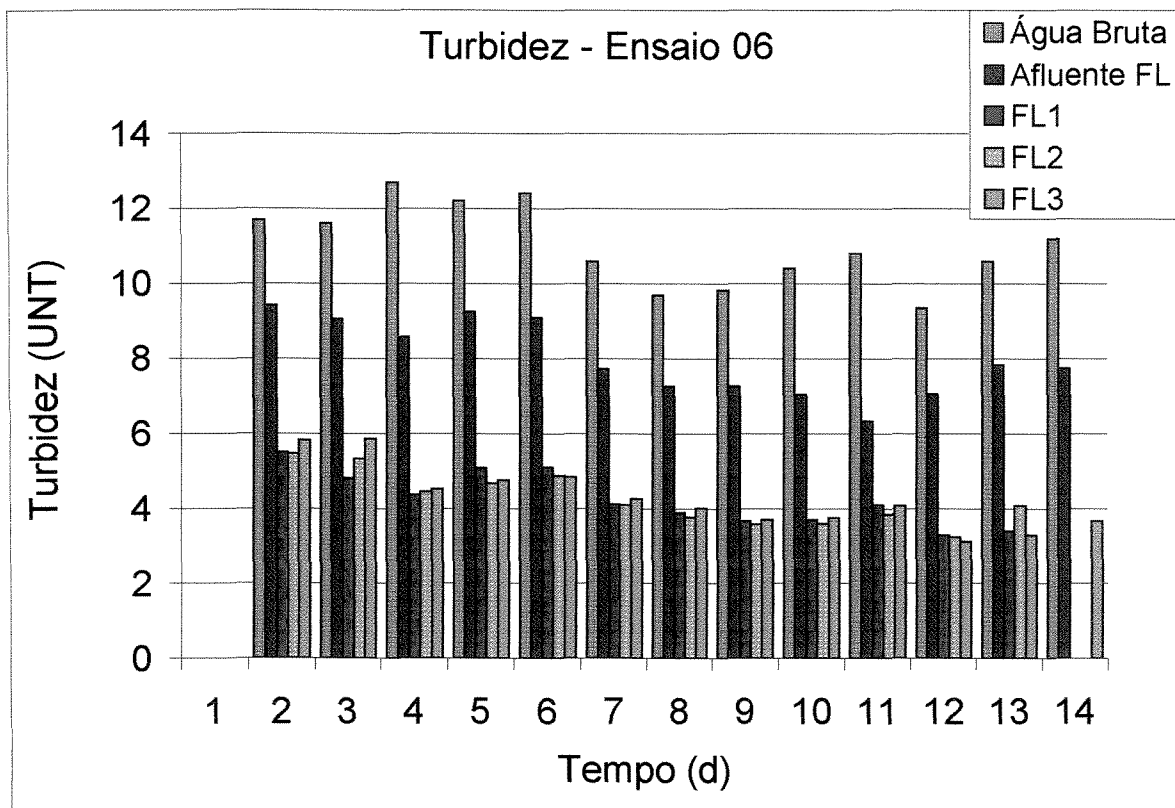


Figura 6.35: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 06.

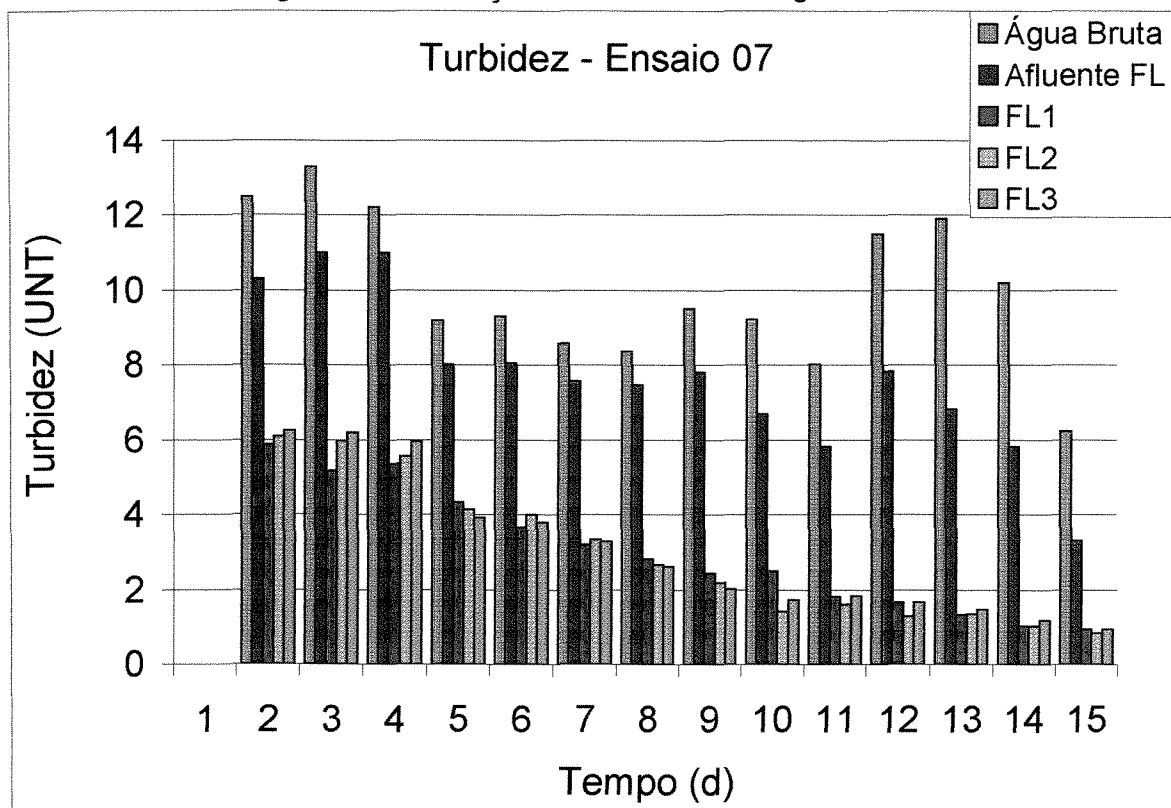


Figura 6.36: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 07.

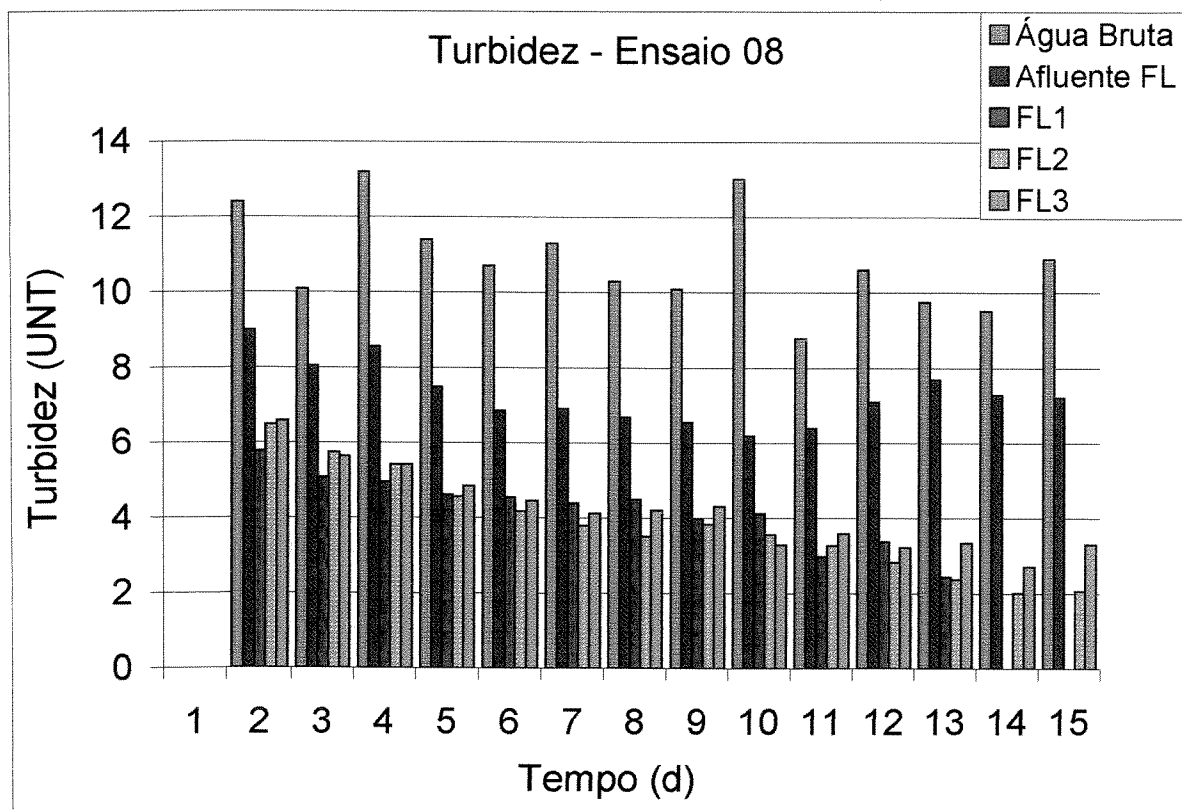


Figura 6.37: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 08.

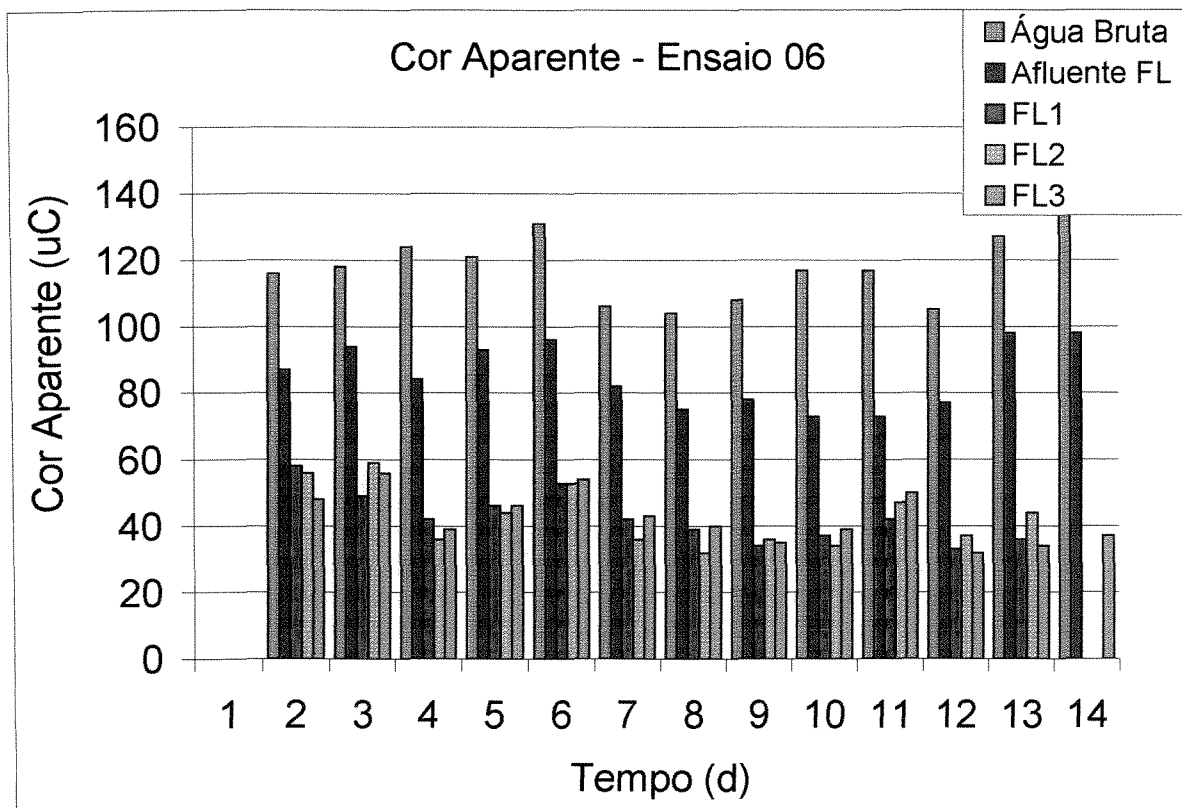


Figura 6.38: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 06.

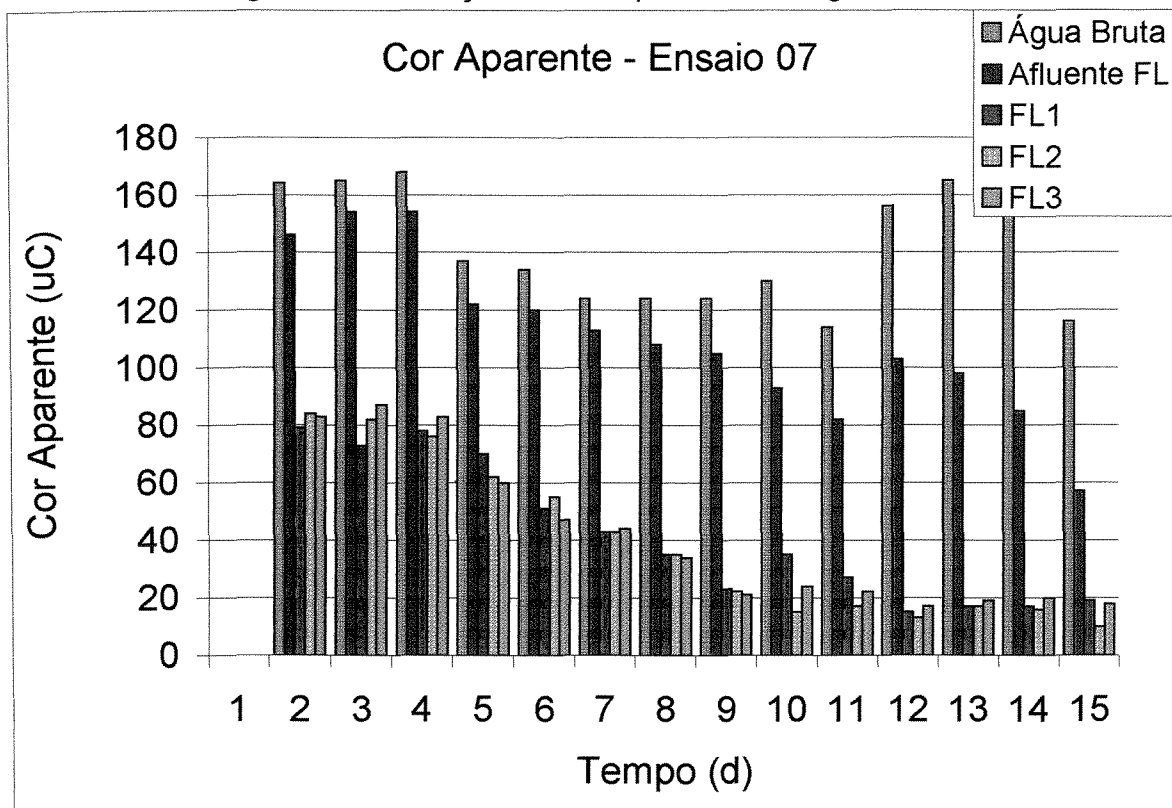


Figura 6.39: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 07.

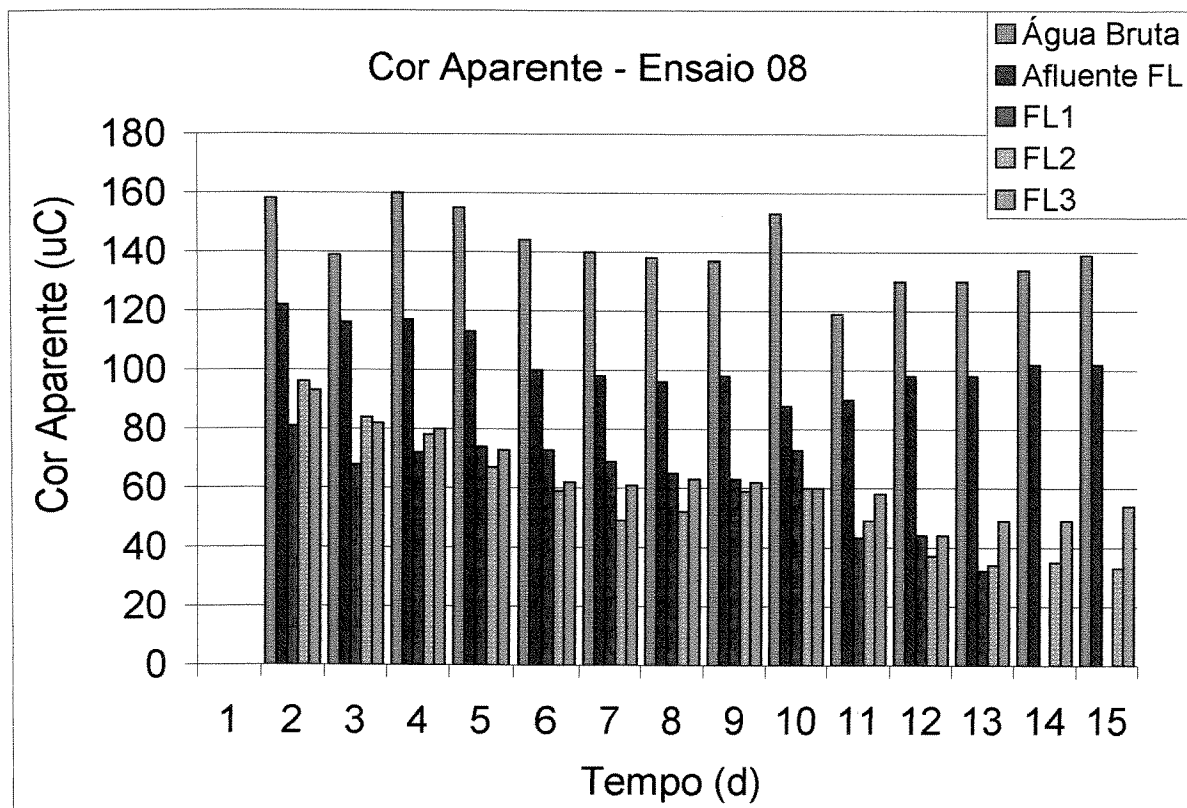


Figura 6.40: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 08.

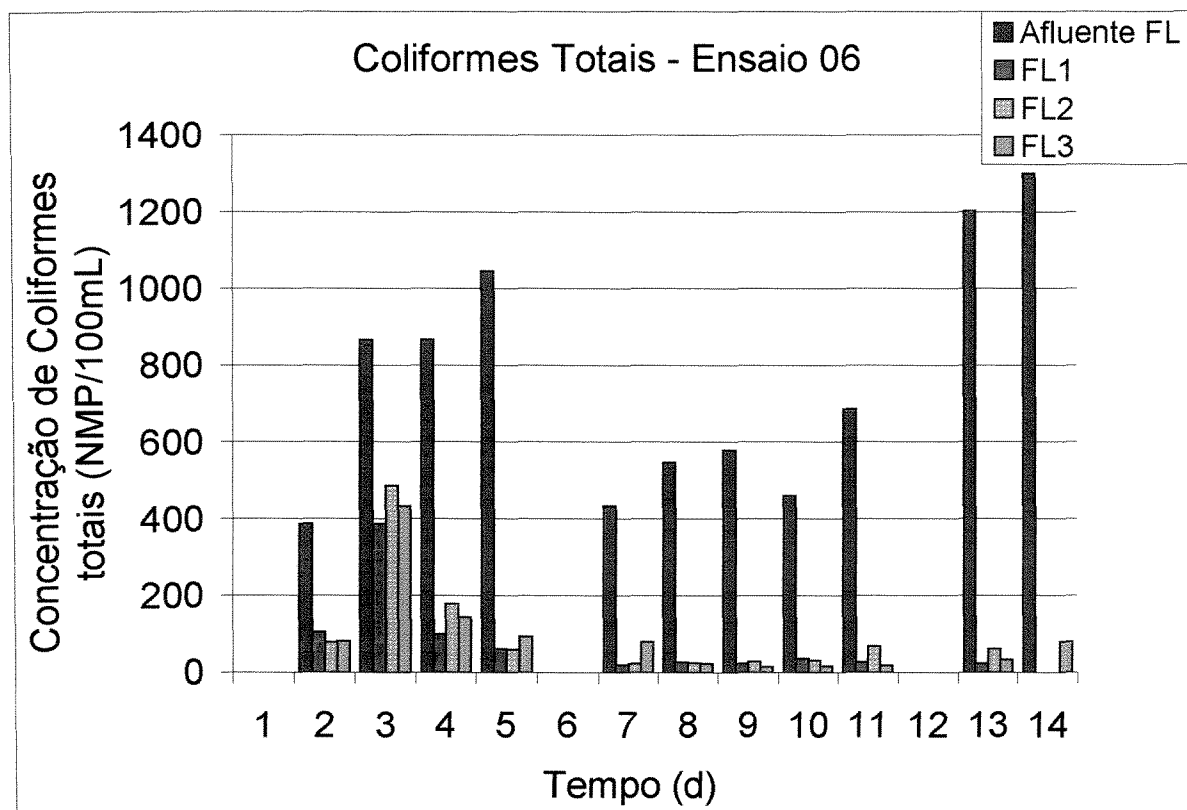


Figura 6.41: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 06.

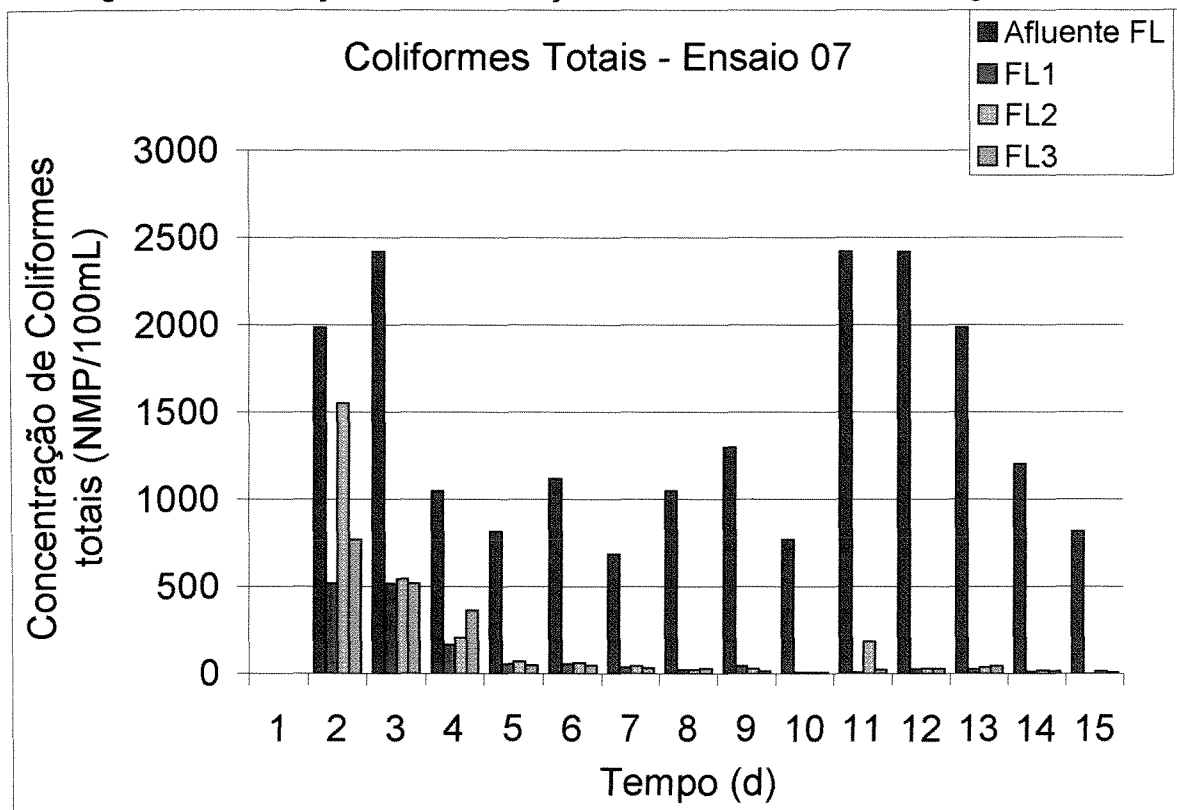


Figura 6.42: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 07.

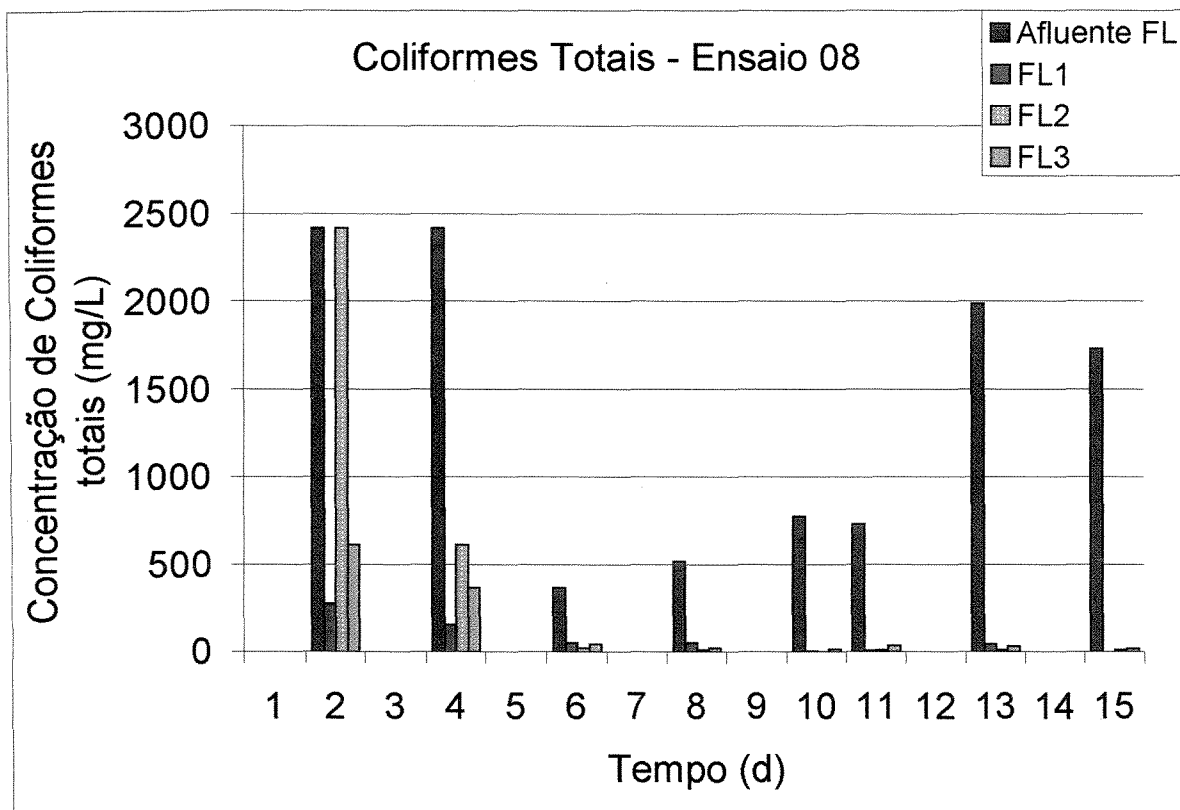


Figura 6.43: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 08.

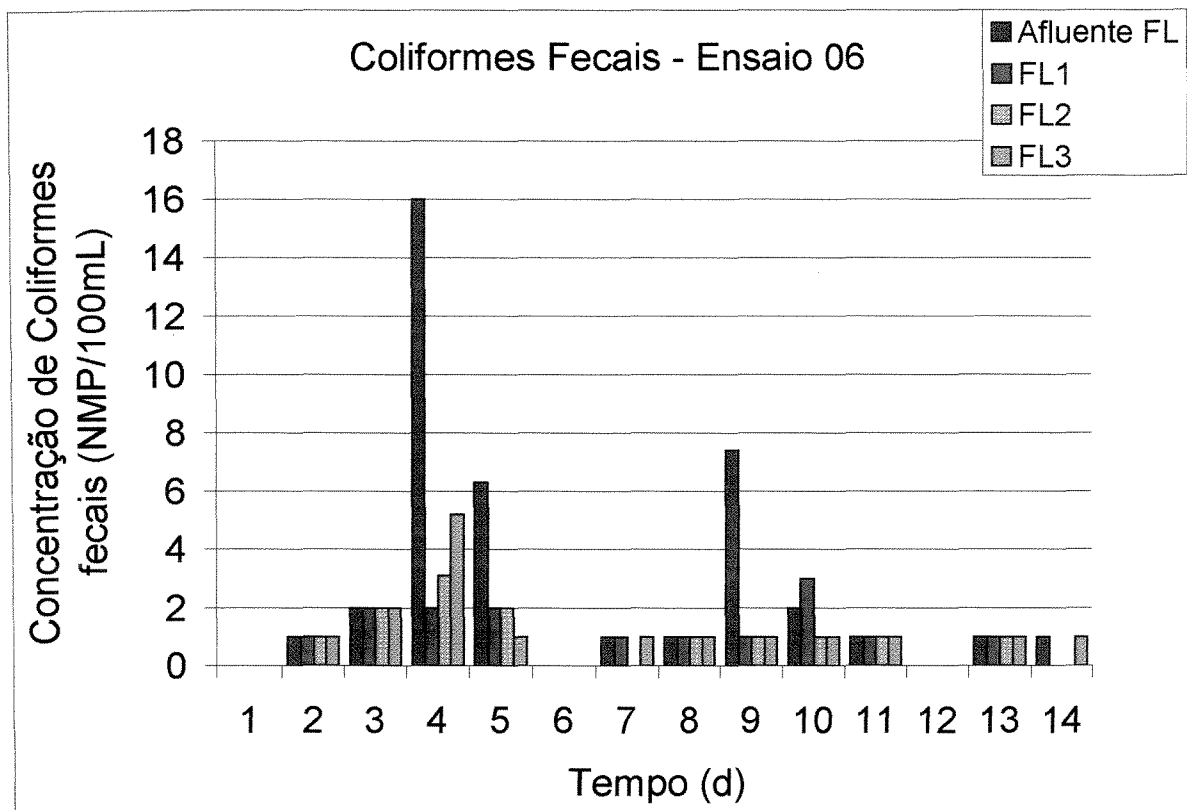


Figura 6.44: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 06.

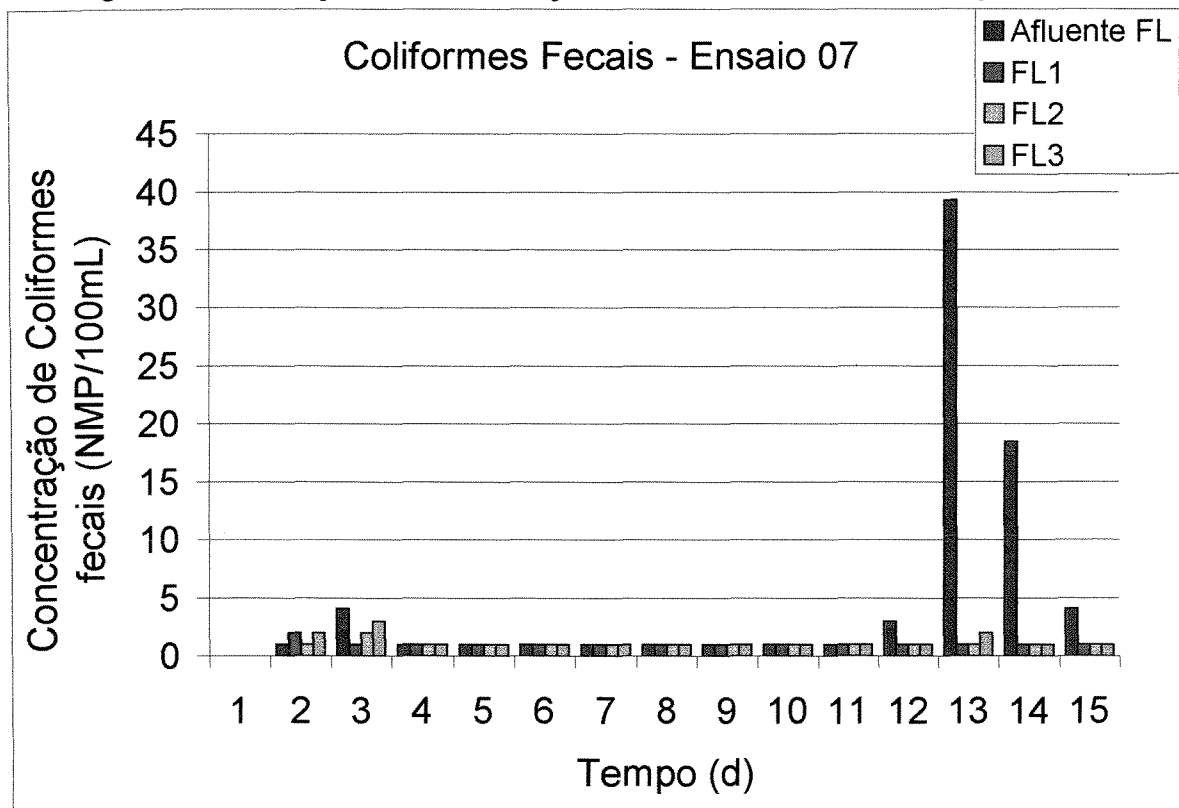


Figura 6.45: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 07.

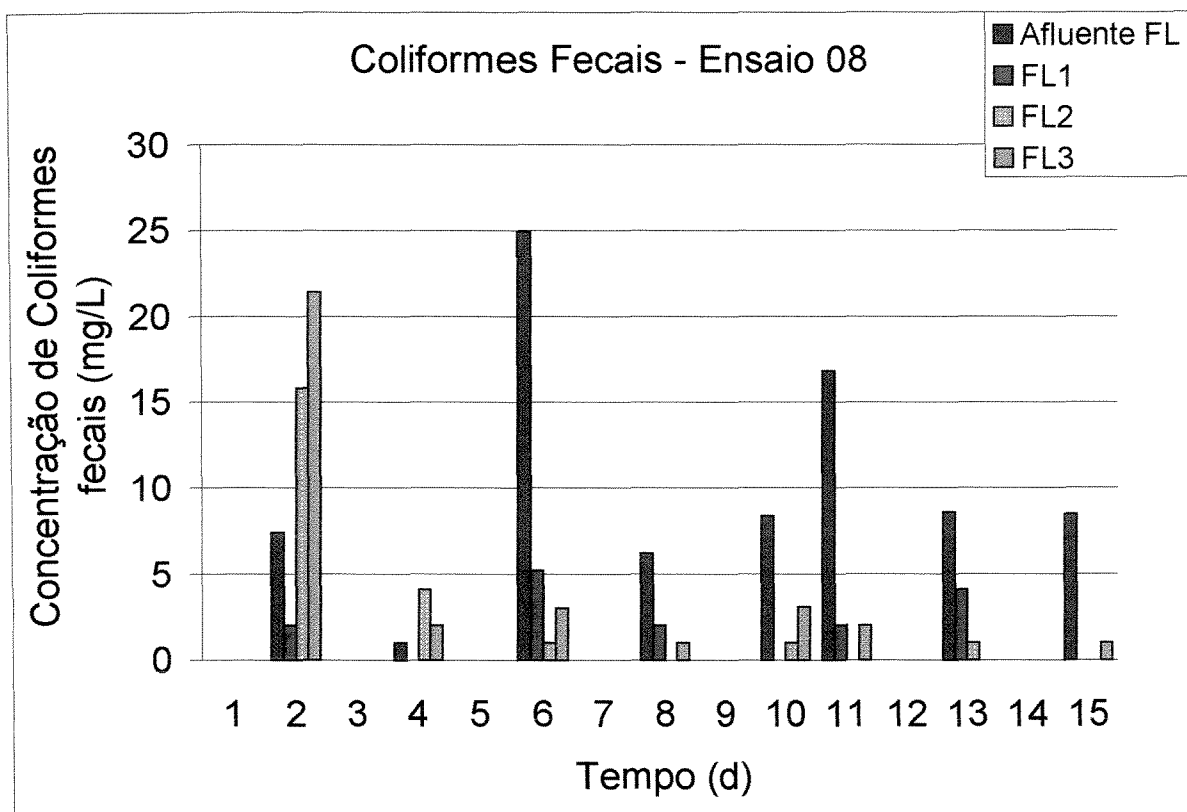


Figura 6.46: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 08.

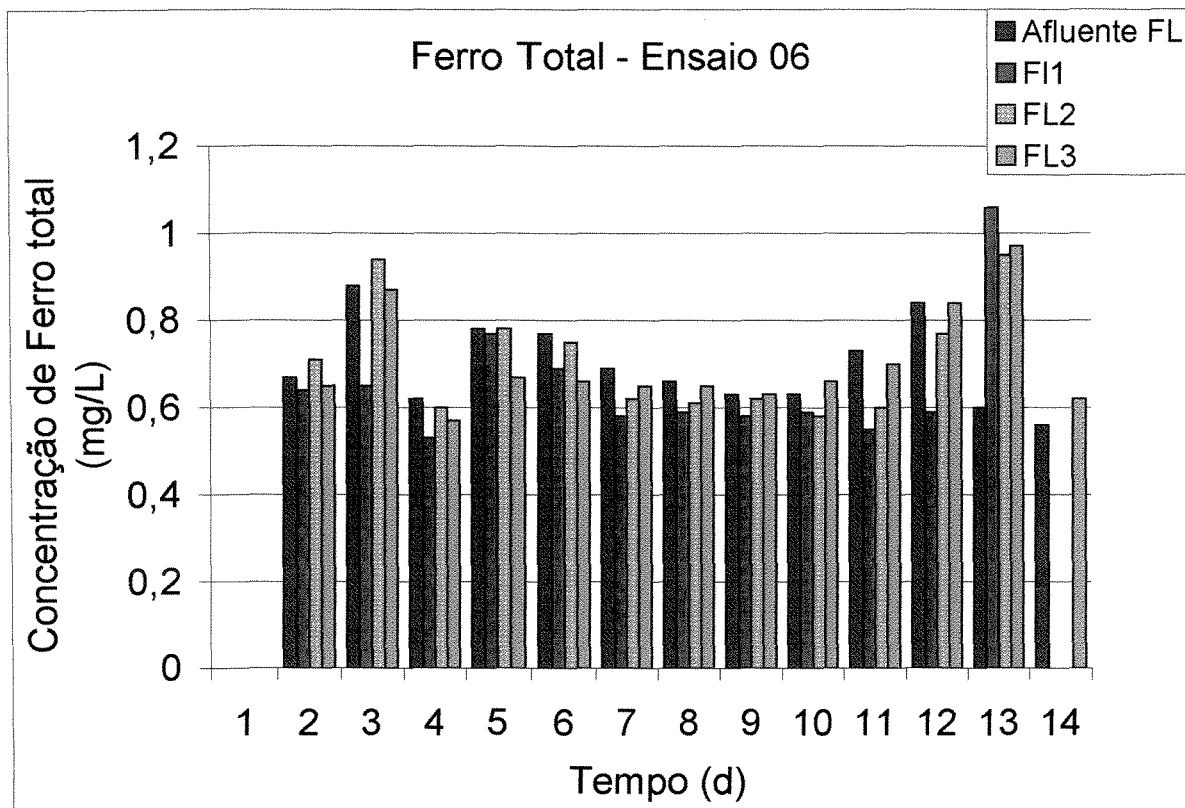


Figura 6.47: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 06.

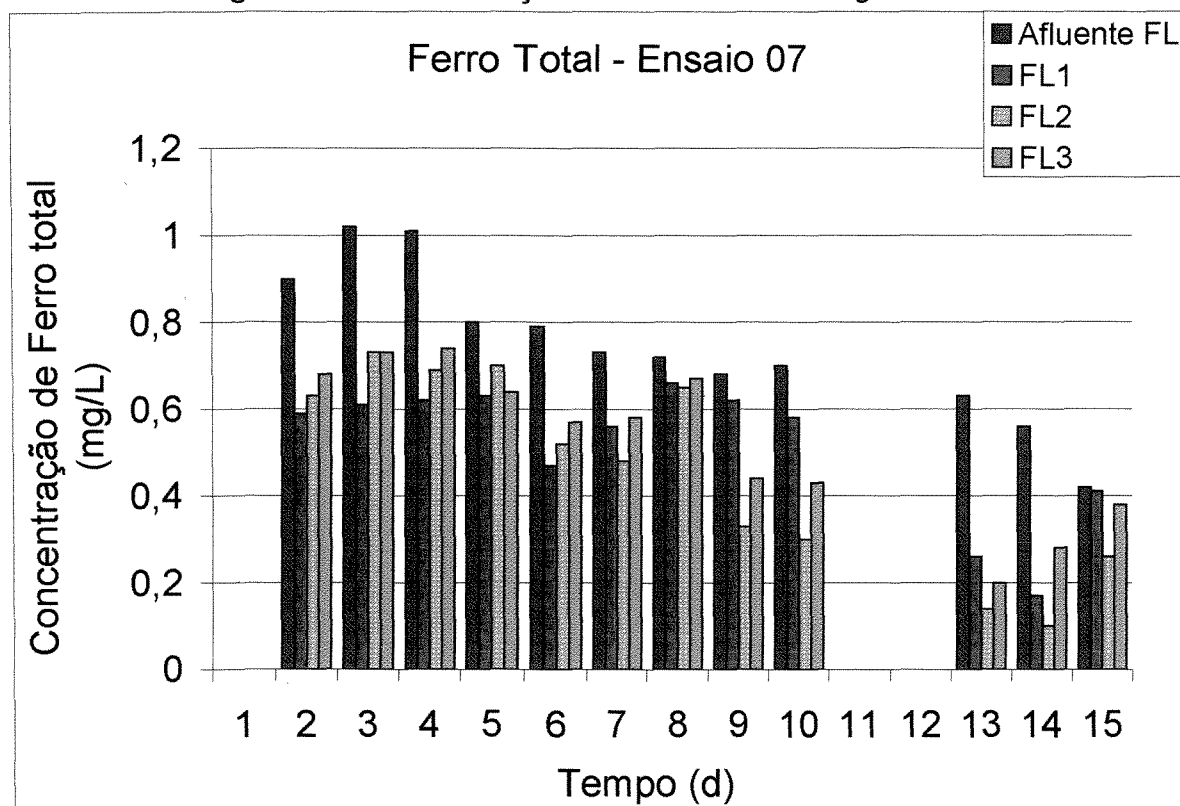


Figura 6.48: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 07.

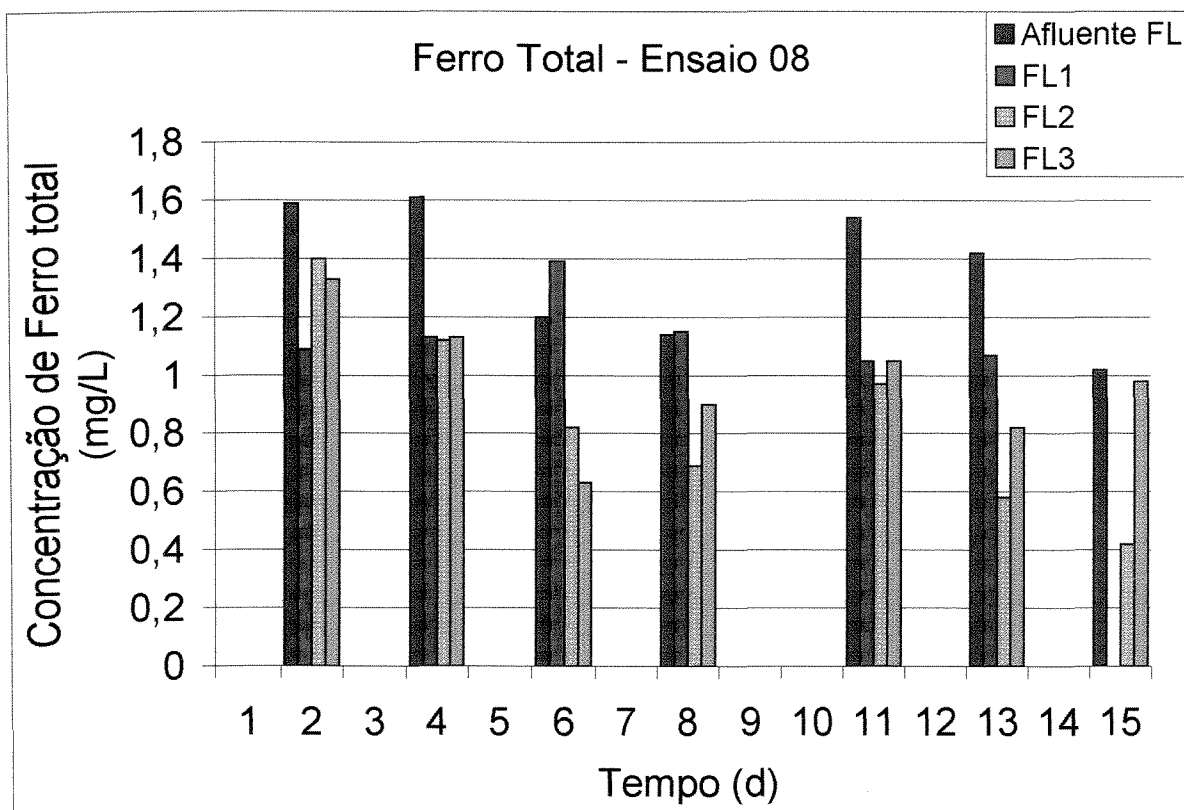


Figura 6.49: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 08.

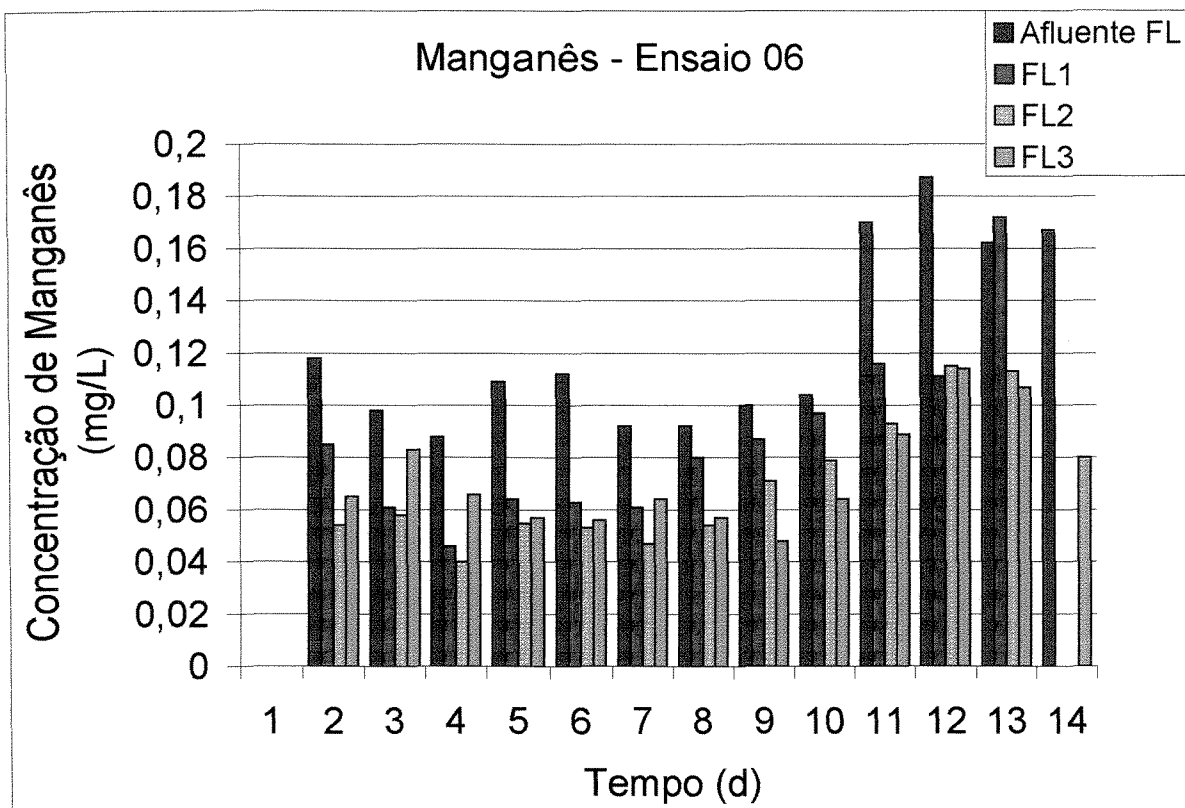


Figura 6.50: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 06.

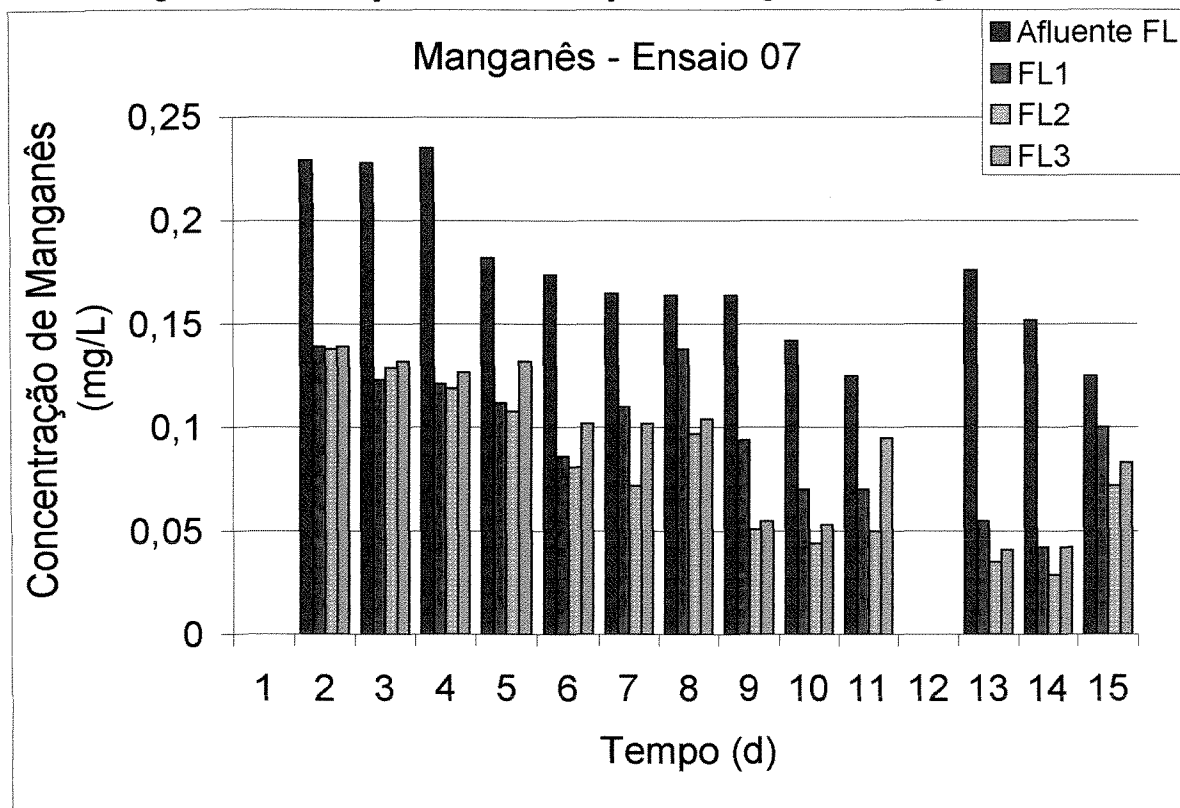


Figura 6.51: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 07.

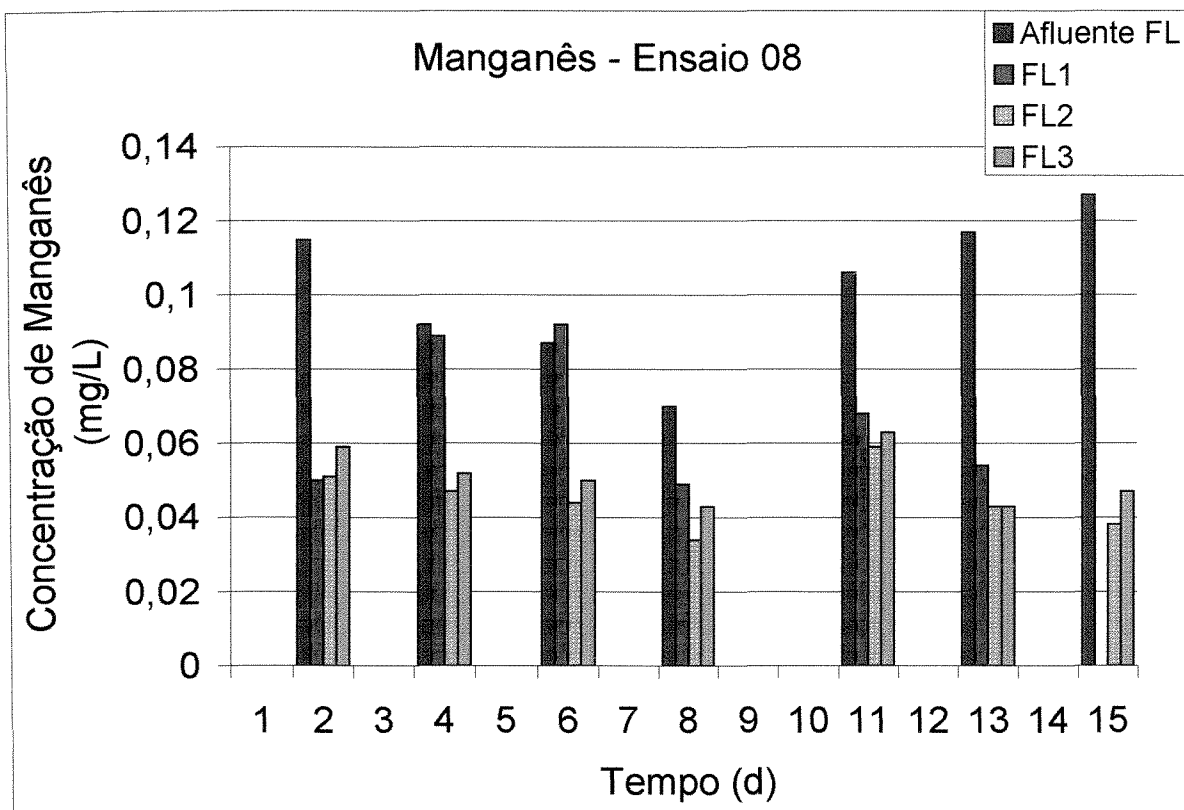


Figura 6.52: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 08.

6.4 Ensaios 9, 10 e 11 (Taxa de filtração: $9\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ - com pré-filtro)

As figuras 6.53, 6.54 e 6.55 trazem a evolução das perdas de carga devido à retenção de impurezas pelo leito filtrante observadas nos ensaios 9, 10 e 11. Como se pode notar, o aumento da taxa de filtração para $9\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ diminuiu o tempo de funcionamento dos filtros lentos, 6 dias durante os ensaios 9 e 10 e 8 dias no ensaio 11. Destaca-se também a rápida evolução da perda de carga no FL3 fazendo com que ele atingisse a perda de carga limite juntamente com os outros dois filtros de menor altura disponível para filtração, fato que quase não foi observado nos ensaios anteriores, com taxas de filtração mais baixas.

O aumento da taxa de filtração para $9\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ pareceu não afetar o desempenho dos filtros lentos na remoção de impurezas. A análise das figuras 6.56 a 6.61 mostra que os efluentes apresentaram qualidade similar à dos ensaios 5, 6 e 7 (taxa de filtração de $3\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$) e superior aos ensaios 3, 4 e 5 (taxa de filtração de $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$), com relação a turbidez e cor.

A água bruta apresentou elevação nos valores de turbidez e cor aparente ao longo desses ensaios, no entanto, a pré-filtração da água permitiu que o afluente aos filtros lentos apresentasse qualidade praticamente constante em cada ensaio. Apesar do aumento gradativo dos valores de turbidez e cor aparente na água bruta, o desempenho do pré-filtro na remoção dos mesmos foi bem semelhante nos 3 ensaios.

Durante o ensaio 9, a água bruta apresentou os menores valores de turbidez e cor aparente, com médias de 8,62 UNT e 108 uC, respectivamente. A pré-filtração da água promoveu a redução desses valores para 5,76 UNT e 80 uC, indicando uma remoção de, aproximadamente, 33% da turbidez e 26% da cor, proporcionando bom desempenho dos filtros lentos na remoção dos mesmos, os quais apresentaram turbidez efluente entre 4,15 e 1,98 UNT e cor variando de 62 a 31 uC, sendo os menores valores obtidos nos últimos dias de funcionamento dos filtros.

No ensaio 10 os valores médios de turbidez e cor registrados na água bruta foram de 10,9 UNT e 130 uC, respectivamente. Com a pré-filtração esses valores foram reduzidos para 7,11 UNT e 98 uC em média, indicando uma redução de cerca de 32%

da turbidez e 23% da cor. Neste ensaio a maior eficiência de remoção foi obtida no FL1, o qual apresentou médias de turbidez e cor de 4,12 UNT e 60 uC, respectivamente.

Os valores mais elevados de turbidez e cor aparente foram observados ao longo do ensaio 11, tanto na água bruta como no afluente e efluente dos filtros lentos. Os valores médios de turbidez e cor registrados na água bruta foram de 13,4 UNT e 158 uC, respectivamente. Com a pré-filtração esses valores foram reduzidos para 8,31 UNT e 113 uC em média, indicando uma redução de, aproximadamente, 37% da turbidez e 28% da cor.

Os efluentes dos filtros lentos 1 e 3 apresentaram qualidade bem semelhante, com turbidez média de, aproximadamente 5,7 UNT e média de cor aparente em torno de 80 uC. O FL2 por sua vez apresentou efluente com melhor qualidade, registrando 5,3 UNT e 74 uC, em média, respectivamente, para turbidez e cor.

Nos ensaios 10 e 11 nota-se que a passagem da água bruta pelo pré-filtro promoveu certa melhoria da qualidade da água afluente aos filtros lentos porém, observou-se que mesmo assim, este apresentou valores mais elevados de cor e turbidez, muito próximos aos registrados para a água bruta durante o ensaio 9.

As concentrações de coliformes totais registradas na água bruta durante os ensaios 9, 10 e 11 foram bem elevadas, variando de 866,4 NMP/100mL a 2419,0 NMP/100mL.

As remoções obtidas pelos filtros lentos apesar de altas (97,4% registrada no ensaio 10) não significaram baixas concentrações de coliformes totais nos efluentes devido a quantidade desses organismos apresentada pela água bruta.

Durante o ensaio 10, foram observadas as menores concentrações de coliformes totais nos efluentes dos filtros lentos, médias de 143,8 NMP/100mL (FL1), 48,2 NMP/100mL (FL2) e 120,6 NMP/100mL (FL3). Já no ensaio 9, registrou-se o menor desempenho dos filtros lentos na remoção desses microrganismos obtendo-se assim efluentes com as maiores concentrações de coliformes totais, médias de 766,0 NMP/100mL, 851,1 NMP/100mL e 777,4 NMP/100mL nos filtros lentos 1, 2 e 3, respectivamente. esses resultados podem ser melhor visualizados nas figuras 6.62, 6.63 e 6.64 e nas tabela A36 (Anexo A).

A concentração de coliformes fecais na água bruta apresentou elevação gradativa ao longo dos ensaios. No ensaio 9, a concentração média de coliformes fecais registrada foi de 2,05 NMP/100mL chegando a 30,0 NMP/100mL no ensaio 11.

As figuras 6.65 a 6.67 apresentam as variações das concentrações de coliformes fecais registradas no afluente e efluentes dos filtros lentos e na tabela A37 (Anexo A) trazem as porcentagens de remoção obtidas ao longo dos ensaios.

Os efluentes dos filtros lentos apresentaram qualidade bem semelhante entre si com relação à coliformes fecais ao longo de cada ensaio.

No ensaio 9, onde observou-se menores concentrações de fecais no afluente, também foram registrados efluentes com concentrações, médias de 1,5 NMP/100mL, 2,6 NMP/100mL e 2,4 NMP/100mL, respectivamente, nos filtros lentos 1, 2 e 3.

Pode-se notar, através da análise das figuras 6.65, 6.66 e 6.67 que os efluentes dos filtros lentos apresentaram, nos dois primeiros dias de análise, concentrações de coliformes fecais maiores que as registradas no afluente. Neste caso, há grande probabilidade da ocorrência de possíveis sujeiras presentes no meio no meio filtrante, remanescentes dos ensaios anteriores, já que o fato foi verificado somente no primeiro dia da análise. Possíveis erros na análise também podem ter contribuído para a obtenção desses valores.

Nos ensaios 10 e 11, observou-se um aumento gradativo nas concentrações de coliformes fecais dos efluentes (comportamento observado também no afluente). No ensaio 10, os filtros 2 e 3 apresentaram desempenho de remoção semelhante ao observado no ensaio 9 (apesar do afluente ter apresentado concentrações de coliformes fecais muito maiores durante esse ensaio), apresentando efluentes com concentrações médias de coliformes fecais iguais a 1,0 NMP/100mL e 2,6 NMP/100mL. Já o filtro 1, apresentou-se menos efetivo na remoção desse microrganismo, registrando concentração média de coliformes fecais de 4,7 NMP/100mL.

As maiores concentrações foram registradas no ensaio 11, médias de 6,3 NMP/100mL, 5,0 NMP/100mL e 5,8 NMP/100mL, respectivamente, nos filtros lentos 1, 2 e 3.

As figuras 6.68 e 6.69 apresentam as concentrações de ferro observadas no afluente e efluentes ao longo dos ensaios 9 e 10, respectivamente.

Durante o ensaio 9, foram observadas concentrações menores de ferro no afluente, média de 0,73 mg/L, assim, os efluentes durante esse ensaio também apresentaram menores teores de ferro, aproximadamente, 0,5 mg/L enquanto que no ensaio 10, a concentração média registrada nos efluentes foi de cerca de 0,8 mg/L para teores de ferro variando de 1,21 mg/L a 0,90 mg/L no afluente aos filtros lentos, mostrando assim o desempenho menos eficiente dos filtros lentos na remoção de ferro durante esse ensaio.

Devido a problemas técnicos ocorridos no ensaio 11, a análise de ferro só pode ser realizada nos dois primeiros dias de funcionamento dos filtros, apesar disso, nota-se que o afluente aos filtros lentos continuou apresentando concentrações de ferro mais elevadas seguindo a tendência observada no ensaio anterior, pouca contribuição dos filtros lentos na redução da concentração de ferro.

Com relação ao manganês, o afluente aos filtros lentos apresentou pequena variação de valores ao longo dos ensaios, obtendo-se concentrações médias de 0,09 mg/L, 0,07 mg/L e 0,08 mg/L de manganês nos ensaios 9, 10 e 11, respectivamente.

O desempenho dos filtros lentos na remoção de manganês também foi bem semelhante, e a concentração média observada nos efluentes foi de cerca de 0,04 mg/L de manganês.

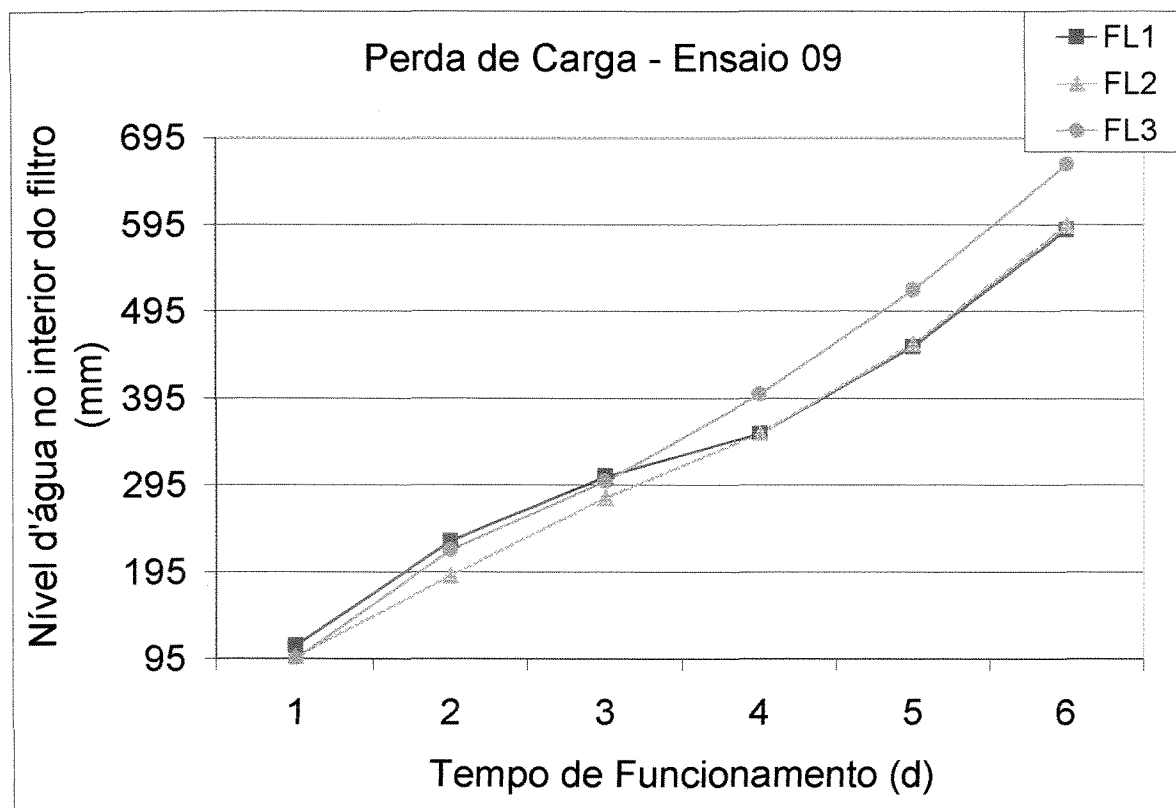


Figura 6.53: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 09.

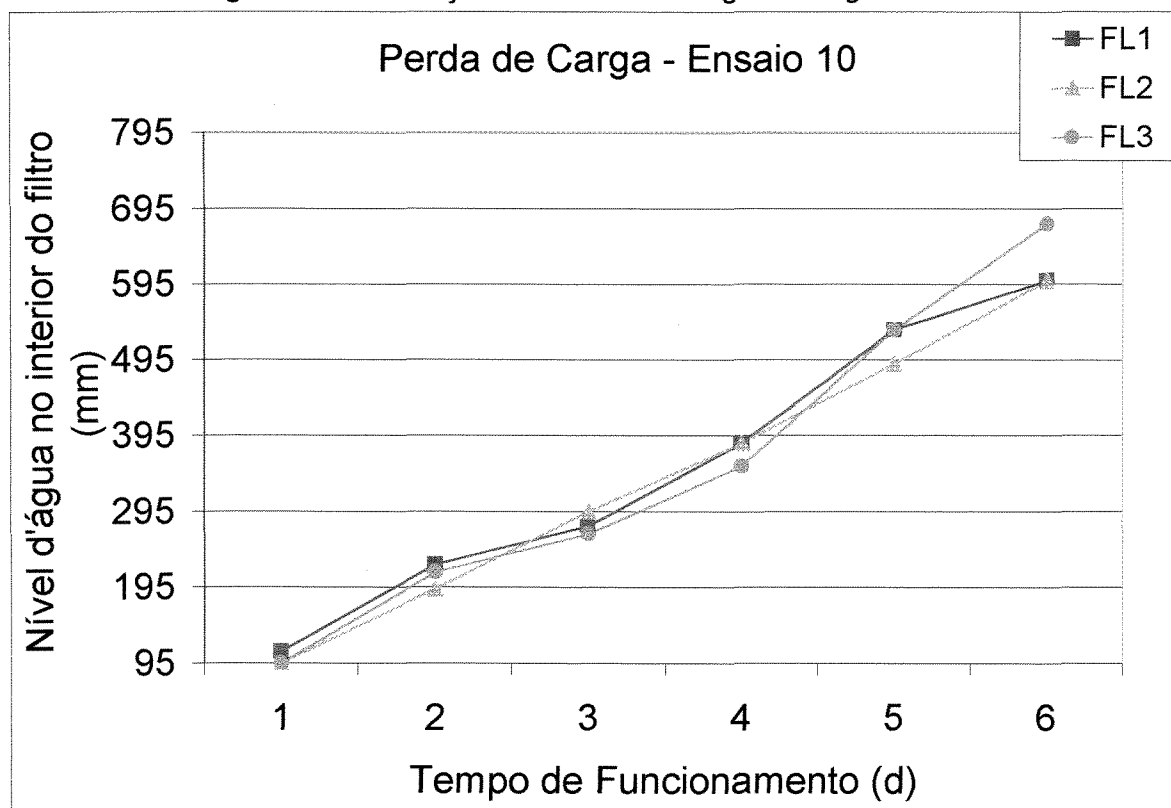


Figura 6.54: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 10.

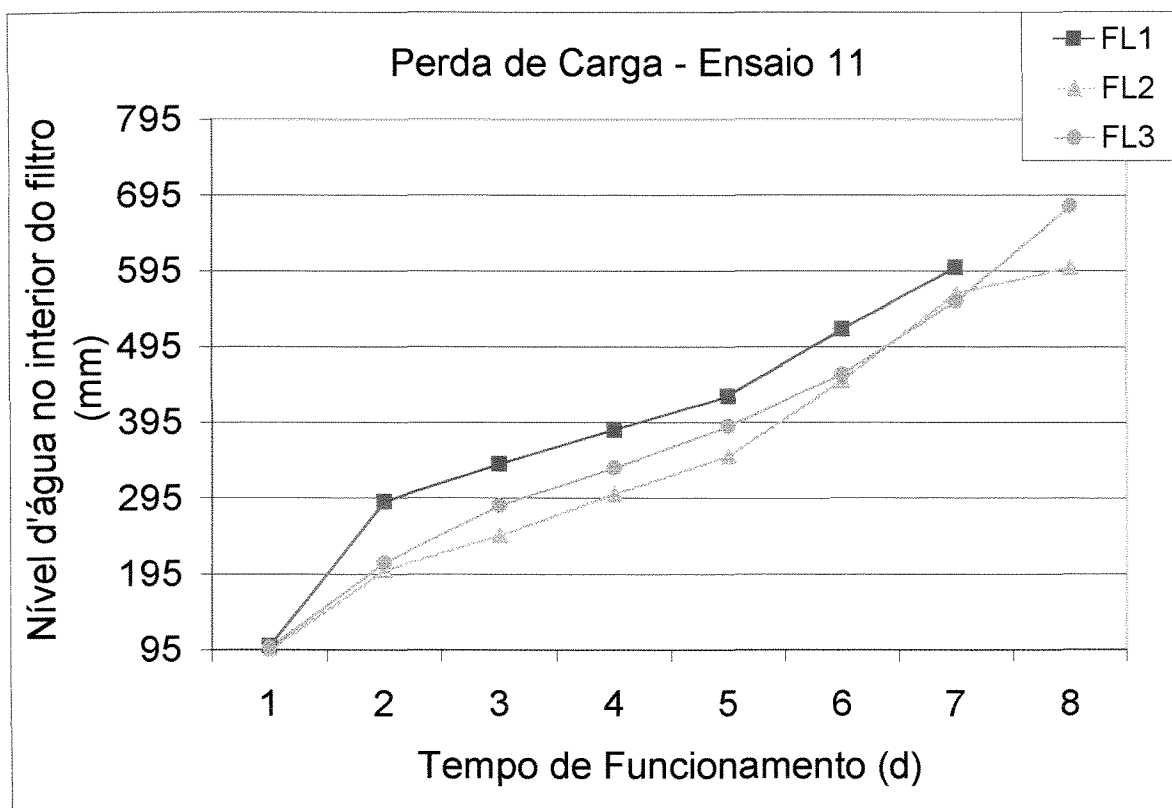


Figura 6.55: Evolução da Perda de Carga ao longo do Ensaio 11.

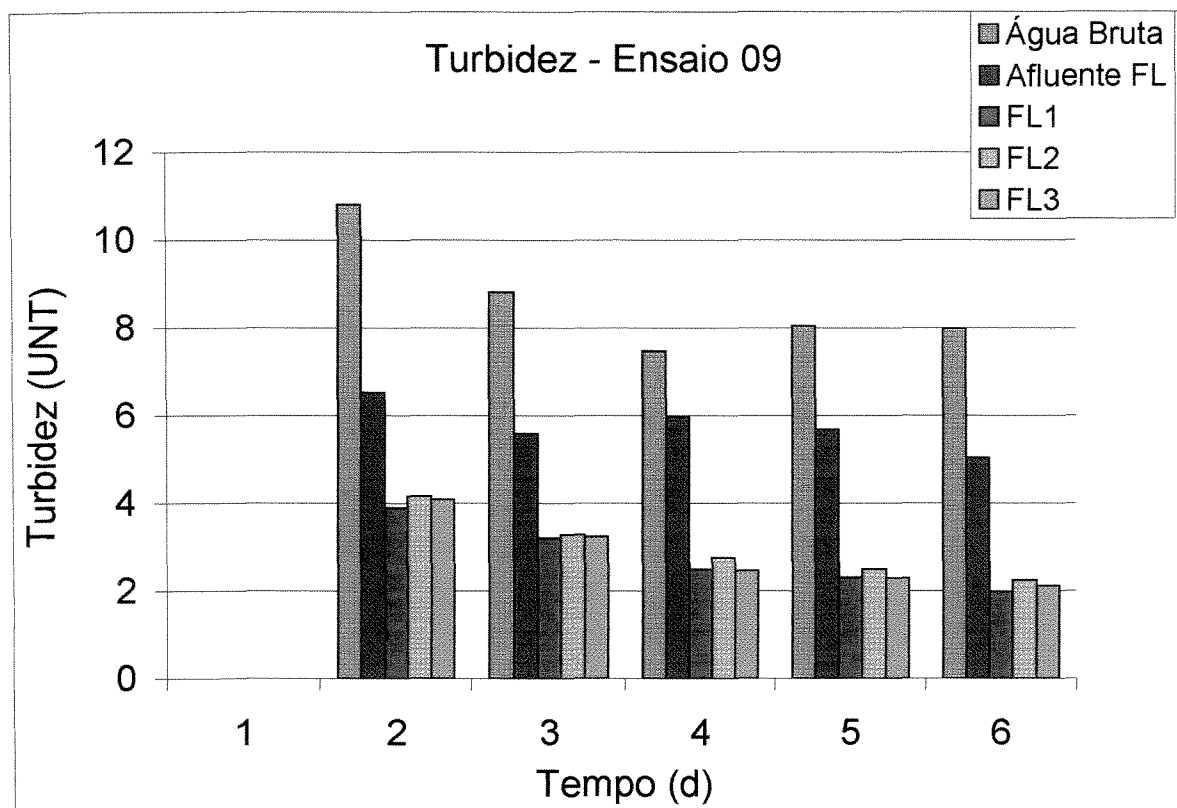


Figura 6.56: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 09.

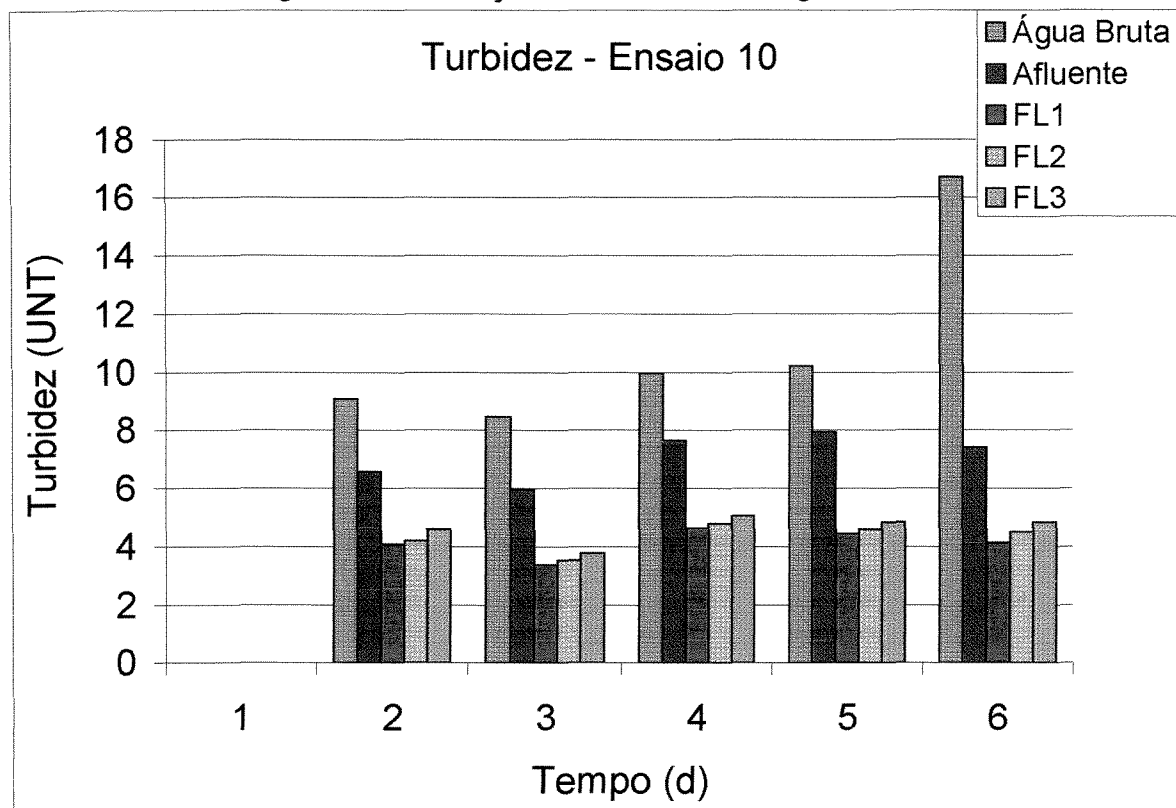


Figura 6.57: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 10.

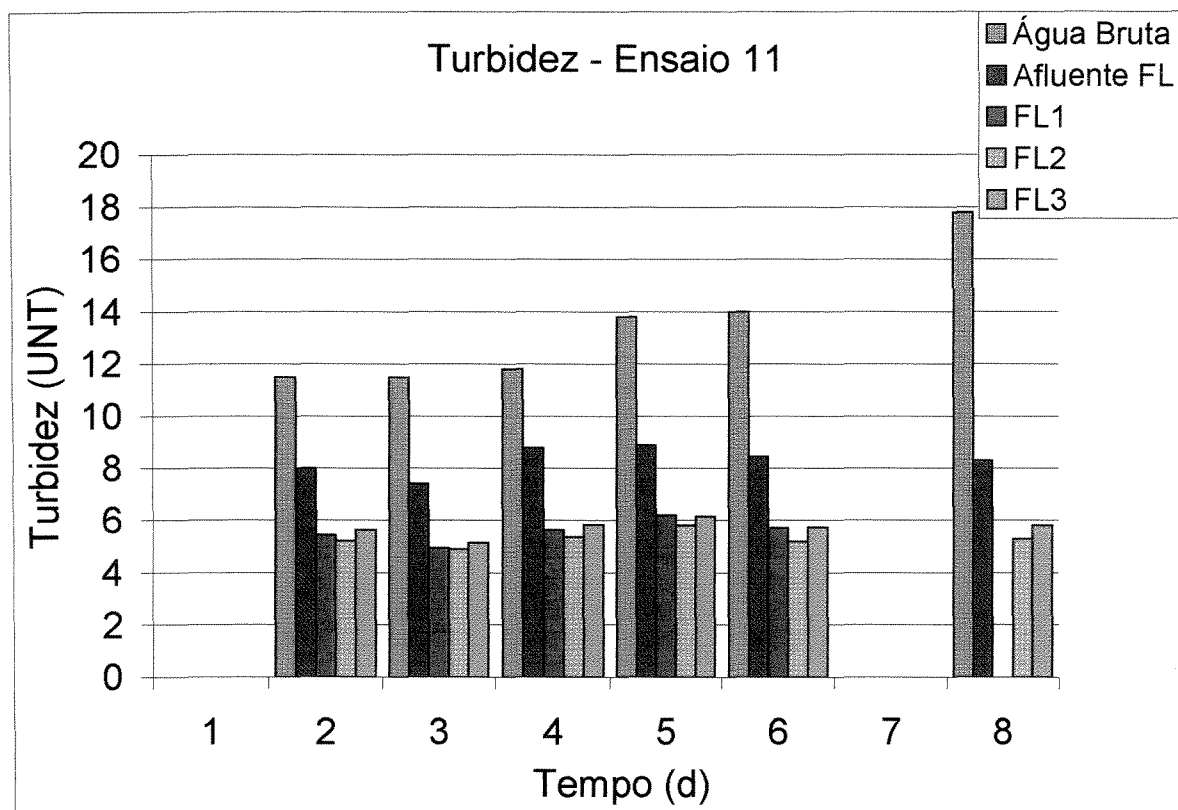


Figura 6.58: Variação da Turbidez ao longo do Ensaio 11.

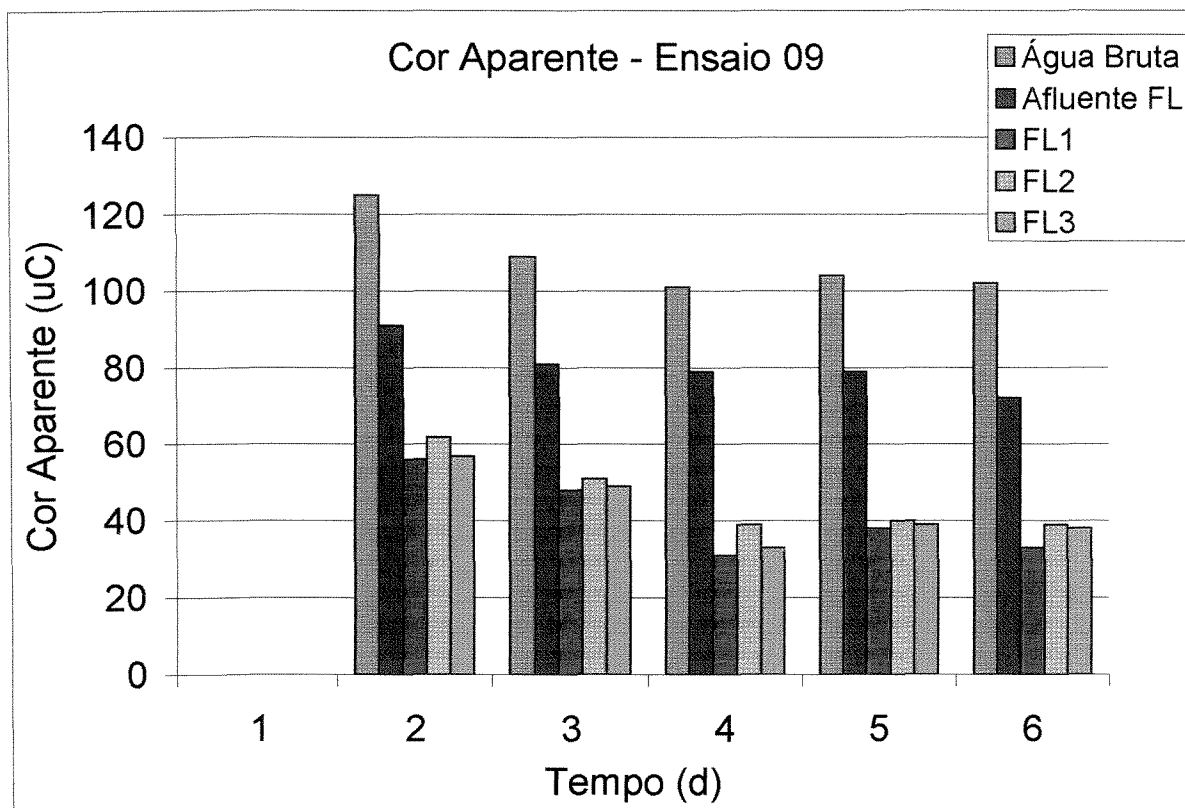


Figura 6.59: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 09.

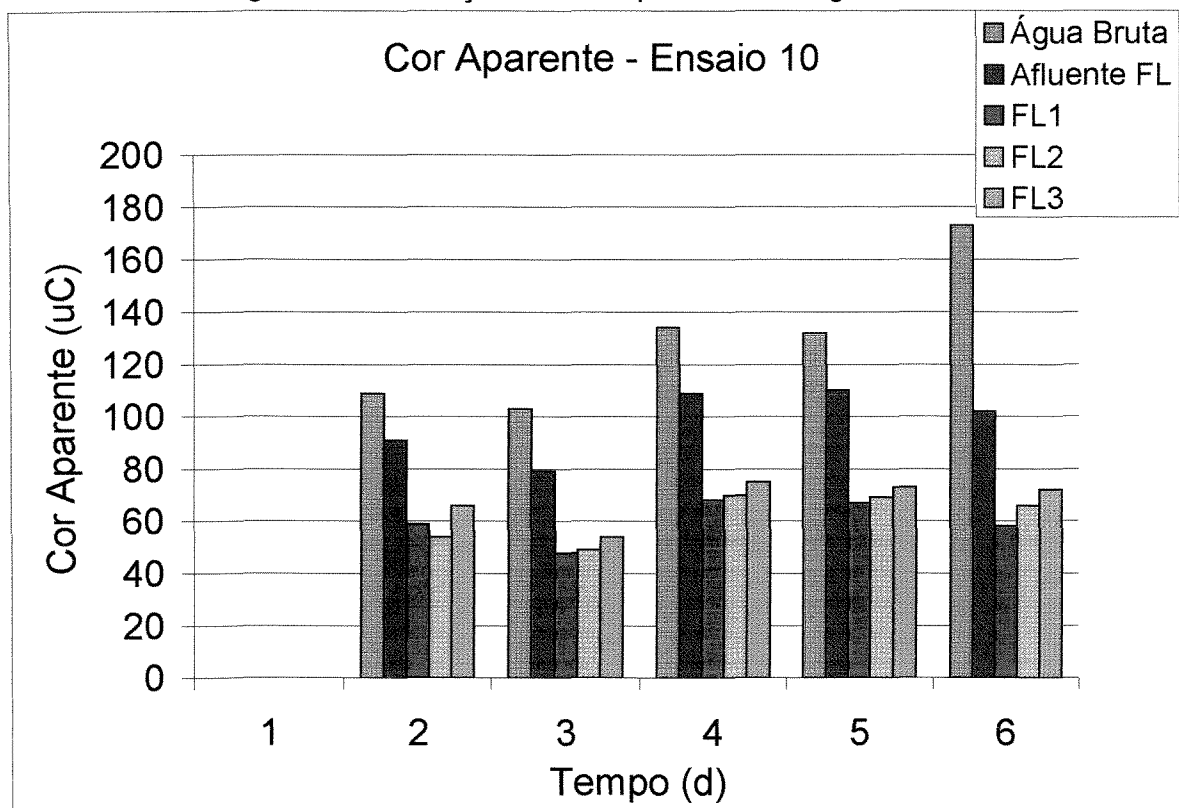


Figura 6.60: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 10

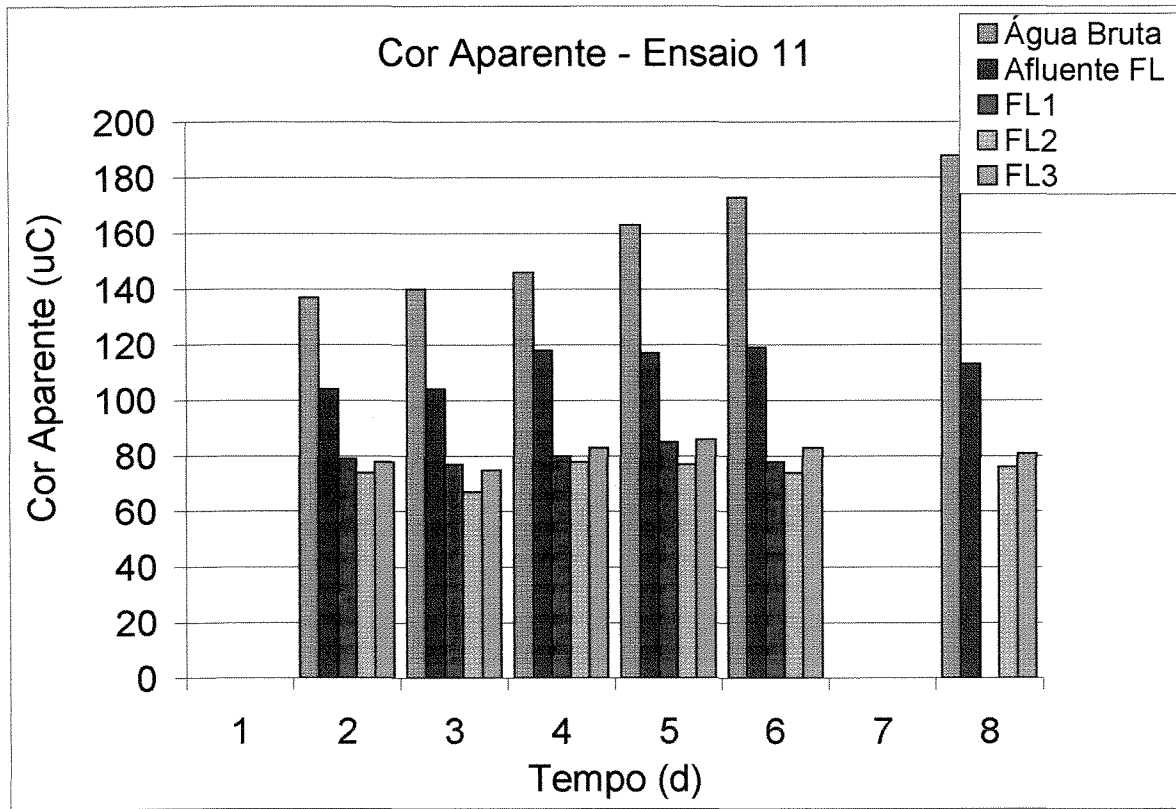


Figura 6.61: Variação da Cor Aparente ao longo do Ensaio 11.

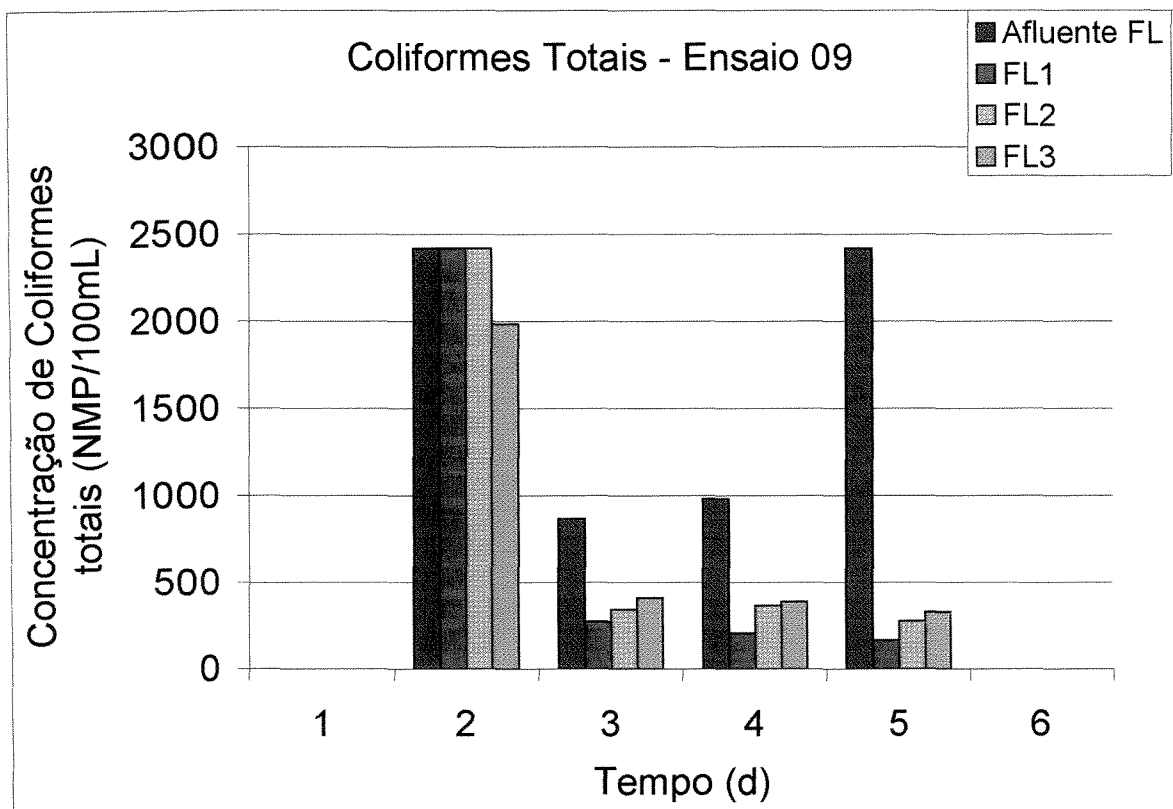


Figura 6.62: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 09.

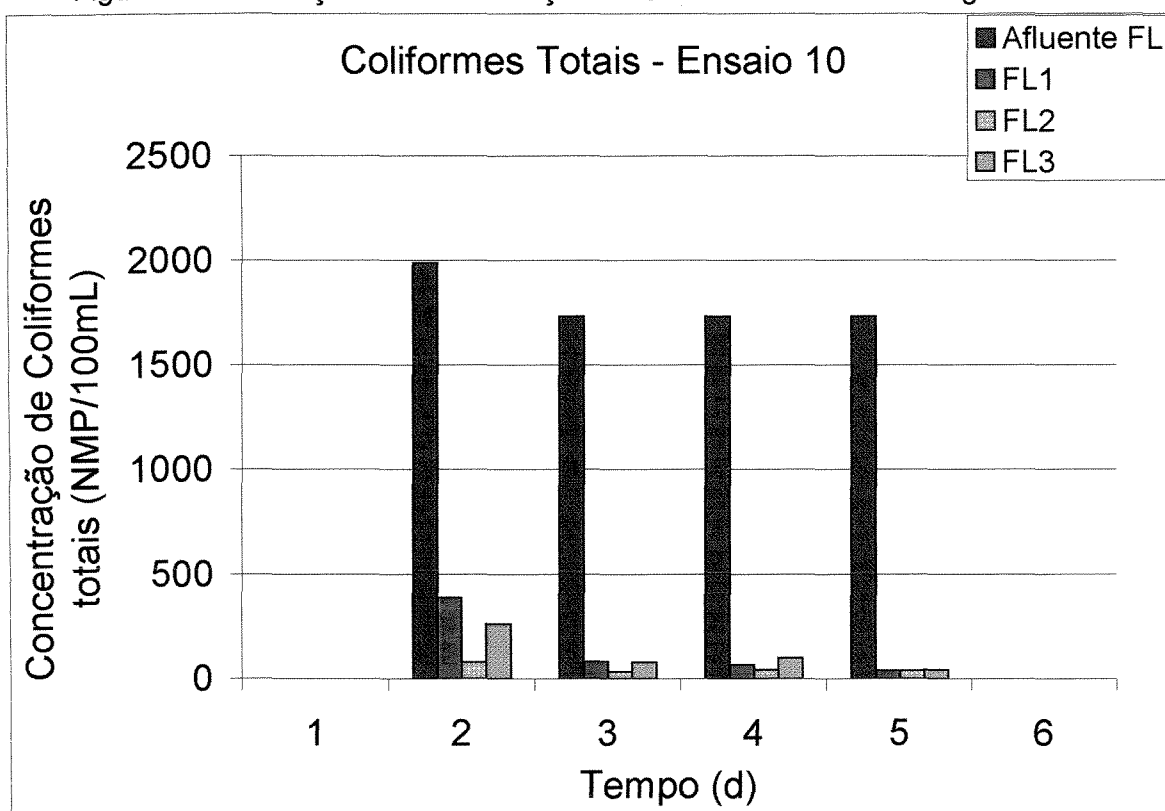


Figura 6.63: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 10.

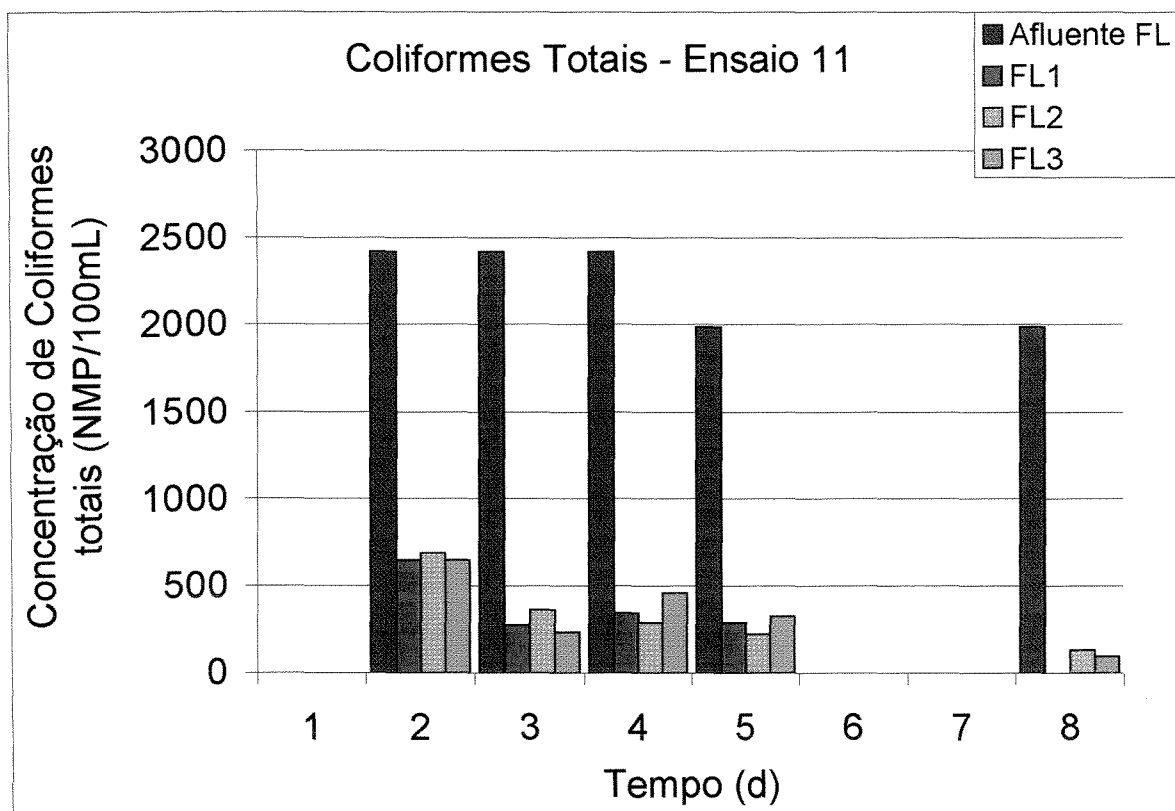


Figura 6.64: Variação da concentração de Coliformes Totais ao longo do Ensaio 11.

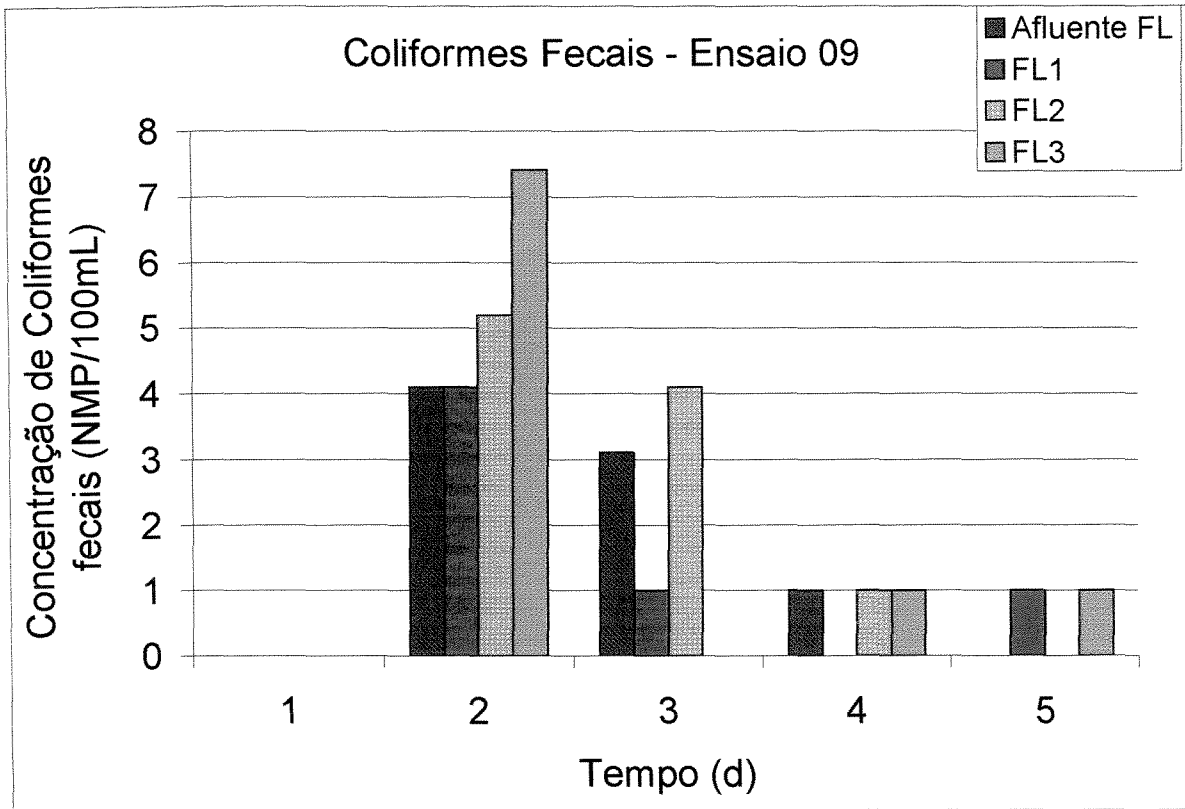


Figura 6.65: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 09.

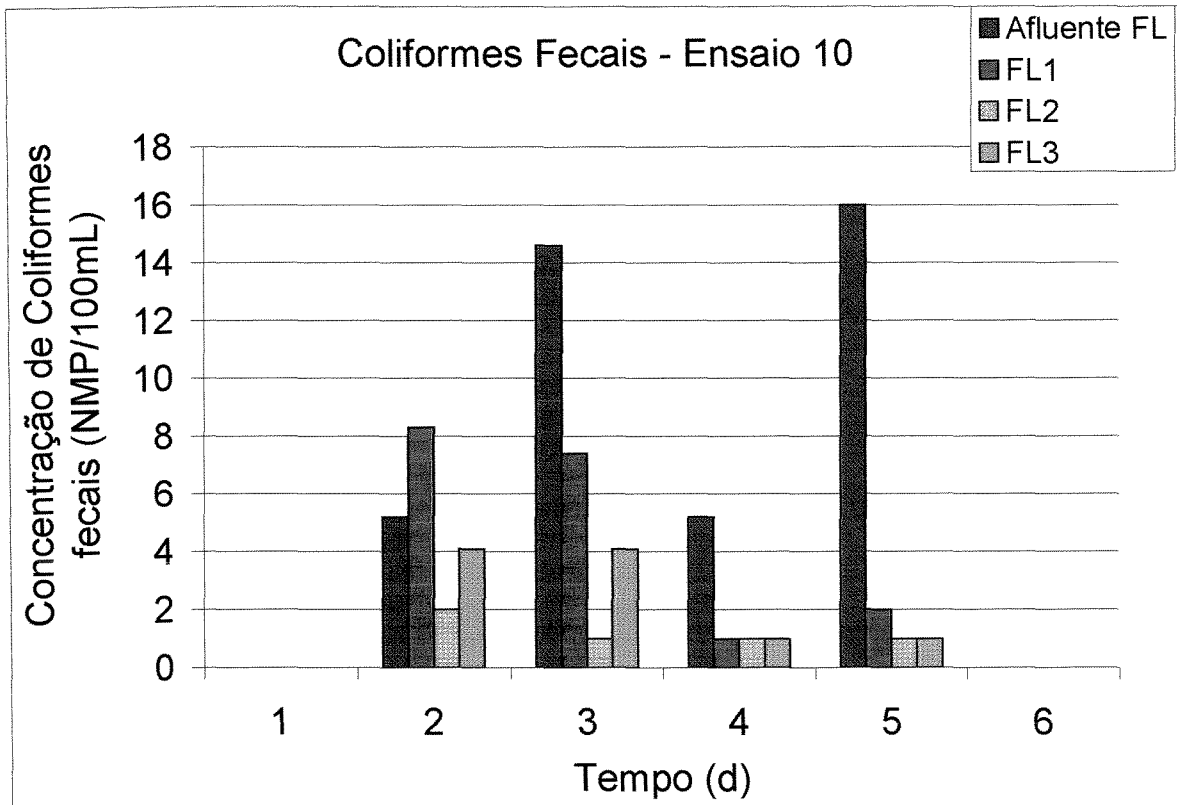


Figura 6.66: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 10.

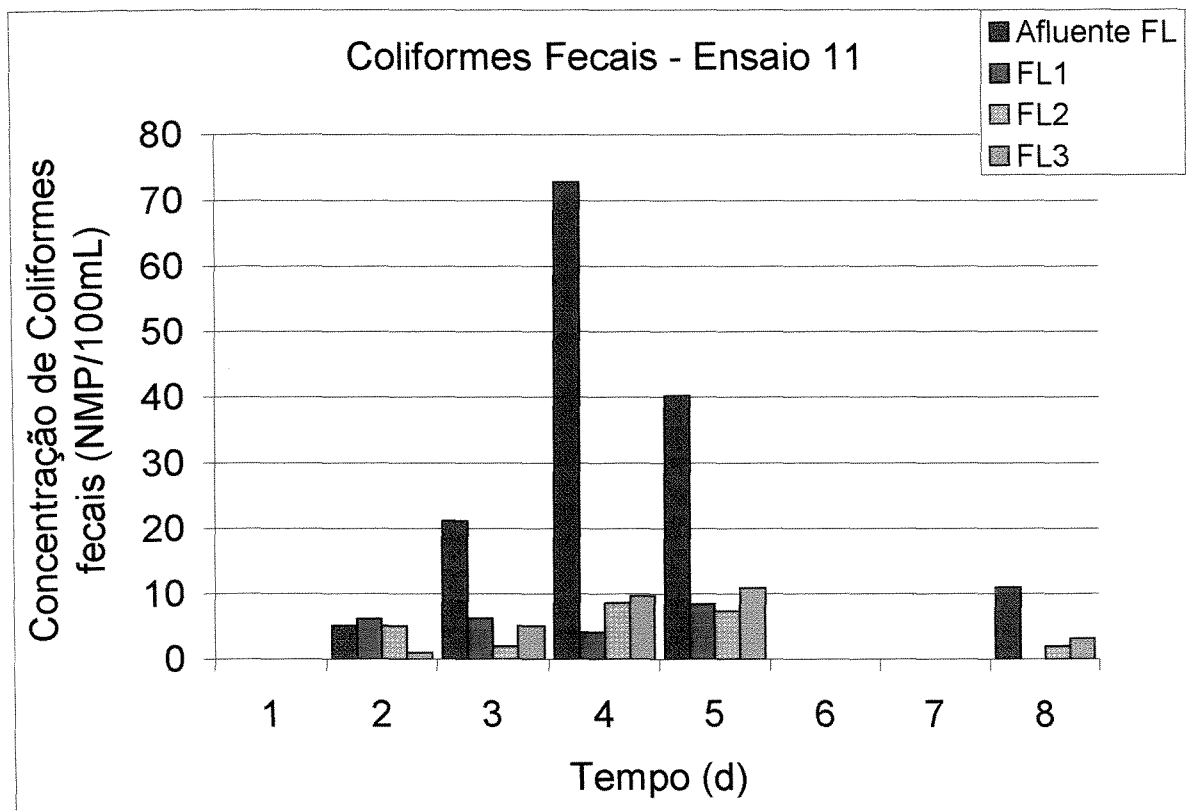


Figura 6.67: Variação da concentração de Coliformes Fecais ao longo do Ensaio 11.

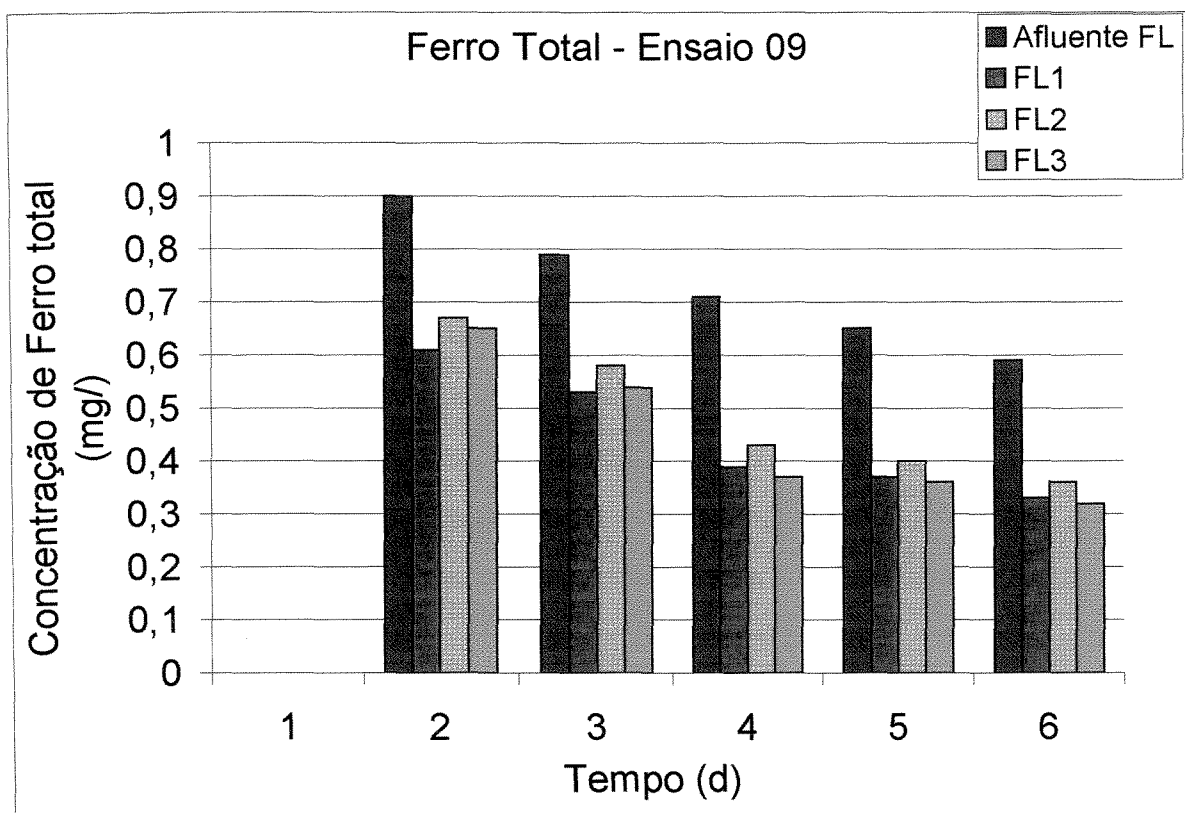


Figura 6.68: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 09.

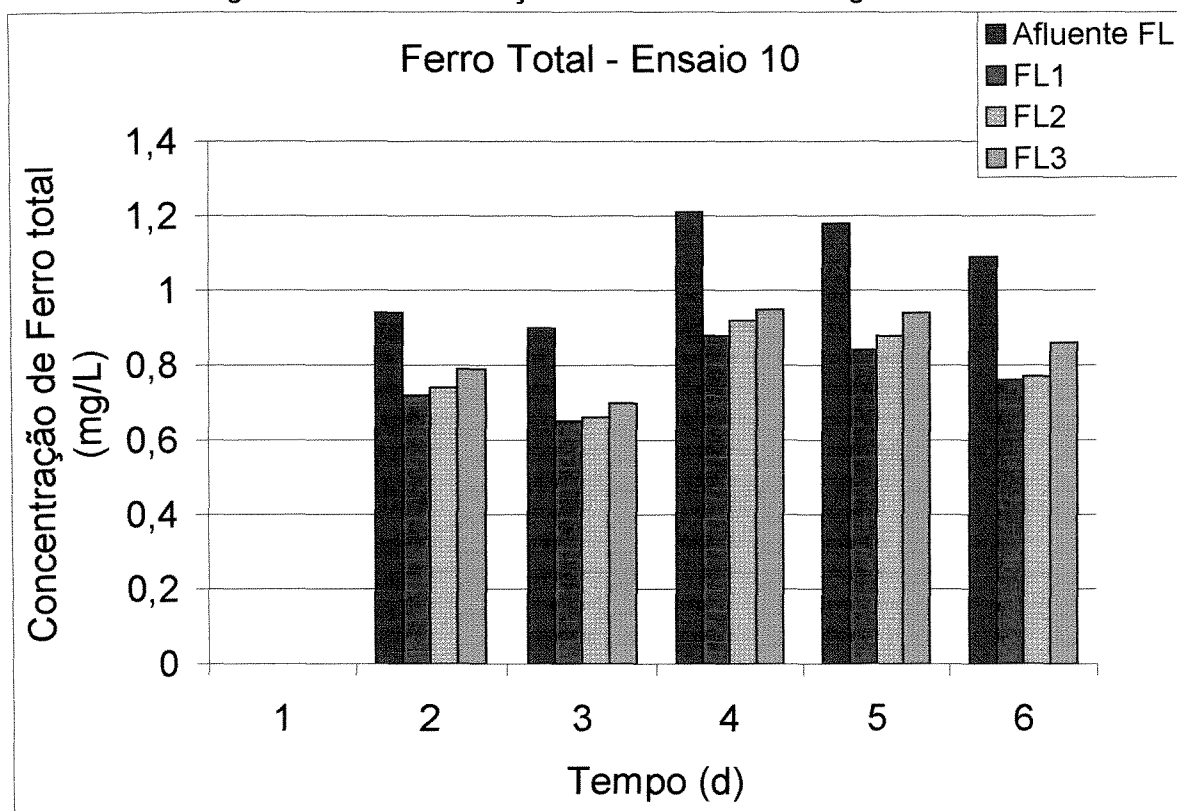


Figura 6.69: Concentração da Ferro Total ao longo do Ensaio 10.

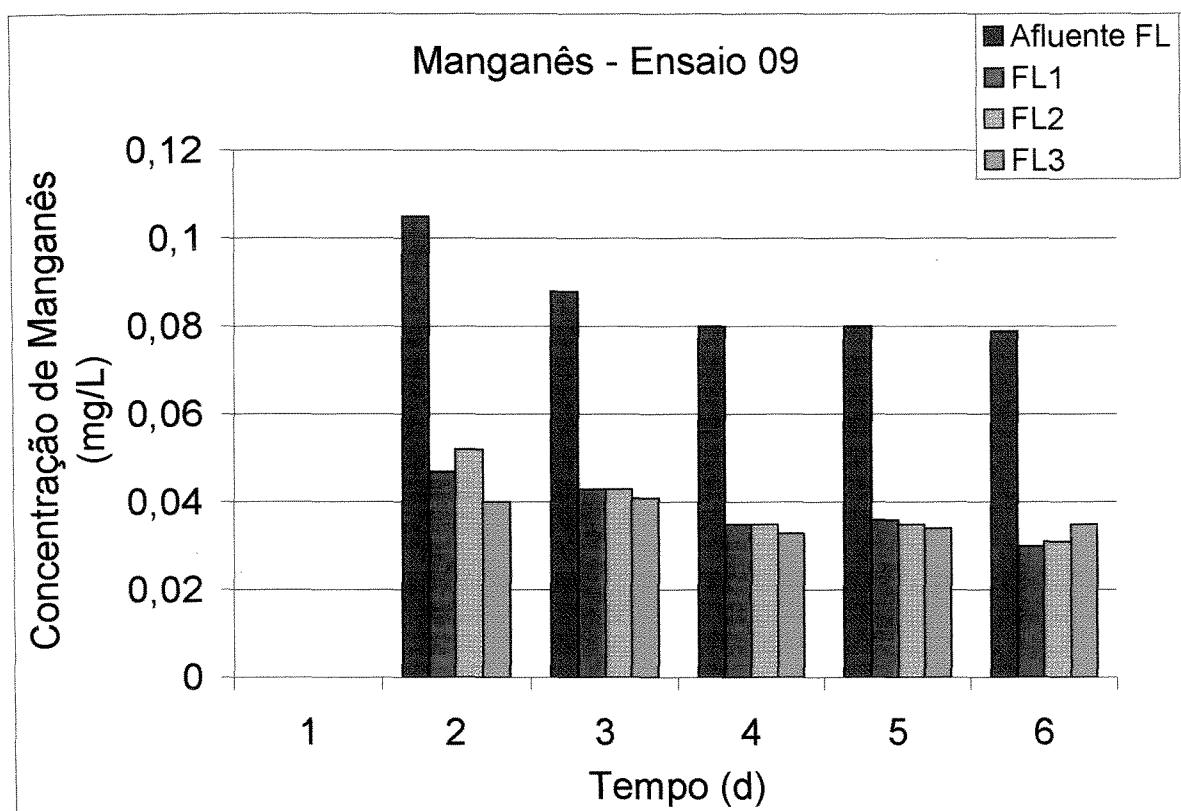


Figura 6.70: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 09.

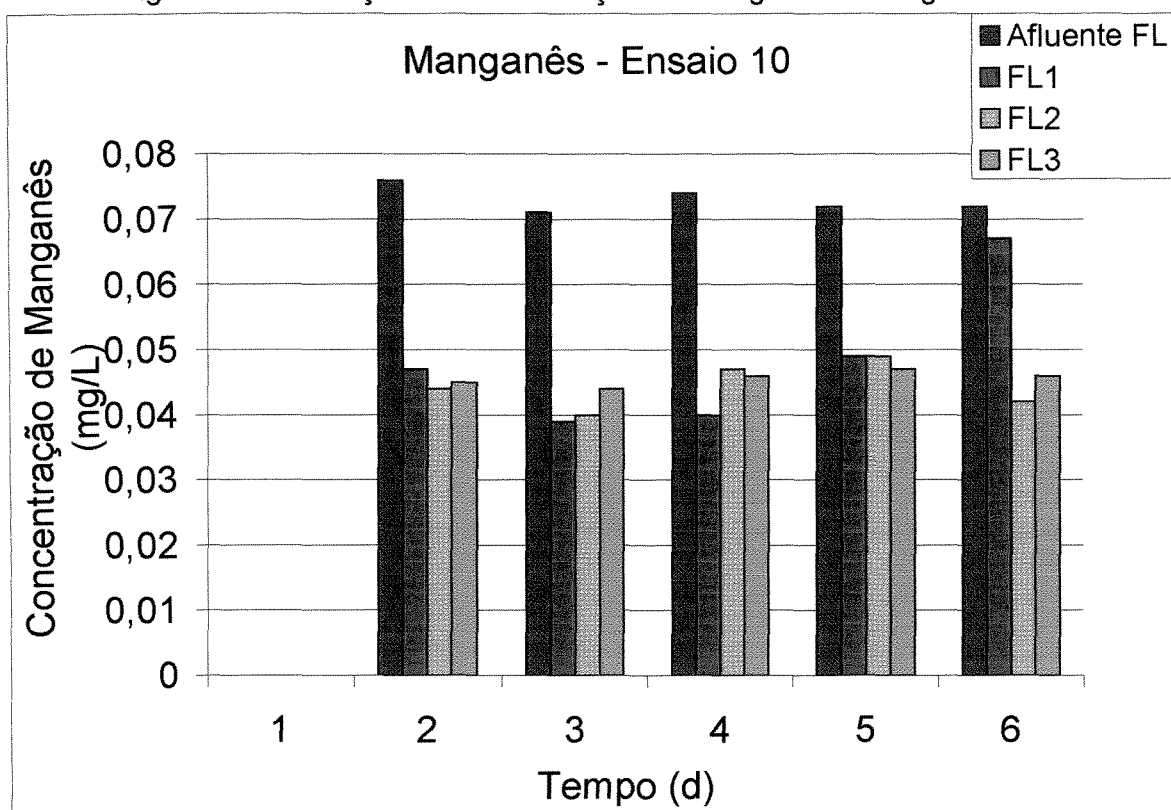


Figura 6.71: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 10.

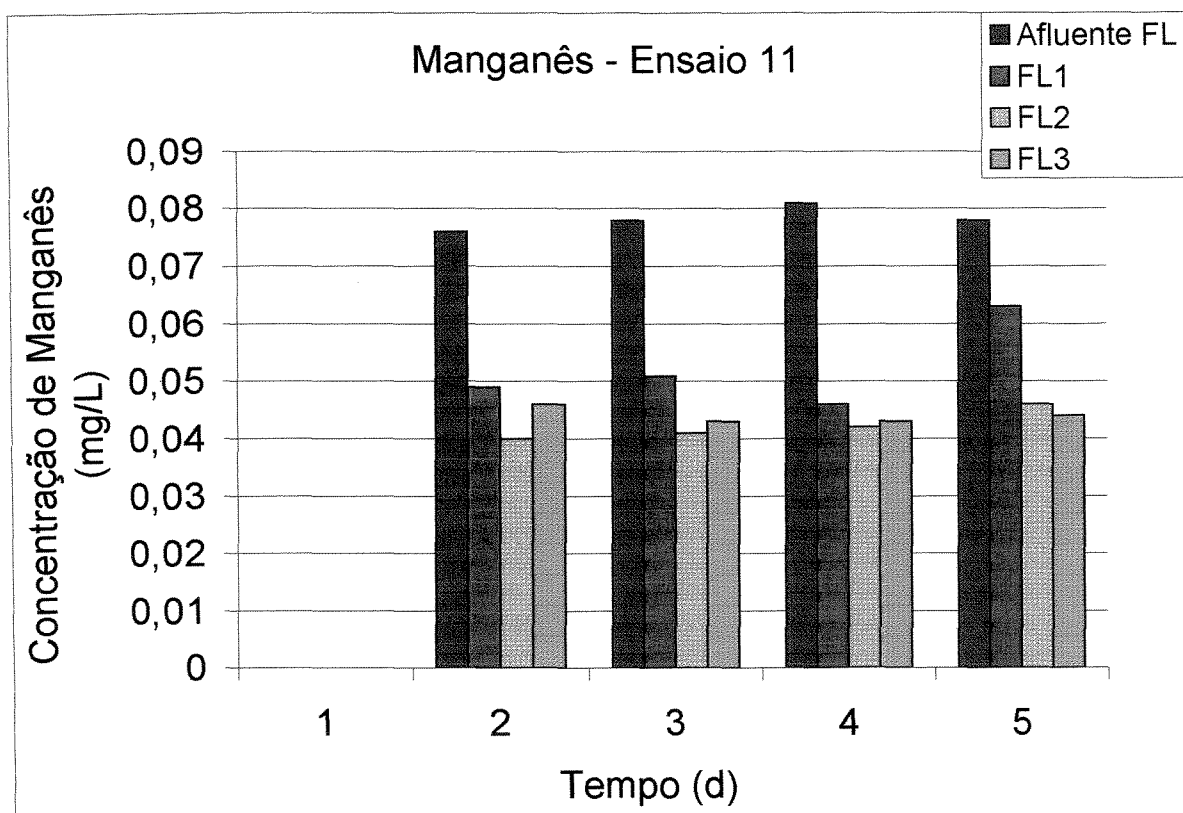


Figura 6.72: Variação da concentração da Manganês ao longo do Ensaio 11.

6.5 Oxigênio Dissolvido

De acordo com as tabelas A7, A18, A29 e A40 (Anexo A), nota-se que os valores de oxigênio dissolvido do afluente variaram de 9,7 mg/L a 4,8mg/L, sendo os maiores valores registrados durante os ensaios 1, 2 (filtros operando sob taxa de filtração de $3\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ sem pré-filtro), 3 e 4 (filtros operando sob taxa de $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ com pré-filtro), mostrando assim que a pré-filtração não interferiu de maneira significativa na concentração de oxigênio dissolvido, ela diminuiu de forma natural no afluente ao longo do tempo. Porém, pôde-se observar a diminuição dessa concentração após a filtração lenta, provavelmente devido ao aumento do consumo de oxigênio pela população bacteriana no leito filtrante. Tal comportamento confirma uma tendência geral nos experimentos, na qual o consumo de O_2 nos processos químicos e biológicos, ocorridos nos leitos filtrantes, é ligeiramente maior que a produção de oxigênio dissolvido pelos organismos fotossintetizantes, causando, portanto, depleção. A concentração de oxigênio dissolvido nos efluentes durante os ensaios realizados variou, em média, de 5,1 mg/L a 2,7 mg/L.

O aumento da taxa de filtração para $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ e, posteriormente, para $9\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$ pareceu não influenciar na concentração de oxigênio dissolvido do afluente, conforme já citado anteriormente, ela apresentou diminuição gradual no decorrer dos ensaios, porém observou-se aumento nos valores efluentes durante os ensaios empregando-se taxa de filtração de $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$. Durante esses ensaios (3, 4 e 5), os valores de oxigênio dissolvido dos efluentes variaram, em média, de 9,2 mg/L a 7,0 mg/L ficando muito próximos aos observados no afluente.

6.6 pH

Pôde-se observar uma variação de pH entre 6,8 e 8,0 no afluente durante a realização do experimento (tabelas A9, A20, A31e A42, Anexo A).

Observou-se uma tendência de acidificação no efluente dos filtros lentos, ocasionada, talvez, pela influência das bactérias presentes no leito filtrante, que ao degradarem matéria orgânica, consomem o oxigênio dissolvido e liberam o gás carbônico como produto de sua respiração.

6.7 Temperatura

Durante o andamento dos ensaios foram realizadas leituras diárias de temperatura no afluente e nos efluentes dos filtros lentos. As tabelas A10, A21, A32 e A43 (Anexo A) mostram as temperaturas obtidas nessas determinações. Pode-se notar que os valores médios de temperatura foram mais elevados nos ensaios 1, 2, 9, 10 e 11, devido à época do ano (fevereiro, março e outubro). Nesses ensaios, a variação da temperatura registrada no afluente aos filtros lentos foi de 28,3 a 24,4 °C. Já nos demais ensaios, realizados nos meses mais frios, a variação de temperatura observada no afluente foi de 16,3 a 24,8 °C. Foi observada uma tendência de diminuição da temperatura do afluente para os efluentes, provavelmente ocasionada pela exposição da unidade de pré-filtração ao sol, durante todo o dia.

De maneira geral, a temperatura pareceu não influenciar no desempenho dos filtros lentos, as diferenças observadas na qualidade dos efluentes ao longo dos ensaios foram decorrentes das variações apresentadas pela água bruta.

6.8 Sólidos Suspensos Totais

De acordo com as tabelas A8, A19, A30 e A41 (Anexo A), nota-se que a concentração de sólidos suspensos totais no afluente variou de 2,0 mg/L a 0,5 mg/L sendo que os maiores valores foram registrados nos ensaios 1 e 2, os quais foram

realizados antes da instalação do pré-filtro, mostrando assim que, de maneira geral, a pré-filtração contribuiu na redução da concentração de sólidos suspensos totais.

A concentração de sólidos nos efluentes dos três filtros lentos durante os ensaios 1 e 2 também foi maior, variando entre 1,3 mg/L e 1,1 mg/L já nos demais ensaios, a variação foi de 1,0 mg/L a 0,5 mg/L.

De forma geral, o aumento da taxa de filtração não influenciou diretamente no desempenho dos filtros lentos na remoção de sólidos, as maiores ou menores remoções obtidas foram resultado das variações na concentração de sólidos registradas no afluente ao longo dos ensaios.

6.9 Lavagem das Mantas

Após o término de cada ensaio realizava-se a limpeza dos filtros, a qual consistia na retirada das mantas instaladas no topo do leito filtrante das unidades de filtração lenta e lavagem das mesmas com água, com auxílio de mangueira de alta pressão (ver figuras 6.73, 6.74, 6.75 e 6.76). Terminada essa operação, as mantas eram recolocadas nos respectivos filtros. PATERNIANI (1991) recomenda que as mantas sejam lavadas ainda úmidas, uma vez que após secarem, a camada biológica (Schmutzdecke) torna-se mais difícil de ser removida, não permitindo uma limpeza eficaz das mesmas.

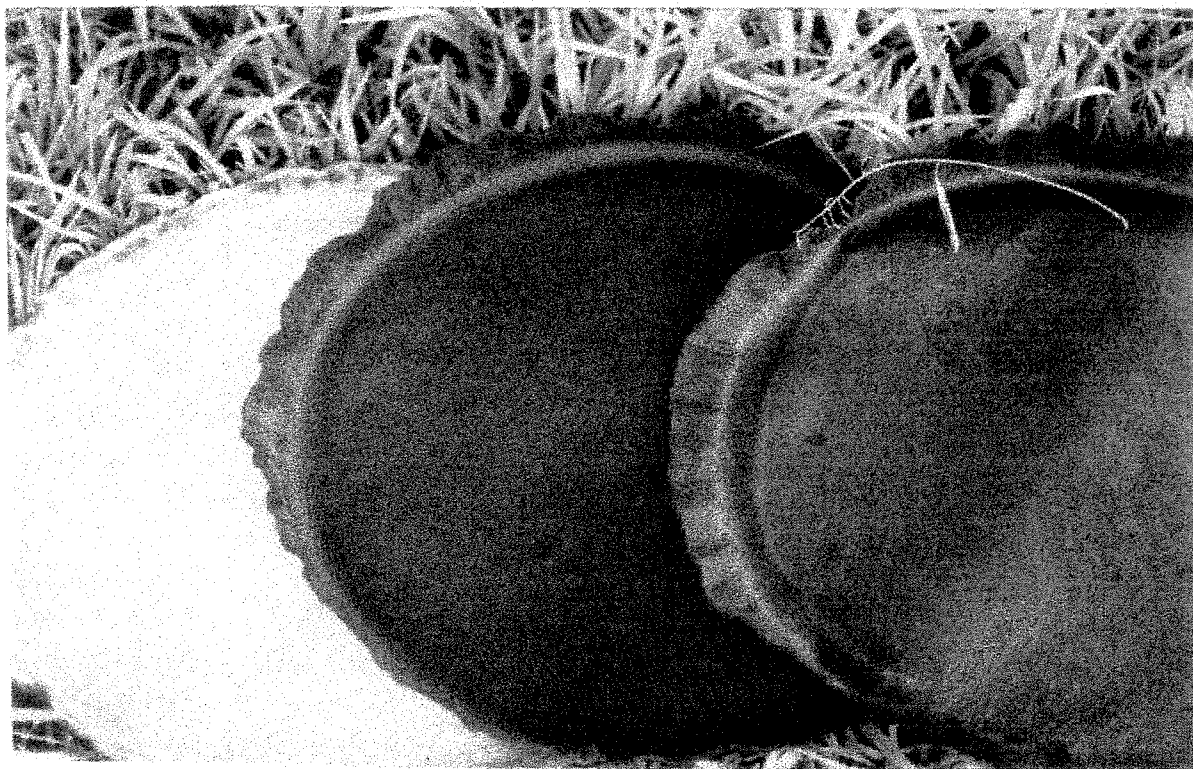


Figura 6.73: Mantas após o encerramento da carreira de filtração.

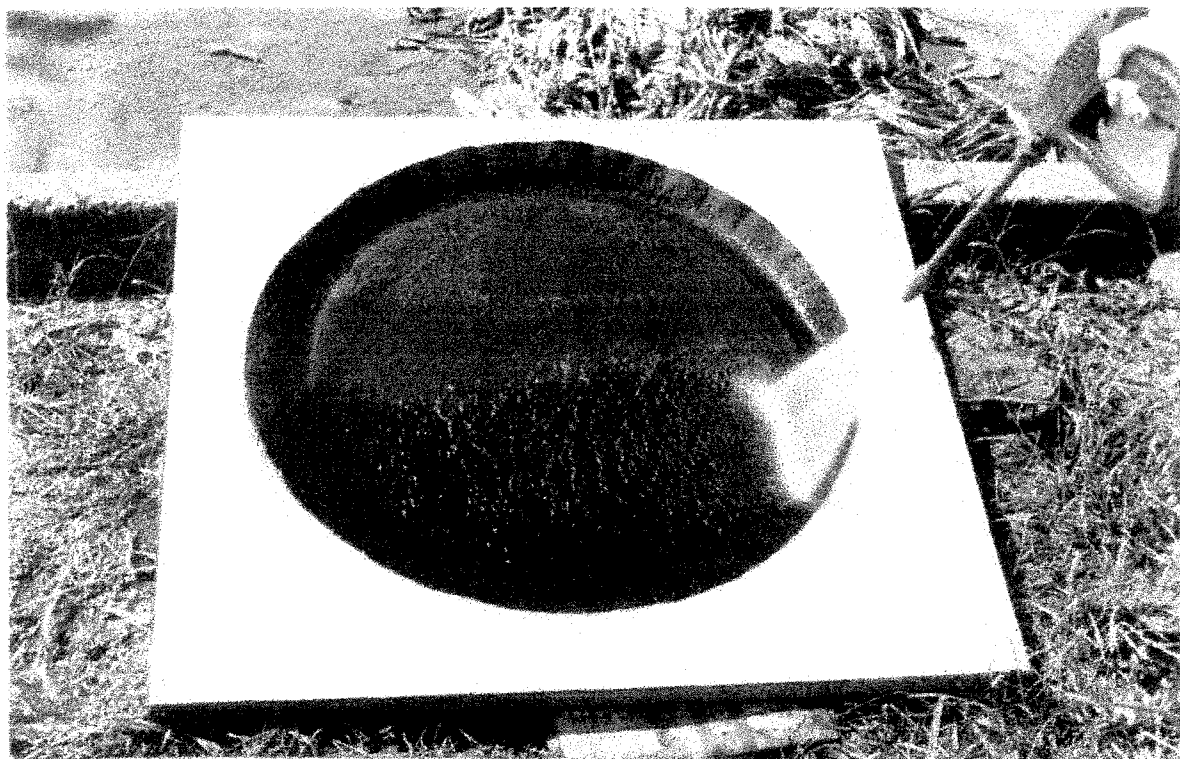


Figura 6.74: Lavagem da Manta M2.

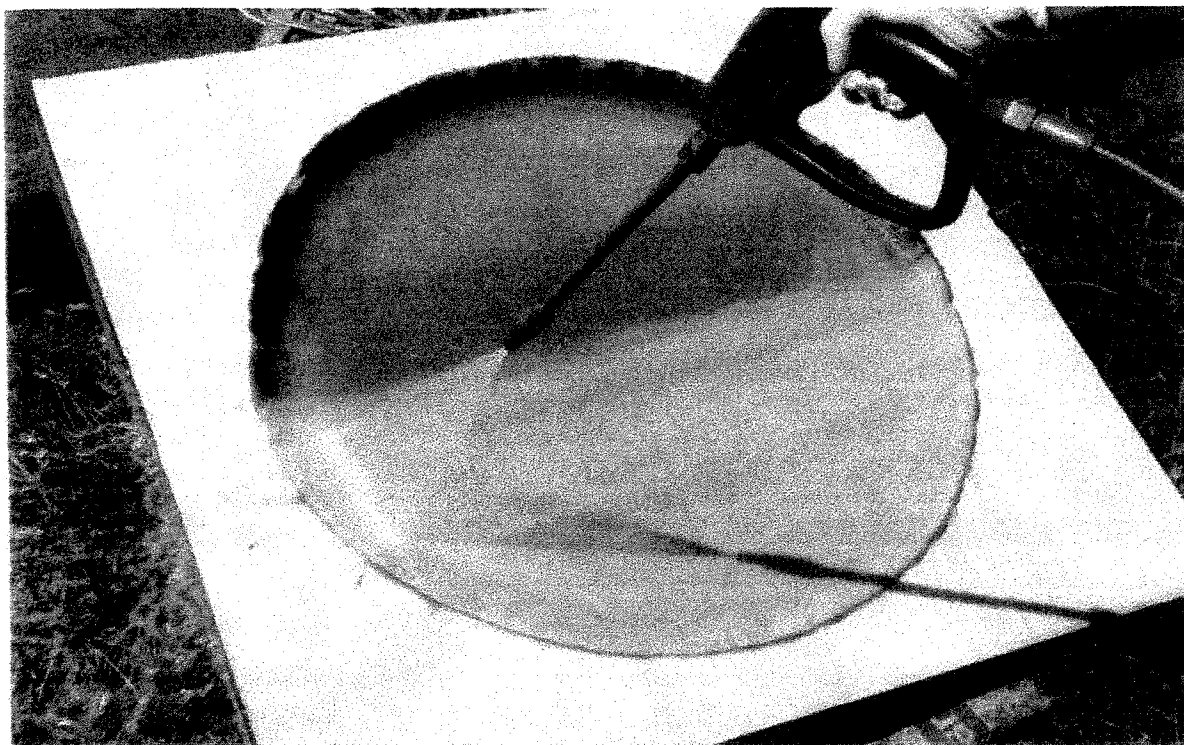


Figura 6.75: Lavagem da Manta M3.

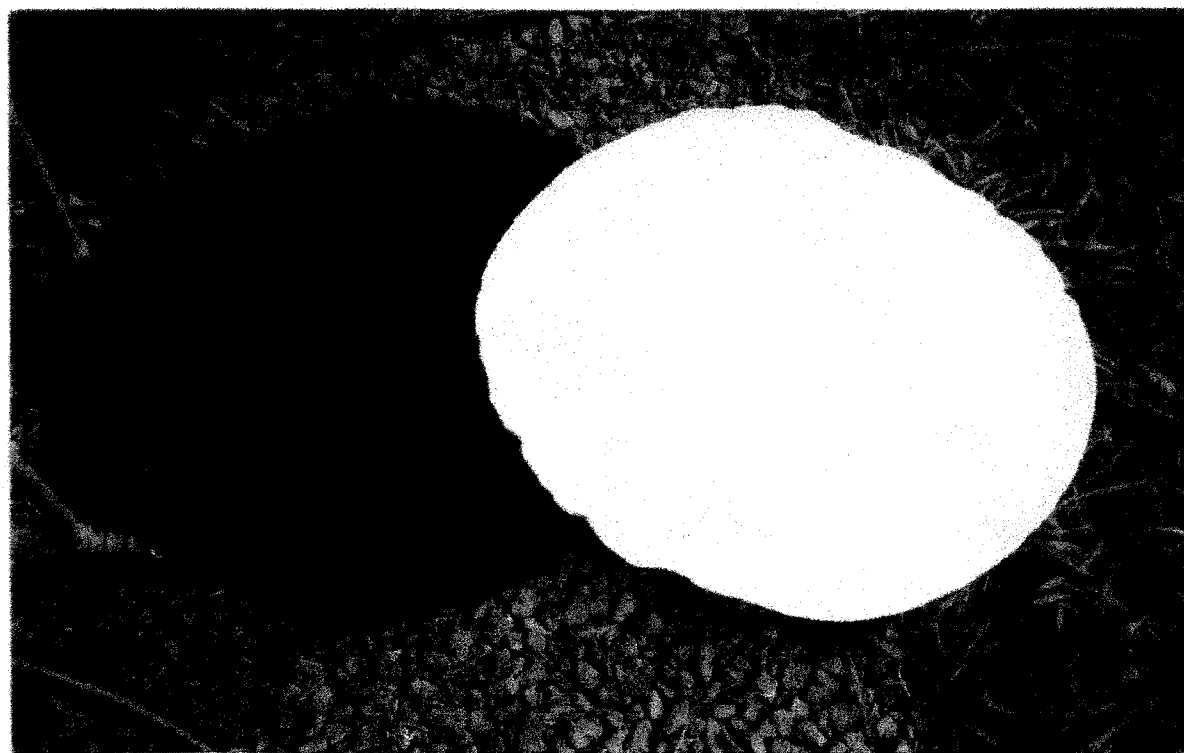


Figura 6.76: Mantas limpas.

6.10 Discussão dos Resultados Estatísticos

Os quadros das análises de variância referentes a cada parâmetro avaliado encontram-se nas tabelas 6.1 a 6.10, as quais apresentam o coeficiente de variação e a média geral obtidos para os mesmos.

Nas tabelas 6.11 a 6.14, são dispostos os valores médios comparados, de acordo com os dois tratamentos adotados, avaliando-se nos dois casos a remoção dos parâmetros: turbidez, cor aparente, coliformes totais, coliformes fecais, ferro, manganês, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais. Foi avaliado também o tempo de funcionamento dos filtros com relação aos tratamentos adotados.

As tabelas 6.11 e 6.12 trazem os resultados obtidos da comparação das três unidades de filtração lenta utilizadas e a influência das mesmas na eficiência de remoção dos parâmetros avaliados.

A análise das tabelas, mostra que não houve diferença significativa, aos níveis de 5% e 1%, entre os três filtros para os diferentes parâmetros avaliados.

Esses resultados indicam, portanto, que as diferentes espessuras e composições de camada suporte adotadas nos filtros não tiveram influência com relação a remoção dos parâmetros de qualidade de água analisados.

Os elevados valores do coeficiente de variação obtidos para parâmetros ferro e O.D., apresentados nas tabelas 6.6 e 6.8, respectivamente, podem ser explicados pelo número de repetições, que em dois ensaios foi igual a duas, devido a ocorrência de problemas técnicos. Porém, o mesmo problema descrito acima ocorreu na análise do parâmetro manganês (duas repetições apenas em um dos ensaios realizados), só que de forma inversa, o coeficiente de variação obtido para esse parâmetro foi relativamente baixo (ver tabela 6.7).

As análises estatísticas envolvendo filtração lenta são poucas e, por isso, apresenta-se essa tecnologia como passível de ser monitorada com valores elevados para o coeficiente de variação. A variação desse coeficiente é diferenciada para cada problema específico, a ser avaliado em processos estatísticos, estabelece-se então, a

necessidade de que, outros resultados experimentais com filtração lenta sejam avaliados, para que seja possível detectar o comportamento da variabilidade desse sistema.

A análise das tabelas 6.11 e 6.12 mostra, ainda, que os valores médios dos parâmetros de qualidade de água foram maiores exatamente no FL3, no qual a camada suporte foi constituída por manta, porém estatisticamente essa diferença não é significativa em relação aos outros dois filtros, os quais apresentaram menores valores do parâmetro analisado (maior eficiência de remoção).

As tabelas 6.13 e 6.14 trazem os resultados obtidos da comparação das três taxas de filtração utilizadas e a influência das mesmas na eficiência de remoção dos parâmetros já referenciados. Percebe-se, que houve diferença significativa, aos níveis de significância de 5% e 1%, entre as três taxas de filtração avaliadas para o parâmetro tempo de funcionamento, indicando que a taxa de filtração influencia na duração da carreira de filtração (tempo de funcionamento dos filtros lentos). Vale ressaltar a confiabilidade mostrada por essa análise indicando um coeficiente de variação abaixo de 10% ,conforme apresentado na tabela 6.1.

Com relação aos parâmetros turbidez, manganês e temperatura, também houve uma diferença significativa, porém nesses casos essa diferença foi observada em relação a apenas uma das taxas avaliadas. Por exemplo, no caso do parâmetro manganês, a remoção do mesmo com taxa de $3\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ diferiu significativamente das remoções obtidas com as taxas de filtração de $6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ e $9\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$, e essas, por sua vez, não diferiram significativamente entre si. Os demais parâmetros avaliados não apresentaram diferença significativa, aos níveis de significância de 5% e 1%, para as diferentes taxas de filtração empregadas, indicando, de certa forma, que esse fator não influenciou na remoção dos mesmos. Entretanto, vale ressaltar que com o emprego da taxa de $3\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ a remoção de praticamente todos os parâmetros avaliados (exceto ferro) foi mais efetiva, com destaque para a remoção bacteriológica de grande importância para qualquer que seja a finalidade do uso da água, potável ou não potável. Isso pode ser explicado pelo maior tempo de funcionamento dos filtros sob essa taxa de filtração, promovendo maior tempo de detenção do afluente no filtro e possibilitando,

assim, atuação dos microrganismos presentes na “Schmutzdecke” promovendo a melhoria da qualidade da água efluente.

A análise estatística dos dados permite concluir que a substituição do pedregulho da camada suporte por manta sintética não tecida além de ser viável, contribui para o prolongamento da duração da carreira de filtração. Contribui também, na redução dos custos de implantação dessa tecnologia de tratamento de águas, tornando-a acessível às comunidades rurais.

Tabela 6.1: Quadro da Análise da Variância para a variável Tempo de funcionamento.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	3,3703704	3,8235
Filtro	2	1,8148148	2,0588 ns ⁴
Taxa	2	124,9259259	141,7227**
Filtro (Taxa)	6	0,7407407	0,8403 ns
Filtro (Taxa) 1	2	1,3333333	0,1261 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,7777778	0,8403 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,1111111	0,2311 ns
Resíduo	10	0,8814815	
Total	26		
Média Geral	13,370370		
CV ⁵	9,053%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo

** significativo

⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.2: Quadro da Análise da Variância para a variável Turbidez.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	4,4940257	3,3145
Filtro	2	0,0931815	0,0687 ns
Taxa	2	21,0746930	15,5432**
Filtro (Taxa)	6	0,0597963	0,0441 ns
Filtro (Taxa) 1	2	0,0183444	0,0135 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,1180112	0,0870 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,0430333	0,0317 ns
Resíduo	10	1,3558769	
Total	26		
Média Geral	4,907037		
CV ⁵	23,730%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo

** significativo

⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.3: Quadro da Análise da Variância para a variável Cor Aparente.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	284,7037037	0,9807
Filtro	2	11,3703704	0,0392 ns
Taxa	2	840,0370370	2,8936 ns
Filtro (Taxa)	6	8,7037037	0,0300 ns
Filtro (Taxa) 1	2	9,0000000	0,0310 ns
Filtro (Taxa) 2	2	4,7777778	0,0165 ns
Filtro (Taxa) 3	2	12,3333333	0,0425 ns
Resíduo	10	290,3037037	
Total	26		
Média Geral	59,037037		
CV ⁵	28,860%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.4: Quadro da Análise da Variância para a variável Coliformes Totais.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	1,0458520	0,5824
Filtro	2	0,0097316	0,0054 ns
Taxa	2	1,5460841	0,8609 ns
Filtro (Taxa)	6	0,1919504	0,1069 ns
Filtro (Taxa) 1	2	0,4379295	0,2439 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,0469469	0,0261 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,0909721	0,0507 ns
Resíduo	10	1,7958439	
Total	26		
Média Geral	214,554738		
CV ⁵	24,753%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.5: Quadro da Análise da Variância para a variável Coliformes Fecais.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	0,1456691	3,1506
Filtro	2	0,0016245	0,0351 ns
Taxa	2	0,0320960	0,6942 ns
Filtro (Taxa)	6	0,0043160	0,0633 ns
Filtro (Taxa) 1	2	0,0033911	0,0733 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,0029453	0,0637 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,0066116	0,1430 ns
Resíduo	10	0,0462347	
Total	26		
Média Geral	2,642240		
CV ⁵	8,476%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.6: Quadro da Análise da Variância para a variável Ferro Total.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	0,0103444	0,1210
Filtro	2	0,0009333	0,0109 ns
Taxa	2	0,1507444	1,7628 ns
Filtro (Taxa)	6	0,0013963	0,0163 ns
Filtro (Taxa) 1	2	0,0015444	0,0181 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,0019000	0,0222 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,0007444	0,0087 ns
Resíduo	10	0,0855133	
Total	26		
Média Geral	0,658889		
CV ⁵	44,382%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.7: Quadro da Análise da Variância para a variável Manganês.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	0,0026918	15,3105
Filtro	2	0,0003851	2,1906 ns
Taxa	2	0,0024896	14,1603**
Filtro (Taxa)	6	0,0001763	1,0025 ns
Filtro (Taxa) 1	2	0,0004333	2,4647 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,0000621	0,3533 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,0000333	0,1896 ns
Resíduo	10	0,0001758	
Total	26		
Média Geral	0,054185		
CV ⁵	24,471%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo

** significativo

⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.8: Quadro da Análise da Variância para a variável Oxigênio Dissolvido.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	20,1892580	1,9003
Filtro	2	0,0292592	0,0028 ns
Taxa	2	10,6359261	1,0011 ns
Filtro (Taxa)	6	0,0188889	0,0018 ns
Filtro (Taxa) 1	2	0,0011111	0,0001 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,0211111	0,0020 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,0344444	0,0032 ns
Resíduo	10	10,6241485	
Total	26		
Média Geral	4,292593		
CV ⁵	75,932%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.9: Quadro da Análise da Variância para a variável Sólidos Suspensos Totais.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	0,1077778	5,4494
Filtro	2	0,0144444	0,7303 ns
Taxa	2	0,0633333	3,2022 ns
Filtro (Taxa)	6	0,0066667	0,3371 ns
Filtro (Taxa) 1	2	0,0144444	0,7303 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,0044444	0,2247 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,0011111	0,0562 ns
Resíduo	10	0,0197778	
Total	26		
Média Geral	0,733333		
CV ⁵	19,177%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.10: Quadro da Análise da Variância para a variável Temperatura.

Causas da Variação	G.L. ¹	Q.M. ²	Valor de F ³
Bloco	2	0,6714814	0,0764
Filtro	2	7,4692611	0,8497 ns
Taxa	2	125,3559419	14,2602**
Filtro (Taxa)	6	5,5462985	0,6309 ns
Filtro (Taxa) 1	2	16,4033400	1,8660 ns
Filtro (Taxa) 2	2	0,1344443	0,0153 ns
Filtro (Taxa) 3	2	0,1011111	0,0115 ns
Resíduo	10	8,7905919	
Total	26		
Média Geral	4,907037		
CV ⁵	23,730%		

¹ Graus de Liberdade² Quadrado Médio³ Significância do teste⁴ não significativo

** significativo

⁵ Coeficiente de Variação

Tabela 6.11: Avaliação da influência das diferentes composições de camada suporte empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção de Turbidez, Cor, Coliformes Totais e Coliformes Fecais.

Tratamento	Tempo de funcionamento (dias)	Parâmetro Avaliado			
		Turbidez (UNT)	Cor (uC)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Coliformes Fecais (NMP/100mL)
FL1	9,88 a ¹ A ²	4,81 a A	58,44 a A	209,38 a A	2,56 a A
FL2	10,44 a A	4,90 a A	58,33 a A	223,09 a A	2,53 a A
FL3	10,77 a A	5,01 a A	60,33 a A	211,19 a A	2,84 a A

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

² Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 1%.

Tabela 6.12: Avaliação da influência das diferentes composições de camada suporte empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção de Ferro, Manganês, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Suspensos Totais.

Tratamento	Parâmetro Avaliado				
	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/l)	O.D. (mg/L)	S.S.T (mg/L)	Temperatura (°C)
FL1	0,66 a ¹ A ²	0,06a A	4,24 a A	0,74 a A	21,95 a A
FL2	0,65 a A	0,05 a A	4,27 a A	0,76 a A	21,93 a A
FL3	0,67 a A	0,05a A	4,35 a A	0,68 a A	23,52 a A

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

² Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 1%.

Tabela 6.13: Avaliação da influência das diferentes taxas de filtração empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção Turbidez, Cor, Coliformes Totais e Coliformes Fecais.

Tratamento	Tempo de funcionamento (dias)	Parâmetro Avaliado			
		Turbidez (UNT)	Cor (uC)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	Coliformes Fecais (NMP/100mL)
3m ³ /m ² dia	14,00 a ¹ A ²	3,81 b B	48,33 a A	131,54 a A	1,90 a A
6m ³ /m ² dia	10,55 b B	6,66 a A	67,11 a A	243,03 a A	2,66 a A
9m ³ /m ² dia	6,56 c C	4,25 b B	61,66 a A	305,82 a A	3,41 a A

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

² Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 1%.

Tabela 6.14: Avaliação da influência das diferentes taxas de filtração empregadas nos filtros (FL1, FL2 e FL3) para a remoção de Ferro, Manganês, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Suspensos Totais.

Tratamento	Parâmetro Avaliado				
	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/l)	O.D. (mg/L)	S.S.T (mg/L)	Temperatura (°C)
3m ³ /m ² dia	0,74 a ¹ A ²	0,07a A	3,42 a A	0,64 a A	23,80 a A
6m ³ /m ² dia	0,51 a A	0,05 b B	5,51 a A	0,74 a A	18,25 b B
9m ³ /m ² dia	0,72 a A	0,04 b B	3,49 a A	0,81 a A	25,35 a A

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 5%.

² Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de significância de 1%.

7 COMENTÁRIO FINAL

A análise dos dados mostra que houve uma redução significativa dos parâmetros de qualidade de água pelas unidades de filtração lenta, porém os filtros não atingiram a eficiência esperada. A qualidade da água bruta, que apresentou grandes variações durante a realização do experimento, e também a baixa altura dos filtros, que talvez tenha sido responsável pela curta duração das carreiras de filtração, foram fatores que, possivelmente, limitaram o desempenho dos filtros lentos na remoção de impurezas.

A utilização da manta sintética não tecida como camada suporte para a areia apresentou-se muito eficiente, uma vez que não foi verificado transpasse de grãos de areia para o efluente, concluindo assim, que a manta pode ser um suporte para o meio filtrante tão bom ou melhor que o pedregulho, já que possui menor espessura (cumprindo a mesma função), possibilita uma maior altura disponível para filtração e menor custo.

Os resultados obtidos permitem chegar a conclusão que os três filtros (FL1, FL2 e FL3) apresentaram desempenho muito semelhante quanto a eficiência de remoção de impurezas, conclusão obtida também através da análise estatística dos dados, indicando que a redução da espessura camada suporte e sua substituição por manta sintética não tecida além de ser viável, possibilita o prolongamento da duração da carreira de filtração, conforme observado na maioria dos ensaios para o FL3.

Considerando também a viabilidade do uso de areia grossa de construção civil (passada pela peneira de 1 mm), pode-se obter uma significativa redução dos custos de implantação de um sistema de filtração lenta, uma vez que a areia comum de construção custa cerca de US\$10,00/m³ (preço obtido em lojas de materiais de construção) e a areia preparada de acordo com recomendações da literatura (DI BERNARDO, 1993) chega a custar US\$124,00/m³ (PETRANOVA – <http://petranova.com.br>).

Uma simulação simples de custo, considerando apenas o custo do material filtrante e camada suporte, para duas instalações de filtração lenta, uma com um filtro

lento convencional de acordo com recomendações da literatura e outro considerando todas as inovações tecnológica obtidas no presente trabalho, para atender uma comunidade de 500 habitantes (100.000 L/dia) é apresentada na tabela 7.1. Nota-se que é possível obter uma economia de cerca de 85% no custo final da instalação de filtração lenta uma vez que o custo de outros materiais e acessórios seriam iguais para ambas as condições.

Características do projeto:

Taxa de filtração: $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$

Área do filtro: 33 m^2

Altura da camada de areia: 30 cm

Altura da camada suporte de pedregulho (filtro convencional): 30 cm

Custos unitário de materiais filtrantes:

Areia preparada : US\$124,00/ m^3

Areia grossa de construção: US\$10,00/ m^3

Manta não tecida: US\$2,00/ m^2 (AMOCO – www.bp.com)

Tabela 7.1: Custo comparativo entre duas unidades de filtração lenta, convencional e modificada.

Material filtrante	Filtro lento convencional	Custo (US\$)	Filtro lento modificado	Custo (US\$)
Camada suporte	10 m^3 de pedregulho preparado	1240,00	35 m^2 de manta não tecida	70,00
Areia	10 m^3 de areia preparada	1240,00	15 m^3 de areia grossa de construção	150,00
Mantas não tecidas	100 m^2 de manta (3 camadas)	200,00	100 m^2 de manta (3 camadas)	200,00
Total		2680,00		420,00

Pode-se concluir a partir dos resultados obtidos que a inovação tecnológica proposta, a qual constitui principalmente na redução da espessura da camada suporte substituindo-a por mantas não tecidas e o uso de areia grossa de construção civil passada pela peneira de 1mm, contribui significativamente para a solução da barreira econômica para a implantação de sistemas de tratamento de águas de regiões menos desenvolvidas.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos no trabalho experimental conduziram às seguintes conclusões:

a) a eficiência de remoção de impurezas não foi influenciada pela substituição do pedregulho da camada suporte pela manta sintética não tecida M1, uma vez que os três filtros não apresentaram diferenças significativas, avaliadas estatisticamente;

b) a taxa de filtração de $3 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{dia}$ proporcionou maior eficiência de remoção de impurezas pelos filtros do que a taxa de $6 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{dia}$ e de $9 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{dia}$ embora, estatisticamente, não houve diferença significativa;

c) a taxa de filtração de $3 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{dia}$ proporcionou maior duração da carreira de filtração do que a taxa de $6 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{dia}$ e esta maior duração que a taxa de $9 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{dia}$;

d) durante toda a pesquisa as carreiras de filtração tiveram duração relativamente curtas, devido a pequena altura do filtro, mesmo para a menor taxa de filtração empregada ($3 \text{ m}^2/\text{m}^3\text{dia}$);

e) a manta M1 apresentou-se bastante eficiente como camada suporte de filtros lentos, evitando a passagem da areia e proporcionando baixa perda de carga ao sistema;

f) a areia grossa de construção civil, passada pela peneira de 1mm, demonstrou ser viável para ser empregada na filtração lenta proporcionando, assim, redução significativa do custo de implantação do sistema;

g) a substituição da camada suporte de pedregulho pela manta M1, indicou uma redução significativa no custo de implantação do sistema, sem prejuízo na qualidade do efluente filtrado;

h) as mantas empregadas no topo da camada de areia (M2 e M3) demonstraram ser facilmente limpas, após o término da carreira de filtração, com jatos de água;

i) a unidade de pré-filtração demonstrou ser eficiente na redução de turbidez e cor aparente da água bruta, beneficiando a duração das carreiras de filtração dos filtros lentos para a taxa de filtração de $3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dia}$.

RECOMENDAÇÕES

a) Outros tipos de mantas não tecidas devem ser pesquisadas a fim de se obter aquele que reúna as melhores características para ser utilizada na filtração lenta;

b) Recomenda-se que a altura (carga hidráulica disponível) do filtro seja maior do que a empregada no presente trabalho, afim de se obter maior duração na carreira de filtração;

c) O uso da FiME (Filtração em Múltiplas Etapas) poderia resultar num aumento na duração da carreira de filtração dos filtros lentos e, conseqüentemente, na produção de água de melhor qualidade.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGIO, C.E.G. Caracterização da Comunidade Biológica Colonizadora de Pré-Filtro de Pedregulho a Areia Grossa e Filtro Lento de Areia com Mantas para Tratamento de Água de Abastecimento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos – SP, 1993. 220p.
- BOJORGE, C.R. Utilização de Mantas Sintéticas não tecidas na Pré-Filtração de Águas de Abastecimento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1996. 183p.
- BRESAOLA Jr, R. Estudos Comparativos de Desenvolvimento de Sistemas Constituídos de Pré-Filtro de Pedregulho - Filtro Lento de Areia e de Pré-Filtro de Areia - Filtro Lento de Areia para Tratamento de Águas de Abastecimento. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1990. 313p. 2v.
- CAMPOS, J. R. Alternativas para tratamento de esgotos – Pré-Tratamento de águas de abastecimento. ASSEMAE. Americana, 1994. 112p. apud STACIARINI, R. Análise do Comportamento Experimental de um Sistema de Filtração Lenta com Mantas Sintéticas não tecidas. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 1997. 93p.
- CINARA AND IRCWD Proyecto de Promoção de la tecnología HRF en Colombia informe final. Cali, Colombia, CINARA. 1988. apud BOJORGE, C.R. Utilização de Mantas Sintéticas não tecidas na Pré-Filtração de Águas de Abastecimento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1996. 183p.
- COSTA, R. H. Estudos Comparativos da Eficiência de Filtros Lentos de Areia Convencional e de Fluxo Ascendente. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP. 1980. 169p.
- CULLEN, T. R. & LETERMAN, R. D. The Effect of Slow Sand Filter Maintenance on Water Quality. Journal A. W. W. A. 77 (12). December, 1985. p.48-55.
- DI BERNARDO, L. Upflow Coarse – Grained Prefilter for Slow Sand Filtration , In: Pretreatment Methods – Chap. 2 – Slow Sand Filtration – Recent Development in

- Water Treatment Technology, Ed. N. J. D. Grahan Ellis Hoorwod Books in Water and Wastewater Technology. London, England, 1988. apud BRESAOLA Jr, R. Estudos Comparativos de Desenvolvimento de Sistemas Constituídos de Pré-Filtro de Pedregulho - Filtro Lento de Areia e de Pré-Filtro de Areia - Filtro Lento de Areia para Tratamento de Águas de Abastecimento. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1990. 313p. 2v.
- DI BERNARDO, L.; GRAHAN, N. J. D.; PATERNIANI, J. E. S. Caracterização de Mantas Sintéticas não Tecidas Utilizadas na Filtração Lenta de Águas de Abastecimento. Anais: XXIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL. San Juan, Puerto Rico, Setembro, 1990a. 13p.
- DI BERNARDO, L.; GRAHAN, N. J. D.; PATERNIANI, J. E. S. Investigação Experimental sobre Desempenho de Mantas Sintéticas na Filtração Lenta de Águas de Abastecimento. Anais: XXIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL. San Juan, Puerto Rico, Setembro, 1990b. 18p.
- DI BERNARDO, L.; ROCHA, O. Remoção de Algas em Pré-Filtro de Fluxo Ascendente com Meio Granular de Pedregulhos e Areia Grossa. Anais: IV SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Belo Horizonte, Dezembro. 1990c.
- DI BERNARDO, L. Seminário sobre Pré-Filtração e Filtração Lenta de Águas de Abastecimento. São Carlos - SP, 1991a. 167p.
- DI BERNARDO, L.; GRAHAN, N. J. D.; PATERNIANI, J. E. S. Fabric-Protected Shallow Depht Slow Sand Filters - Preliminary Pilot - Plant Investigations. In: Workshop. Durham, October, 1991b.
- DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. ABES. Rio de Janeiro, 1993. 498p.
- DI BERNARDO, L. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. ABES/PROSAB. Rio de Janeiro, 1999.
- ESCOBAR, A. R. Influência da Uniformidade da Areia na Filtração Lenta de Águas de Abastecimento, Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos – SP. 1995. 326p.

- FAROOQ, B.S. & AL-YOUSSEF, A.K. Slow Sand Filtration of Secondary Effluent. *Journal of Enviromental Engineering*, vol. 119, n.4. Saudi Arabia, 1994.
- HELLER, L.; MURTHA, N.A. Avaliação da Aplicabilidade e Eficiência da Filtração Lenta Ascendente. *Anais: XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, AIDIS*. Lima, Peru. 1998. 21p.
- HESPANHOL, I. Investigação sobre o Comportamento e Aplicabilidade de Filtros Lentos do Brasil. Tese de Doutorado, Faculdade de Higiene e Saúde Pública - USP. São Paulo - SP, 1969. 163p.
- HUISMAN, L. Research and Demonstration Project on Slow Sand Filtration. Reprinted for the AIDIS Congress Health in Panama. Panama, August, 1982. 105p.
- LELAND, D.E.; DAMEWOOD, M. Slow Sand Filtration in Small Systems in Oregon. *Journal of American Water Works Association*, Jun. 1990.
- LOES, D.S.G. Determinação de Mantas não Tecidas Utilizadas em Filtros para Irrigação Localizada. Relatório Final de Iniciação Científica - FAPESP. Campinas, 1999.
- MBWETTE, T. S. A. & GRAHAM, N. J. D. Improving the Efficiency of Slow Sand Filtration with Non-Woven Synthetic Fabrics. In: *Filtration and Separation*, vol. 24. London, 1987. p.46-50.
- MBWETTE, T. S. A. & GRAHAM, N. J. D. Pilot Plant Evaluation of Fabric-Protected Slow Sand Filters. In: *Slow Sand Filtration - Recent Developments in Water Treating Technology*. Ed. N. J. D. Graham. London, England, 1988. cap.5.
- MBWETTE, T. S. A. & GRAHAM, N. J. D. Performance of Fabric Protected Slow Sand Filtration Treating Lowland Surface Water. *Journal of the Institution of Water and Enviromental Mangement*. London, England, 1990a. p. 51 – 61.
- MBWETTE, T. S. A. & GRAHAM, N. J. D. Protected Slow Sand Filtration: Specification of Now-Woven Synthetic Fabric Layers. *Water supply*, vol. 8. 1990b. p. 157-160.
- MURTHA, N.A.; HELLER, L. Avaliação da Eficiência da Filtração Lenta em Areia Segundo a Profundidade do Leito Filtrante. *Anais: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, Rio de Janeiro. 1999. 9p.
- NEVES, I.F. Estudo da Influência de Remoção de Microrganismos na Filtração Lenta de água de Abastecimento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos – SP. 1987. 140p. apud VERAS, L. R. V. Tratamento de

- Água Superficial por Meio de Diferentes Alternativas da Tecnologia de Filtração em Múltiplas Etapas. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP. 1999. 246p.
- PATERNIANI, J. E. S. Estudo da Influência de Descargas de Fundo na Eficiência de Remoção de Microrganismos em Sistemas de Filtração Direta Ascendente. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1986. 139p.
- PATERNIANI, J. E. S. Utilização de Mantas Sintéticas não Tecidas na Filtração Lenta em Areia de Águas de Abastecimento. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos - SP, 1991. 245p.
- PERES, J. Et al. Informe Preliminar de la investigación sobre pré-filtro de grava. Lima, Peru, CEPIS. 1985. apud BRESAOLA Jr, R. Estudos Comparativos de Desenvolvimento de Sistemas Constituídos de Pré-Filtro de Pedregulho - Filtro Lento de Areia e de Pré-Filtro de Areia - Filtro Lento de Areia para Tratamento de Águas de Abastecimento. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1990. 313p. 2v.
- POVINELLI, J. & BOLLMAN, H.A. Anais: 4º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. São Paulo, 1987. p 334 - 350.
- REWALD, G.F. Tecnologia dos não tecidos. Apostila referente ao Curso Básico de não tecidos. 1999.
- RITCHER, C. A. & AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de Água - Tecnologia Atualizada. Ed. Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1991. 332p.
- SANCHEZ, L.D.; LATORRE, J.; GALVIS, G. Periodo de Maduración: Efecto de la Limpieza de la Biomembrana en un Filtro Lento en Arena. Anais: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro. 1996. 12p.
- STACIARINI, R. Análise do Comportamento Experimental de um Sistema de Filtração Lenta com Mantas Sintéticas não tecidas. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.-SP, 1997. 93p.
- THAN & QUANO, Horizontal flow course material pré-filtration. Bangkok: Institute of Technology. 1977. 49p. apud BRESAOLA Jr, R. Estudos Comparativos de

- Desenvolvimento de Sistemas Constituídos de Pré-Filtro de Pedregulho - Filtro Lento de Areia e de Pré-Filtro de Areia - Filtro Lento de Areia para Tratamento de Águas de Abastecimento. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1990. 313p. 2v.
- TIMMS, S.; SLADE, J. S. e FRIKER, C. R. Removal of Cryptosporidium by Slow Sand Filtration. Water Science and Technology, vol. 31, nº 5-6, Great Britain, 1995. p.81-84.
- VALENZUELA, M. G. R. Estudo do Desempenho de uma Instalação de Pré-Filtração Lenta com Mantas para o Tratamento de Águas de Abastecimento. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos - SP, 1991. 289p.
- VISSCHER, J. T. et al. Slow Sand Filtration for Community Water Supply - Planning, Design, Construction, Operation and Maintenance. Technical Paper 24, jun. 1987.
- VISSCHER, J.T. AND GALVIS, G. Participación y Perspectivas de la Universidad del Valle en el desarrollo del proyecto de la filtración lenta en Arena. In: ACODAL. Cali, Colombia, ACODAL. 1987. apud BRESAOLA Jr, R. Estudos Comparativos de Desenvolvimento de Sistemas Constituídos de Pré-Filtro de Pedregulho - Filtro Lento de Areia e de Pré-Filtro de Areia - Filtro Lento de Areia para Tratamento de Águas de Abastecimento. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1990. 313p. 2v.
- VERAS, L. R. V. Tratamento de Água Superficial por Meio de Diferentes Alternativas da Tecnologia de Filtração em Múltiplas Etapas. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos - SP, 1999. 246p.
- WEGELIN, M. Horizontal – flow roughing filtration: an appropriate pre-treatment for slow sand filters in developing countries. WHO – ARCWD News. (Internacional Reference Center for Waste Water Disposal), nº 20. Duebenfort – Switzerland, August, 1984. p. 1-8. apud BRESAOLA Jr, R. Estudos Comparativos de Desenvolvimento de Sistemas Constituídos de Pré-Filtro de Pedregulho - Filtro Lento de Areia e de Pré-Filtro de Areia - Filtro Lento de Areia para Tratamento de Águas de Abastecimento. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos – SP, 1990. 313p. 2v.

Tabela A1: Dados de Perda de Carga (mm)

Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
23/Fev	108	89	88
24/Fev	185	146	147
25/Fev	225	179	176
26/Fev	167	140	143
28/Fev	325	310	300
29/Fev	342	354	337
01/Mar	400	423	435
02/Mar	494	473	578
03/Mar	578	555	680
Ensaio 2			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
21/Mar	119	110	107
22/Mar	174	133	148
23/Mar	233	178	208
24/Mar	315	223	263
25/Mar	357	262	327
27/Mar	495	328	426
28/Mar	545	370	462
29/Mar	600	448	549
30/Mar	CE	545	651
31/Mar	CE	600	650
CE: Carreira Encerrada		FL1: Filtro Lento 1	
		FL2: Filtro Lento 2	
		FL3: Filtro Lento 3	

Tabela A2: Dados de Turbidez (UNT)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
23/Fev	10,90	3,66	66,42	4,04	62,94	3,84	64,77
24/Fev	9,72	6,04	37,86	6,18	36,42	6,63	31,79
25/Fev	11,10	6,57	40,81	6,55	40,99	6,89	37,93
28/Fev	11,80	6,89	41,61	7,11	39,75	7,05	40,25
29/Fev	13,10	6,14	53,13	6,10	53,44	6,12	53,28
01/Mar	11,40	7,42	34,91	7,26	36,32	7,54	33,86
02/Mar	11,40	6,94	39,12	6,87	39,74	6,58	42,28
03/Mar	11,90	6,15	48,32	5,77	51,51	5,87	50,67
Média	11,42	6,23	45,27	6,24	45,14	6,32	44,35

Ensaio 2							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
22/Mar	13,70	7,29	46,79	7,49	45,33	7,37	46,20
23/Mar	12,40	6,17	50,24	6,15	50,40	5,88	52,58
24/Mar	10,50	6,34	39,62	6,42	38,86	5,78	44,95
25/Mar	9,81	4,85	50,56	4,58	53,31	4,67	52,40
27/Mar	10,10	6,11	39,50	6,67	33,96	7,05	30,20
28/Mar	12,00	6,37	46,92	7,38	38,50	8,44	29,67
29/Mar	11,60	6,59	43,19	7,44	35,86	8,84	23,79
30/Mar	12,30	CE	CE	6,80	44,72	7,37	40,08
31/Mar	13,60	CE	CE	6,02	55,74	6,07	55,37
Média	11,78	6,25	45,26	6,55	44,07	6,83	41,69

AB: Agua Bruta
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A3: Dados de Cor Aparente (uC)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
23/Fev	114	50	56	51	55	46	60
24/Fev	117	89	24	92	21	99	15
25/Fev	123	88	28	85	31	86	30
28/Fev	131	96	27	93	29	101	23
29/Fev	150	87	42	84	44	91	39
01/Mar	142	98	31	100	30	102	28
02/Mar	138	91	34	86	38	84	39
03/Mar	147	82	44	77	48	75	49
Média	133	85	36	84	37	85,5	35

Ensaio 2							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
22/Mar	154	85	45	82	47	89	42
23/Mar	140	73	48	78	44	70	50
24/Mar	123	77	37	78	37	73	41
25/Mar	115	66	43	61	47	59	49
27/Mar	125	80	36	85	32	88	30
28/Mar	146	85	42	93	36	102	30
29/Mar	138	86	38	93	33	101	27
30/Mar	141	CE	CE	87	38	93	34
31/Mar	155	CE	CE	65	58	68	56
Média	137	79	41	80	41	83	40

AB: Água Bruta

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A4: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL)

Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
23/Fev	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
24/Fev	1789,0	2755,0	-54,0	2033,0	-13,6	1793,0	-0,2
25/Fev	1553,0	697,0	55,1	1483,0	4,5	857,0	44,8
28/Fev	15531,0	5794,0	62,7	3654,0	76,5	4884,0	68,6
29/Fev	4352,0	471,0	NR	583,0	NR	650,0	NR
01/Mar	5172,0	246,0	95,2	218,0	95,8	97,0	98,1
02/Mar	4884,0	187,0	96,2	213,0	95,6	199,0	95,9
03/Mar	573,0	20,0	96,5	74,0	87,1	74,0	87,1
Média	4836,3	1452,9	58,6	1179,7	57,6	1222,0	65,7

Ensaio 2							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
22/Mar	1333,0	722,0	45,8	529,0	60,3	657,0	50,7
23/Mar	1565,0	158,0	89,9	161,0	89,7	171,0	89,1
24/Mar	581,0	31,0	94,7	41,0	92,9	41,0	92,9
25/Mar	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
27/Mar	1413,6	40,4	97,1	32,3	97,7	67,7	95,2
28/Mar	1986,3	34,1	98,3	26,2	98,7	39,9	98,0
29/Mar	1553,1	58,3	96,2	32,7	97,9	46,4	97,0
30/Mar	1553,1	CE	CE	30,5	98,0	23,5	98,5
31/Mar	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	1426,4	174,0	87,0	121,8	90,8	149,5	88,8

AB: Água Bruta

NR: Não Realizado

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A5: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
				FL2	% Rem.		
23/Fev	0,0	0,0		0,0		0,0	
24/Fev	0,0	0,0		0,0		0,0	
25/Fev	0,0	0,0		0,0		0,0	
28/Fev	0,0	0,0		0,0		0,0	
29/Fev	0,0	0,0		0,0		0,0	
01/Mar	0,0	0,0		0,0		0,0	
02/Mar	0,0	0,0		0,0		0,0	
03/Mar	0,0	0,0		0,0		0,0	
Média	0,0	0,0		0,0		0,0	

Ensaio 2							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
				FL2	% Rem.		
22/Mar	20,0	10,0	50,0	10,0	50,0	0,0	100,0
23/Mar	10,0	41,0	-310,0	0,0	100,0	0,0	100,0
24/Mar	10,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
25/Mar	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
27/Mar	3,0	1,0	66,7	0,0	100,0	0,0	100,0
28/Mar	122,3	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
29/Mar	7,4	4,1	44,6	1,0	86,5	0,0	100,0
30/Mar	3,1	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
31/Mar	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	25,1	8,0	21,6	1,6	90,9	0,0	100,0

AB: Água Bruta

NR: Não Realizado

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A6: Dados de Ferro Total (mg/L)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1				
Data 2000	AB	FL1	Efluentes FL2	FL3
23/Fev	0,50	0,24	0,27	0,25
24/Fev	0,45	0,37	0,38	0,29
25/Fev	0,58	0,31	0,31	0,33
28/Fev	0,55	0,26	0,26	0,31
29/Fev	0,64	0,21	0,26	0,27
01/Mar	0,60	0,33	0,33	0,35
02/Mar	0,54	0,22	0,23	0,30
03/Mar	0,58	0,30	0,36	0,30
Média	0,56	0,28	0,30	0,30

Ensaio 2				
Data 2000	AB	FL1	Efluentes FL2	FL3
22/Mar	1,22	0,56	0,58	0,61
23/Mar	0,96	0,39	0,42	0,38
24/Mar	0,78	0,39	0,4	0,39
25/Mar	0,71	0,38	0,38	0,37
27/Mar	0,75	0,40	0,49	0,56
28/Mar	0,82	0,35	0,49	0,51
29/Mar	0,83	0,36	0,54	0,52
30/Mar	0,88	CE	0,55	0,43
31/Mar	1,18	CE	0,49	0,48
Média	0,90	0,40	0,48	0,47

AB: Água Bruta

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A7: Dados de Oxigênio Dissolvido (mg/L)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1				
Data 2000	AB	FL1	Efluentes FL2	FL3
23/Fev	9,5	7,9	6,9	6,5
24/Fev	9,4	7,8	7,6	7,7
25/Fev	8,7	6,8	6,8	6,8
28/Fev	9,1	4,1	4,3	4,1
29/Fev	9,1	3,2	3,0	3,1
01/Mar	8,4	2,5	2,4	3,1
02/Mar	7,9	2,0	2,4	2,7
03/Mar	8,3	2,2	2,2	2,5
Média	8,8	4,5	4,4	4,6

Ensaio 2				
Data 2000	AB	FL1	Efluentes FL2	FL3
22/Mar	7,7	6,5	6,3	6,4
23/Mar	8,8	6,4	6,2	6,3
24/Mar	8,6	6,1	6,1	6,5
25/Mar	9,6	5,4	5,2	5,4
27/Mar	NR	NR	NR	NR
28/Mar	8,3	3,0	2,7	2,8
29/Mar	8,1	3,2	3,1	3,3
30/Mar	8,3	CE	3,0	3,1
31/Mar	9,2	CE	3,9	4,3
Média	8,6	5,1	4,6	4,8

AB: Água Bruta

NR: Não Realizado

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A8: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
23/Fev	2,0	1,0	50,0	0,5	75,0	0,5	75,0
24/Fev	1,5	1,0	33,3	1,0	33,3	1,0	33,3
25/Fev	2,0	1,5	25,0	1,5	25,0	1,5	25,0
28/Fev	2,0	1,5	25,0	1,5	25,0	1,5	25,0
29/Fev	2,0	1,5	25,0	1,0	50,0	1,5	25,0
01/Mar	2,0	1,5	25,0	1,0	50,0	1,5	25,0
02/Mar	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
03/Mar	2,0	1,0	50,0	1,0	50,0	1,0	50,0
Média	1,8	1,3	29,2	1,1	38,5	1,2	32,3

Ensaio 2							
Data 2000	AB	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
22/Mar	2,0	1,0	50,0	1,0	50,0	1,0	50,0
23/Mar	1,5	0,5	66,7	1,0	33,3	1,0	33,3
24/Mar	2,0	1,0	50,0	1,0	50,0	1,5	25,0
25/Mar	2,0	1,0	50,0	0,5	75,0	1,0	50,0
27/Mar	2,0	1,5	25,0	1,5	25,0	1,5	25,0
28/Mar	2,0	1,0	50,0	1,5	25,0	2,0	0,0
29/Mar	2,0	2,0	0,0	1,5	25,0	2,0	0,0
30/Mar	2,0	CE	CE	1,5	25,0	1,0	50,0
31/Mar	1,5	CE	CE	1,0	33,3	1,0	33,3
Média	1,9	1,1	41,7	1,2	38,0	1,3	29,6

AB: Água Bruta
 CE: Carreira Encerrada
 FL1: Filtro Lento 1
 FL2: Filtro Lento 2
 FL3: Filtro Lento 3

Tabela A9: Dados de pH
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1				
Data 2000	AB	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
23/Fev	9,3	7,3	7,0	7,0
24/Fev	9,2	7,6	7,3	7,8
25/Fev	9,0	8,1	7,9	8,4
28/Fev	9,0	8,0	7,6	8,0
29/Fev	9,1	7,6	7,4	7,4
01/Mar	9,0	7,4	7,2	7,3
02/Mar	9,0	7,3	7,1	7,2
03/Mar	8,9	7,1	7,1	7,2

Ensaio 2				
Data 2000	AB	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
22/Mar	7,40	7,00	7,00	7,00
23/Mar	7,50	7,00	6,90	7,00
24/Mar	8,40	6,90	6,90	6,90
25/Mar	8,90	6,90	6,90	6,90
27/Mar	8,80	6,90	6,80	6,80
28/Mar	7,90	6,80	6,80	6,80
29/Mar	7,50	6,80	6,70	6,80
30/Mar	7,40	CE	6,60	6,60
31/Mar	7,60	CE	6,50	6,50

AB:Água Bruta
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A10: Dados de Temperatura (°C)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 1				
Data 2000	AB	FL1	Efluentes FL2	FL3
23/Fev	29,7	29,6	29,7	29,8
24/Fev	26,3	26,8	26,7	26,5
25/Fev	27,9	27,6	26,9	27,8
28/Fev	NR	NR	NR	NR
29/Fev	29,3	29,4	29,0	29,2
01/Mar	28,8	29,3	28,8	29,0
02/Mar	27,6	27,8	26,9	27,0
03/Mar	28,3	28,6	28,0	28,9
Média	28,3	28,4	28,0	28,3
Ensaio 2				
Data 2000	AB	FL1	Efluentes FL2	FL3
22/Mar	26,2	25,9	25,8	25,8
23/Mar	27,3	26,8	26,6	26,5
24/Mar	28,6	27,0	26,8	26,5
25/Mar	28,6	27,8	27,7	27,7
27/Mar	NR	NR	NR	NR
28/Mar	24,1	23,6	23,3	23,3
29/Mar	23,8	23,5	22,7	22,7
30/Mar	24,4	CE	24,4	23,8
31/Mar	26,1	CE	27,0	27,0
Média	26,1	25,8	25,5	25,4

AB: Água Bruta
 NR: Não Realizado
 CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
 FL2: Filtro Lento 2
 FL3: Filtro Lento 3

Tabela A11: Dados de Perda de Carga (mm)
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
15/Mai	125	99	94
16/Mai	190	160	176
17/Mai	192	161	172
18/Mai	205	172	175
19/Mai	225	182	185
20/Mai	259	208	207
22/Mai	370	300	290
23/Mai	416	335	310
24/Mai	440	350	315
25/Mai	562	450	397
26/Mai	600	550	452
27/Mai	CE	600	560
29/Mai	CE	CE	675
Ensaio 4			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
05/Jun	116	96	94
06/Jun	195	170	180
07/Jun	223	190	215
08/Jun	255	208	237
09/Jun	287	227	256
10/Jun	325	255	*
12/Jun	413	302	316
13/Jun	485	395	423
14/Jun	600	500	520
15/Jun	CE	600	680
Ensaio 5			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
19/Jul	115	97	197
20/Jul	200	172	310
21/Jul	237	205	370
22/Jul	268	230	400
23/Jul	310	262	414
24/Jul	327	290	425
25/Jul	375	345	473
26/Jul	430	400	528
27/Jul	500	480	560
28/Jul	595	570	680
CE: Carreira Encerrada		FL1: Filtro Lento 1	
* Leitura não realizada		FL2: Filtro Lento 2	
		FL3: Filtro Lento 3	

Tabela A12: Dados de Turbidez (UNT)
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
						FL2	% Rem.		
16/Mai	6,72	6,00	10,71	4,65	22,50	4,77	20,50	5,01	16,50
17/Mai	7,05	5,75	18,44	4,19	27,13	4,34	24,52	4,50	21,74
18/Mai	12,40	9,77	21,21	6,23	36,23	6,36	34,90	6,33	35,21
19/Mai	14,30	9,64	32,59	6,02	37,55	6,13	36,41	6,23	35,37
20/Mai	11,60	9,53	17,84	5,66	40,61	5,98	37,25	6,06	36,41
22/Mai	10,70	9,35	12,62	5,52	40,96	5,70	39,04	6,16	34,12
23/Mai	10,20	8,67	15,00	5,08	41,41	5,37	38,06	5,70	34,26
24/Mai	9,74	7,68	21,15	4,20	45,31	4,58	40,36	4,98	35,16
25/Mai	9,37	8,22	12,27	4,66	43,31	4,95	39,78	5,41	34,18
26/Mai	9,24	8,06	12,77	4,43	45,04	5,17	35,86	5,46	32,26
29/Mai	14,40	7,40	48,61	CE	CE	CE	CE	3,35	54,73
Média	10,52	8,19	20,29	5,06	38,01	5,34	34,67	5,38	33,63

Ensaio 4									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
						FL2	% Rem.		
06/Jun	10,00	8,63	13,70	5,75	33,37	6,24	27,69	6,20	28,16
07/Jun	12,90	11,80	8,53	8,22	30,34	8,81	25,34	8,93	24,32
08/Jun	15,60	13,20	15,38	9,19	30,38	9,53	27,80	9,77	25,98
09/Jun	16,20	13,50	16,67	8,61	36,22	9,07	32,81	9,19	31,93
10/Jun	15,50	13,10	15,48	8,01	38,85	8,79	32,90	5,09	61,15
12/Jun	15,40	12,60	18,18	6,71	46,75	7,26	42,38	7,41	41,19
13/Jun	16,60	13,70	17,47	4,88	64,38	7,67	44,01	8,08	41,02
14/Jun	15,70	13,00	17,20	6,36	51,08	7,14	45,08	7,38	43,23
15/Jun	21,40	12,60	41,12	CE	CE	5,96	52,70	6,30	50,00
Média	15,48	12,46	18,19	7,22	41,42	7,83	36,75	7,59	38,55

Ensaio 5									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
						FL2	% Rem.		
19/Jul	10,70	7,06	34,02	4,68	33,71	5,42	23,23	5,54	21,53
20/Jul	10,60	10,40	1,89	7,35	29,33	7,52	27,69	7,47	28,17
21/Jul	10,60	10,30	2,83	7,46	27,57	7,58	26,41	7,80	24,27
22/Jul	12,20	11,30	7,38	8,22	27,26	8,46	25,13	8,38	25,84
23/Jul	11,60	10,50	9,48	7,58	27,81	7,66	27,05	7,89	24,86
24/Jul	11,50	10,70	6,96	7,91	26,07	7,92	25,98	7,98	25,42
25/Jul	11,40	10,80	5,26	7,34	32,04	7,43	31,20	7,78	27,96
26/Jul	11,70	10,70	8,55	6,88	35,70	6,95	35,05	7,16	33,08
27/Jul	12,10	11,00	9,09	5,81	47,18	5,96	45,82	6,10	44,55
28/Jul	24,30	12,10	50,21	6,70	44,63	6,69	44,71	7,14	40,99
Média	12,67	10,49	13,57	6,99	33,13	7,16	31,23	7,32	29,67

AB: Agua Bruta

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A13: Dados de Cor Aparente (uC)
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
						FL2	% Rem.		
16/Mai	82	70	15	55	21	63	10	64	9
17/Mai	88	74	16	57	23	55	26	61	18
18/Mai	131	102	22	68	33	71	30	70	31
19/Mai	128	90	30	57	37	56	38	54	40
20/Mai	123	98	20	52	47	58	41	65	34
22/Mai	111	96	14	53	45	60	38	59	39
23/Mai	107	89	17	48	46	48	46	50	44
24/Mai	98	76	22	38	50	48	37	52	32
25/Mai	97	85	12	44	48	42	51	45	47
26/Mai	95	79	17	44	44	46	42	50	37
29/Set	138	70	49	CE	CE	CE	CE	28	60
Média	106	84	21	52	39	55	36	54	35

Ensaio 4									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
						FL2	% Rem.		
06/Jun	109	105	4	66	37	68	35	71	32
07/Jun	132	129	2	92	29	94	27	95	26
08/Jun	144	125	13	89	29	91	27	95	24
09/Jun	148	133	10	88	34	89	33	90	32
10/Jun	149	123	17	73	41	84	32	52	58
12/Jun	150	122	19	65	47	73	40	71	42
13/Jun	158	136	14	48	65	74	46	82	40
14/Jun	157	128	18	66	48	72	44	72	44
15/Jun	204	127	38	CE	CE	52	59	61	52
Média	150	125	15	73	41	77	38	77	39

Ensaio 5									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
						FL2	% Rem.		
19/Jul	107	70	35	46	34	56	20	53	24
20/Jul	110	108	2	82	24	73	32	76	30
21/Jul	107	105	2	79	25	74	30	82	22
22/Jul	122	116	5	85	27	88	24	82	29
23/Jul	115	109	5	77	29	81	26	79	28
24/Jul	119	112	6	83	26	77	31	82	27
25/Jul	116	108	7	74	31	75	31	73	32
26/Jul	124	114	8	71	38	70	39	76	33
27/Jul	121	109	10	58	47	59	46	53	51
28/Jul	204	118	42	63	47	62	47	65	45
Média	125	107	12	72	33	72	33	72	32

AB: Água Bruta

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A14: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL)

Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
16/Mai	248,1	137,6	44,5	1,0	99,6	21,8	91,2
17/Mai	307,6	72,3	76,5	67,7	78,0	35,0	88,6
18/Mai	547,5	93,3	83,0	95,9	82,5	66,3	87,9
19/Mai	517,2	45,7	91,2	49,5	90,4	30,5	94,1
20/Mai	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
22/Mai	547,5	27,2	95,0	16,1	97,1	19,9	96,4
23/Mai	325,5	14,8	95,5	9,8	97,0	5,2	98,4
24/Mai	193,5	38,4	80,2	4,1	97,9	6,3	96,7
25/Mai	344,8	12,0	96,5	7,4	97,9	7,3	97,9
29/Set	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	379,0	55,2	82,8	31,4	92,5	24,0	93,9

Ensaio 4							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
06/Jun	2419,2	1986,3	17,9	1553,1	35,8	2419,2	0,0
07/Jun	2419,2	1119,9	53,7	1203,3	50,3	1046,2	56,8
08/Jun	2419,2	360,9	85,1	547,5	77,4	613,1	74,7
09/Jun	829,7	313,0	62,3	285,1	65,6	248,9	70,0
10/Jun	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
12/Jun	1732,9	68,3	96,1	73,8	95,7	90,5	94,8
13/Jun	1732,9	28,8	98,3	155,3	91,0	201,4	88,4
14/Jun	1986,3	63,8	96,8	93,3	95,3	122,3	93,8
15/Jun	1299,7	CE	CE	38,4	97,0	68,9	94,7
Média	1854,9	563,0	72,9	493,7	76,0	601,3	71,6

Ensaio 5							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
19/Jul	1732,9	1419,2	18,1	816,4	52,9	1986,3	-14,6
20/Jul	1413,6	920,8	34,9	920,8	34,9	579,4	59,0
21/Jul	119,9	980,4	-717,7	686,7	-472,7	920,8	-668,0
22/Jul	1203,3	770,1	36,0	727,0	39,6	816,4	32,2
23/Jul	1553,1	648,8	58,2	579,4	62,7	547,5	64,7
24/Jul	1046,2	365,4	65,1	613,1	41,4	648,8	38,0
25/Jul	119,9	461,1	-284,6	365,4	-204,8	387,3	-223,0
26/Jul	119,9	204,6	-70,6	275,5	-129,8	198,9	-65,9
27/Jul	1553,1	83,6	94,6	88,8	94,3	53,9	96,5
28/Jul	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	984,7	650,4	-85,1	563,7	-53,5	682,1	-75,7

AFL: Afluente do Filtro Lento

FL1: Filtro Lento 1

NR: Não Realizado

FL2: Filtro Lento 2

CE: Carreira Encerrada

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A15: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL)
Taxa de Filtração: 6m³/m²/dia

Ensaio 3							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	FL2	Efluentes % Rem.	FL3	% Rem.
16/Mai	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	-
17/Mai	2,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
18/Mai	1,0	0,0	100,0	1,0	0,0	0,0	100,0
19/Mai	1,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
20/Mai	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
22/Mai	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	-
23/Mai	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	-
24/Mai	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0	-
25/Mai	1,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
29/Set	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	0,6	0,0	100,0	0,1	75,0	0,0	100,0

Ensaio 4							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	FL2	Efluentes % Rem.	FL3	% Rem.
06/Jun	1,0	0,0	100,0	1,0	0,0	1,0	0,0
07/Jun	3,1	2,0	35,5	1,0	67,7	4,1	-32,3
08/Jun	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	4,1	-310,0
09/Jun	2,0	1,0	50,0	2,0	0,0	1,0	50,0
10/Jun	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
12/Jun	0,0	0,0	-	1,0	-	0,0	-
13/Jun	0,0	0,0	-	0,0	-	2,0	-
14/Jun	1,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0
15/Jun	1,0	CE	CE	3,1	-210,0	4,1	-310,0
Média	1,1	0,6	57,1	1,1	-7,0	2,0	-83,7

Ensaio 5							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	FL2	Efluentes % Rem.	FL3	% Rem.
19/Jul	9,7	4,1	57,7	6,3	35,1	0,0	100,0
20/Jul	13,5	10,9	19,3	18,1	-34,1	18,7	-38,5
21/Jul	7,4	9,8	-32,4	4,1	44,6	5,2	29,7
22/Jul	18,7	21,8	-16,6	34,5	-84,5	17,5	6,4
23/Jul	24,9	7,3	70,7	12,2	51,0	14,8	40,6
24/Jul	5,2	6,3	-21,2	7,4	-42,3	3,1	40,4
25/Jul	6,1	3,0	50,8	2,0	67,2	0,0	100,0
26/Jul	6,3	2,0	68,3	2,0	68,3	3,1	50,8
27/Jul	6,3	1,0	84,1	0,0	100,0	1,0	84,1
28/Jul	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	10,9	7,4	31,2	9,6	22,8	7,0	45,9

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A16: Dados de Ferro Total (mg/L)
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
16/Mai	0,37	0,28	0,31	0,32
17/Mai	0,34	0,23	0,25	0,27
18/Mai	0,73	0,44	0,47	0,48
19/Mai	0,70	0,40	0,43	0,43
20/Mai	0,67	0,39	0,40	0,44
22/Mai	0,65	0,37	0,40	0,43
23/Mai	0,59	0,34	0,37	0,41
24/Mai	0,51	0,29	0,34	0,37
25/Mai	0,52	0,30	0,32	0,37
26/Mai	NR	NR	NR	NR
29/Set	NR	NR	NR	NR
Média	0,56	0,34	0,37	0,39

Ensaio 4				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
06/Jun	NR	NR	NR	NR
07/Jun	0,74	0,56	0,57	0,62
08/Jun	0,95	0,66	0,71	0,73
09/Jun	1,00	0,68	0,72	0,74
10/Jun	0,96	0,62	0,67	0,67
12/Jun	0,88	0,52	0,54	0,57
13/Jun	0,97	0,35	0,58	0,61
14/Jun	0,88	0,44	0,48	0,51
15/Jun	0,88	CE	0,46	0,50
Média	0,91	0,55	0,59	0,62

Ensaio 5				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
19/Jul	0,51	0,37	0,42	0,49
20/Jul	0,73	0,58	0,60	0,59
21/Jul	0,73	0,57	0,57	0,58
22/Jul	0,88	0,68	0,71	0,70
23/Jul	0,85	0,62	0,65	0,64
24/Jul	0,84	0,60	0,62	0,64
25/Jul	0,80	0,54	0,53	0,55
26/Jul	0,83	0,54	0,56	0,58
27/Jul	0,87	0,49	0,53	0,50
28/Jul	1,01	0,60	0,61	0,63
Média	0,81	0,56	0,58	0,59

AFL: Afluente do Filtro Lento
CE: Carreira Encerrada
NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A17: Dados de Manganês (mg/L)
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
16/Mai	NR	NR	NR	NR
17/Mai	NR	NR	NR	NR
18/Mai	NR	NR	NR	NR
19/Mai	NR	NR	NR	NR
20/Mai	NR	NR	NR	NR
22/Mai	NR	NR	NR	NR
23/Mai	NR	NR	NR	NR
24/Mai	NR	NR	NR	NR
25/Mai	NR	NR	NR	NR
26/Mai	NR	NR	NR	NR
29/Set	NR	NR	NR	NR
Média	NR	NR	NR	NR

Ensaio 4				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
06/Jun	NR	NR	NR	NR
07/Jun	NR	NR	NR	NR
08/Jun	NR	NR	NR	NR
09/Jun	0,14	0,07	0,06	0,07
10/Jun	0,14	0,07	0,06	0,07
12/Jun	0,15	0,07	0,06	0,06
13/Jun	0,16	0,07	0,06	0,07
14/Jun	0,15	0,05	0,04	0,05
15/Jun	0,15	CE	0,05	0,06
Média	0,15	0,07	0,05	0,06

Ensaio 5				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
19/Jul	0,08	0,07	0,07	0,09
20/Jul	0,09	0,07	0,06	0,06
21/Jul	0,13	0,09	0,07	0,09
22/Jul	0,10	0,06	0,06	0,06
23/Jul	0,11	0,07	0,07	0,08
24/Jul	0,11	0,07	0,06	0,06
25/Jul	0,13	0,07	0,07	0,07
26/Jul	0,11	0,06	0,06	0,06
27/Jul	0,12	0,06	0,06	0,06
28/Jul	0,12	0,07	0,06	0,08
Média	0,11	0,07	0,06	0,07

AFL: Afluente do Filtro Lento

NR: Não Realizado

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A18: Dados de Oxigênio Dissolvido (mg/L)
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
16/Mai	NR	NR	NR	NR
17/Mai	NR	NR	NR	NR
18/Mai	NR	NR	NR	NR
19/Mai	NR	NR	NR	NR
20/Mai	NR	NR	NR	NR
22/Mai	NR	NR	NR	NR
23/Mai	NR	NR	NR	NR
24/Mai	NR	NR	NR	NR
25/Mai	NR	NR	NR	NR
26/Mai	NR	NR	NR	NR
29/Set	NR	NR	NR	NR
Média	NR	NR	NR	NR

Ensaio 4				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
06/Jun	9,4	8,1	8,5	8,0
07/Jun	8,8	8,4	8,3	8,4
08/Jun	8,8	8,6	8,6	8,7
09/Jun	8,6	8,1	8,5	8,6
10/Jun	NR	NR	NR	NR
12/Jun	8,1	5,6	6,2	6,9
13/Jun	7,4	4,7	6,2	6,4
14/Jun	7,8	5,7	6,5	6,9
15/Jun	7,3	CE	6,0	6,2
Média	8,3	7,0	7,3	7,5

Ensaio 5				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
19/Jul	9,7	9,8	9,8	9,5
20/Jul	9,8	9,9	10,1	9,9
21/Jul	9,1	9,0	9,3	9,4
22/Jul	9,4	9,5	9,1	9,3
23/Jul	8,9	8,9	9,1	9,5
24/Jul	9,4	9,3	9,2	9,2
25/Jul	9,6	9,5	9,5	9,5
26/Jul	9,1	9,1	9,0	9,1
27/Jul	8,9	8,8	8,3	8,5
28/Jul	8,5	8,4	7,9	8,1
Média	9,2	9,2	9,1	9,2

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A19: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L)
Taxa de Filtração: 6m³/m²/dia

Ensaio 3							
Data 2000	AFL	Efuentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
16/Mai	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	1,0	-100,0
17/Mai	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
18/Mai	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
19/Mai	1,5	1,0	33,3	0,5	66,7	1,0	33,3
20/Mai	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	1,0	0,0
22/Mai	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	1,0	0,0
23/Mai	1,0	1,0	0,0	0,5	50,0	1,0	0,0
24/Mai	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
25/Mai	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
26/Mai	1,5	0,5	66,7	1,0	33,3	0,5	66,7
29/Set	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	1,0	0,7	30,0	0,7	25,0	0,8	10,0

Ensaio 4							
Data 2000	AFL	Efuentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
06/Jun	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	50,0
07/Jun	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
08/Jun	1,0	1,5	-50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
09/Jun	1,5	1,0	33,3	0,5	66,7	1,0	33,3
10/Jun	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	0,5	50,0
12/Jun	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	50,0
13/Jun	1,5	0,5	66,7	1,0	33,3	0,5	66,7
14/Jun	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
15/Jun	1,0	CE	CE	1,0	0,0	1,0	0,0
Média	1,1	0,9	12,5	0,9	16,7	0,72	33,3

Ensaio 5							
Data 2000	AFL	Efuentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
19/Jul	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
20/Jul	1,5	0,5	66,7	0,5	66,7	0,5	66,7
21/Jul	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	0,5	50,0
22/Jul	1,5	1,0	33,3	1,0	33,3	0,5	66,7
23/Jul	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
24/Jul	1,0	1,0	0,0	0,5	50,0	1,0	0,0
25/Jul	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
26/Jul	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
27/Jul	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
28/Jul	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
Média	1,1	0,7	35,0	0,7	35,0	0,6	38,3

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A20: Dados de pH
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3				
Data 2000	AFL	Efluentes		
		FL1	FL2	FL3
16/Mai	8,0	7,0	7,1	7,1
17/Mai	8,1	7,1	7,1	7,2
18/Mai	7,2	6,9	6,9	7,0
19/Mai	7,2	6,8	6,8	6,9
20/Mai	7,2	6,8	6,9	6,8
22/Mai	7,4	6,8	6,8	6,9
23/Mai	7,3	6,7	6,7	6,8
24/Mai	7,5	6,6	6,7	6,7
25/Mai	7,4	6,7	6,8	6,8
29/Set	7,5	6,8	6,8	6,8

Ensaio 4				
Data 2000	AFL	Efluentes		
		FL1	FL2	FL3
06/Jun	7,7	7,0	7,0	7,2
07/Jun	7,2	7,0	7,0	7,1
08/Jun	7,1	7,0	6,9	7,1
09/Jun	6,9	6,9	6,8	6,9
10/Jun	7,0	6,7	6,8	6,6
12/Jun	7,0	6,8	6,8	6,8
13/Jun	6,9	6,6	6,8	6,8
14/Jun	7,0	6,8	6,8	6,9
15/Jun	7,1	CE	6,7	6,8

Ensaio 5				
Data 2000	AFL	Efluentes		
		FL1	FL2	FL3
19/Jul	6,9	6,6	6,5	6,7
20/Jul	6,8	6,9	6,9	6,9
21/Jul	7,2	7,2	7,1	7,2
22/Jul	7,1	7,0	7,0	7,0
23/Jul	7,0	7,0	6,9	7,2
24/Jul	7,0	7,0	7,0	7,0
25/Jul	7,2	7,2	7,1	7,1
26/Jul	7,1	6,9	6,8	6,8
27/Jul	7,0	6,8	6,8	6,8
28/Jul	6,9	6,9	6,9	6,9

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A21: Dados de Temperatura (°C)
Taxa de Filtração: 6m³/m²dia

Ensaio 3				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
16/Mai	22,5	21,5	21,5	22,0
17/Mai	22,5	21,5	21,5	22,0
18/Mai	21,0	19,5	19,0	19,5
19/Mai	19,5	18,0	18,0	18,0
20/Mai	21,0	20,0	20,0	20,0
22/Mai	20,0	18,0	18,0	18,5
23/Mai	20,5	19,0	19,0	19,0
24/Mai	23,0	23,5	24,0	24,0
25/Mai	21,0	20,0	19,0	19,5
26/Mai	21,0	20,0	20,5	21,0
27/Mai	NR	NR	NR	NR
28/Mai	NR	NR	NR	NR
Média	21,2	20,1	20,1	20,4

Ensaio 4				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
06/Jun	20,0	18,5	18,0	19,0
07/Jun	20,5	19,0	19,0	19,5
08/Jun	20,0	18,0	18,0	18,5
09/Jun	17,0	16,5	16,5	16,0
10/Jun	21,0	20,5	20,0	20,5
12/Jun	20,0	19,5	19,5	20,0
13/Jun	20,5	19,0	19,0	20,0
14/Jun	21,0	20,5	20,0	20,5
15/Jun	21,5	CE	20,0	21,0
Média	20,2	18,9	18,9	19,4

Ensaio 5				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
19/Jul	16,0	15,0	15,5	15,5
20/Jul	14,5	13,0	13,0	13,0
21/Jul	16,0	15,0	15,5	15,5
22/Jul	16,0	15,5	15,5	15,5
23/Jul	15,0	14,5	14,5	14,5
24/Jul	19,0	18,5	18,0	18,5
25/Jul	15,5	14,0	14,0	15,0
26/Jul	15,0	14,5	14,5	14,5
27/Jul	17,5	16,5	16,0	17,0
28/Jul	18,0	17,0	17,0	17,5
Média	16,3	15,4	15,4	15,7

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A22: Dados de Perda de Carga (mm)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
14/Ago	120	120	110
15/Ago	180	155	173
16/Ago	195	160	188
17/Ago	210	167	216
18/Ago	220	185	242
19/Ago	235	210	263
21/Ago	297	271	325
22/Ago	327	300	355
23/Ago	365	348	392
24/Ago	410	380	412
25/Ago	457	437	455
26/Ago	505	495	498
28/Ago	600	600	640
29/Ago	CE	CE	680
Ensaio 7			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
04/Set	117	90	89
05/Set	145	130	115
06/Set	158	150	125
07/Set	225	187	176
09/Set	257	220	210
10/Set	272	265	254
11/Set	310	294	285
12/Set	342	350	367
13/Set	380	394	400
14/Set	415	412	422
15/Set	462	473	467
16/Set	497	535	495
17/Set	560	578	530
18/Set	600	600	610
19/Set	CE	CE	675
Ensaio 8			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
01/Nov	95	90	95
02/Nov	245	135	130
03/Nov	255	150	137
04/Nov	270	170	150
06/Nov	295	185	180
07/Nov	305	215	200
08/Nov	355	235	224
09/Nov	397	280	250
10/Nov	442	305	270
12/Nov	477	365	375
13/Nov	505	410	408
14/Nov	545	460	500
15/Nov	600	515	555
16/Nov	CE	560	610
17/Nov	CE	600	680

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL2: Filtro Lento 3

Tabela A23: Dados de Turbidez (UNT)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	Efluentes					
				FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
15/Ago	11,70	9,42	19,49	5,49	41,72	5,46	42,04	5,82	38,22
16/Ago	11,60	9,05	21,98	4,81	46,85	5,33	41,10	5,86	35,25
17/Ago	12,70	8,57	32,52	4,36	49,12	4,45	48,07	4,52	47,26
18/Ago	12,20	9,24	24,26	5,08	45,02	4,68	49,35	4,77	48,38
19/Ago	12,40	9,10	26,61	5,10	43,96	4,88	46,37	4,85	46,70
21/Ago	10,60	7,72	27,17	4,12	46,63	4,10	46,89	4,27	44,69
22/Ago	9,69	7,26	25,08	3,90	46,28	3,76	48,21	4,01	44,77
23/Ago	9,83	7,27	26,04	3,66	49,66	3,57	50,89	3,71	48,97
24/Ago	10,40	7,05	32,21	3,69	47,66	3,59	49,08	3,75	46,81
25/Ago	10,80	6,34	41,30	4,09	35,49	3,83	39,59	4,08	35,65
26/Ago	9,34	7,06	24,41	3,28	53,54	3,24	54,11	3,12	55,81
28/Ago	10,60	7,83	26,13	3,39	56,70	4,07	48,02	3,29	57,98
29/Ago	11,20	7,75	30,80	CE	CE	CE	CE	3,67	52,65
Média	11,00	7,97	27,54	4,25	46,89	4,25	46,98	4,29	46,39

Ensaio 7									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	Efluentes					
				FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
05/Set	12,50	10,30	17,60	5,87	43,01	6,09	40,87	6,24	39,42
06/Set	13,30	11,00	17,29	5,17	53,00	5,98	45,64	6,19	43,73
07/Set	12,20	11,00	9,84	5,36	51,27	5,56	49,45	5,95	45,91
09/Set	9,18	8,02	12,64	4,34	45,89	4,14	48,38	3,91	51,25
10/Set	9,31	8,06	13,43	3,67	54,47	4,01	50,25	3,80	52,85
11/Set	8,59	7,58	11,76	3,20	57,78	3,33	56,07	3,29	56,60
12/Set	8,36	7,48	10,53	2,82	62,30	2,67	64,30	2,62	64,97
13/Set	9,52	7,83	17,75	2,44	68,84	2,19	72,03	2,02	74,20
14/Set	9,22	6,69	27,44	2,51	62,48	1,42	78,77	1,73	74,14
15/Set	8,02	5,82	27,43	1,82	68,73	1,60	72,51	1,83	68,56
16/Set	11,50	7,84	31,83	1,66	78,83	1,28	83,67	1,66	78,83
17/Set	11,90	6,83	42,61	1,34	80,38	1,36	80,09	1,47	78,48
18/Set	10,20	5,82	42,94	1,04	82,13	1,03	82,30	1,18	79,73
19/Set	6,22	3,30	46,95	0,95	71,21	0,85	74,21	0,95	71,15
Média	10,00	7,68	23,57	3,01	62,88	2,97	64,18	3,06	62,84

Ensaio 8									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	Efluentes					
				FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
02/Nov	12,40	8,98	27,58	5,78	35,63	6,47	27,95	6,58	26,73
03/Nov	10,10	8,05	20,30	5,07	37,02	5,74	28,70	5,65	29,81
04/Nov	13,20	8,55	35,23	4,96	41,99	5,42	36,61	5,43	36,49
06/Nov	11,40	7,48	34,39	4,62	38,24	4,57	38,90	4,86	35,03
07/Nov	10,70	6,85	35,98	4,55	33,58	4,17	39,12	4,46	34,89
08/Nov	11,30	6,91	38,85	4,40	36,32	3,79	45,15	4,12	40,38
09/Nov	10,30	6,68	35,15	4,49	32,78	3,50	47,60	4,22	36,83
10/Nov	10,10	6,55	35,15	3,98	39,24	3,84	41,37	4,30	34,35
12/Nov	13,00	6,19	52,38	4,13	33,28	3,56	42,49	3,29	46,85
13/Nov	8,78	6,38	27,33	2,98	53,29	3,28	48,59	3,59	43,73
14/Nov	10,60	7,09	33,11	3,38	52,33	2,82	60,23	3,21	54,72
15/Nov	9,74	7,69	21,05	2,43	68,40	2,37	69,18	3,34	56,57
16/Nov	9,52	7,28	23,53	CE	CE	2,01	72,39	2,70	62,91
17/Nov	10,90	7,20	33,94	CE	CE	2,07	71,25	3,30	54,17
Média	10,86	7,28	32,43	4,23	41,84	3,83	47,82	4,22	42,39

AB: Água Bruta

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A24: Dados de Cor Aparente (uC)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
15/Ago	116	87	25	58	33	FL2	% Rem.	48	45
16/Ago	118	94	20	49	48	59	37	56	40
17/Ago	124	84	32	42	50	36	57	39	54
18/Ago	121	93	23	46	51	44	53	46	51
19/Ago	131	96	27	53	45	53	45	54	44
21/Ago	106	82	23	42	49	36	56	43	48
22/Ago	104	75	28	39	48	32	57	40	47
23/Ago	108	78	28	34	56	36	54	35	55
24/Ago	117	73	38	37	49	34	53	39	47
25/Ago	117	73	38	42	42	47	36	50	32
26/Ago	105	77	27	33	57	37	52	32	58
28/Ago	127	98	23	36	63	44	55	34	65
29/Ago	137	98	28	CE	CE	CE	CE	37	62
Média	118	85	28	43	49	43	49	43	50

Ensaio 7									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
05/Set	164	146	11	79	46	FL2	% Rem.	83	43
06/Set	165	154	7	73	53	82	47	87	44
07/Set	168	154	8	78	49	76	51	83	46
09/Set	137	122	11	70	43	62	49	60	51
10/Set	134	120	10	51	58	55	54	47	61
11/Set	124	113	9	43	62	43	62	44	61
12/Set	124	108	13	35	68	35	68	34	69
13/Set	124	105	15	23	78	22	79	21	80
14/Set	130	93	28	35	62	15	84	24	74
15/Set	114	82	28	27	67	17	79	22	73
16/Set	156	103	34	15	85	13	87	17	83
17/Set	165	98	41	17	83	17	83	19	81
18/Set	153	85	44	17	80	16	81	20	76
19/Set	116	57	51	19	67	10	82	18	68
Média	141	110	22	42	64	39	68	41	65

Ensaio 8									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
02/Nov	158	122	23	81	34	FL2	% Rem.	93	24
03/Nov	139	116	17	68	41	84	28	82	29
04/Nov	160	117	27	72	38	78	33	80	32
06/Nov	155	113	27	74	35	67	41	73	35
07/Nov	144	100	31	73	27	59	59	62	62
08/Nov	140	98	30	69	26	49	40	61	37
09/Nov	138	96	30	65	28	52	49	63	36
10/Nov	137	98	28	63	34	59	47	62	36
12/Nov	153	88	42	73	28	60	33	60	30
13/Nov	119	90	24	43	19	49	33	58	33
14/Nov	130	92	29	44	53	37	47	44	37
15/Nov	130	98	25	32	55	34	62	49	55
16/Nov	134	102	24	CE	CE	35	67	49	52
17/Nov	139	102	27	CE	CE	33	66	54	52
Média	141	102	27	63	35	57	45	64	39

AB: Água Bruta

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A25: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL)

Taxa de Filtração: 3m³/m².dia

Ensaio 6							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes			
				FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
15/Ago	387,3	105,4	72,8	78,9	79,6	81,6	78,9
16/Ago	866,4	387,3	55,3	488,4	43,6	435,2	49,8
17/Ago	866,4	98,7	88,6	178,5	79,4	143,9	83,4
18/Ago	1046,2	62,4	94,0	60,1	94,3	93,3	91,1
19/Ago	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
21/Ago	435,2	20,1	95,4	22,8	94,8	80,9	81,4
22/Ago	547,5	25,9	95,3	24,3	95,6	23,3	95,7
23/Ago	579,4	22,8	96,1	27,8	95,2	14,6	97,5
24/Ago	461,1	37,3	91,9	31,4	93,2	15,8	96,6
25/Ago	686,7	25,7	96,3	69,1	89,9	17,1	97,5
26/Ago	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
28/Ago	1203,3	22,6	98,1	61,6	94,9	32,3	97,3
29/Ago	1299,7	CE	CE	CE	CE	79,8	93,9
Média	761,7	80,8	88,4	104,3	86,0	92,5	87,6

Ensaio 7							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes			
				FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
05/Set	1986,3	517,2	74,0	1553,1	21,8	770,1	61,2
06/Set	2419,2	517,2	78,6	547,5	77,4	517,2	78,6
07/Set	1046,2	166,4	84,1	206,3	80,3	365,4	65,1
09/Set	816,4	56,3	93,1	70,3	91,4	48,7	94,0
10/Set	1119,9	57,3	94,9	63,7	94,3	47,1	95,8
11/Set	686,7	37,3	94,6	44,1	93,6	34,5	95,0
12/Set	1046,2	21,3	98,0	23,1	97,8	29,5	97,2
13/Set	1299,7	44,3	96,6	31,7	97,6	15,8	98,8
14/Set	770,1	9,7	98,7	9,8	98,7	9,7	98,7
15/Set	2419,2	8,5	99,6	184,2	92,4	21,3	99,1
16/Set	2419,2	27,2	98,9	31,1	98,7	30,5	98,7
17/Set	1986,3	26,3	98,7	36,4	98,2	43,5	97,8
18/Set	1203,3	12,2	99,0	19,9	98,3	17,5	98,5
19/Set	816,4	2,0	99,8	14,6	98,2	8,4	99,0
Média	1431,1	107,4	93,5	202,6	88,5	139,9	91,3

Ensaio 8							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes			
				FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
02/Nov	2419,2	275,5	88,6	2419,2	0,0	613,1	74,7
03/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
04/Nov	2419,2	155,3	93,6	613,1	74,7	365,4	84,9
06/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
07/Nov	365,4	49,6	86,4	24,9	93,2	41,9	88,5
08/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
09/Nov	517,2	49,6	90,4	12,2	97,6	21,3	95,9
10/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
12/Nov	770,1	5,2	99,3	3,1	99,6	13,5	98,2
13/Nov	727,0	7,4	99,0	12,0	98,3	38,4	94,7
14/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
15/Nov	1986,3	44,3	97,8	12,0	99,4	33,1	98,3
16/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
17/Nov	1732,9	CE	CE	11,0	99,4	18,7	98,9
Média	1367,2	83,8	93,6	388,4	82,8	143,2	91,8

AFL: Afluente do Filtro Lento

NR: Não Realizado

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A26: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL)
Taxa de Filtração: 3m³/m².dia

Ensaio 6							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes			
				FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
15/Ago	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
16/Ago	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0
17/Ago	16,0	2,0	87,5	3,1	80,6	5,2	67,5
18/Ago	6,3	2,0	68,3	2,0	68,3	1,0	84,1
19/Ago	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
21/Ago	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
22/Ago	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
23/Ago	7,4	1,0	86,5	1,0	86,5	1,0	86,5
24/Ago	2,0	3,0	-50,0	1,0	50,0	1,0	50,0
25/Ago	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
26/Ago	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
28/Ago	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
29/Ago	1,0	CE	CE	CE	CE	1,0	0,0
Média	3,6	1,4	34,6	1,6	33,6	1,7	34,0

Ensaio 7							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes			
				FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
05/Set	1,0	2,0	-100,0	1,0	0,0	2,0	-100,0
06/Set	4,1	1,0	75,6	2,0	51,2	3,0	26,8
07/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
08/Set	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
09/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
10/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
11/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
12/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
13/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
14/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
15/Set	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
16/Set	3,0	1,0	66,7	1,0	66,7	2,0	33,3
17/Set	39,3	1,0	97,5	1,0	97,5	1,0	97,5
18/Set	18,5	1,0	94,6	1,0	94,6	1,0	94,6
19/Set	4,1	1,0	75,6	1,0	75,6	1,0	75,6
Média	5,6	1,1	22,1	1,1	27,5	1,3	16,3

Ensaio 8							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes			
				FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
02/Nov	7,4	2,0	73,0	15,8	-113,5	21,4	-189,2
03/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
04/Nov	1,0	0,0	100,0	4,1	-310,0	2,0	-100,0
06/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
07/Nov	24,9	5,2	79,1	1,0	96,0	3,0	88,0
08/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
09/Nov	6,2	2,0	67,7	0,0	100,0	1,0	83,9
10/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
12/Nov	8,4	0,0	100,0	1,0	88,1	3,1	63,1
13/Nov	16,8	2,0	88,1	0,0	100,0	2,0	88,1
14/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
15/Nov	8,6	4,1	52,3	1,0	88,4	0,0	100,0
16/Nov	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
17/Nov	8,5	CE	CE	0,0	100,0	1,0	88,2
Média	10,2	2,2	80,0	2,9	18,6	4,2	27,8

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A27: Dados de Ferro Total (mg/L)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
15/Ago	0,67	0,64	0,71	0,65
16/Ago	0,88	0,65	0,94	0,87
17/Ago	0,62	0,53	0,60	0,57
18/Ago	0,78	0,77	0,78	0,67
19/Ago	0,77	0,69	0,75	0,66
21/Ago	0,69	0,58	0,62	0,65
22/Ago	0,66	0,59	0,61	0,65
23/Ago	0,63	0,58	0,62	0,63
24/Ago	0,63	0,59	0,58	0,66
25/Ago	0,73	0,55	0,60	0,70
26/Ago	0,84	0,59	0,77	0,84
28/Ago	0,60	1,06	0,95	0,97
29/Ago	0,56	CE	CE	0,62
Média	0,70	0,65	0,71	0,70

Ensaio 7				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
05/Set	0,90	0,59	0,63	0,68
06/Set	1,02	0,61	0,73	0,73
07/Set	1,01	0,62	0,69	0,74
09/Set	0,80	0,63	0,70	0,64
10/Set	0,79	0,47	0,52	0,57
11/Set	0,73	0,56	0,48	0,58
12/Set	0,72	0,66	0,65	0,67
13/Set	0,68	0,62	0,33	0,44
14/Set	0,70	0,58	0,30	0,43
15/Set	NR	NR	NR	NR
16/Set	NR	NR	NR	NR
17/Set	0,63	0,26	0,14	0,20
18/Set	0,56	0,17	0,10	0,28
19/Set	0,42	0,41	0,26	0,38
Média	0,75	0,52	0,46	0,53

Ensaio 8				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
02/Nov	1,59	1,09	1,40	1,33
03/Nov	NR	NR	NR	NR
04/Nov	1,61	1,13	1,12	1,13
06/Nov	NR	NR	NR	NR
07/Nov	1,39	1,20	0,82	0,63
08/Nov	NR	NR	NR	NR
09/Nov	1,14	1,15	0,69	0,90
10/Nov	NR	NR	NR	NR
12/Nov	NR	NR	NR	NR
13/Nov	1,54	1,05	0,97	1,05
14/Nov	NR	NR	NR	NR
15/Nov	1,42	1,07	0,58	0,82
16/Nov	NR	CE	NR	NR
17/Nov	1,02	CE	0,42	0,98
Média	1,39	1,14	1,01	0,98

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A28: Dados de Manganês (mg/L)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
15/Ago	0,12	0,09	0,05	0,07
16/Ago	0,10	0,06	0,06	0,08
17/Ago	0,09	0,05	0,04	0,07
18/Ago	0,11	0,06	0,06	0,06
19/Ago	0,11	0,06	0,05	0,06
21/Ago	0,09	0,08	0,05	0,06
22/Ago	0,09	0,08	0,05	0,06
23/Ago	0,10	0,09	0,07	0,05
24/Ago	0,10	0,10	0,08	0,06
25/Ago	0,17	0,12	0,09	0,09
26/Ago	0,19	0,11	0,12	0,11
28/Ago	0,16	0,17	0,11	0,11
29/Ago	0,17	CE	CE	0,08
Média	0,12	0,09	0,07	0,07

Ensaio 7				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
05/Set	0,23	0,14	0,14	0,14
06/Set	0,23	0,12	0,13	0,13
07/Set	0,24	0,12	0,12	0,13
09/Set	0,18	0,11	0,11	0,13
10/Set	0,17	0,09	0,08	0,10
11/Set	0,17	0,11	0,07	0,10
12/Set	0,16	0,14	0,10	0,10
13/Set	0,16	0,09	0,05	0,06
14/Set	0,14	0,07	0,04	0,05
15/Set	0,13	0,07	0,05	0,10
16/Set	NR	NR	NR	NR
17/Set	0,18	0,06	0,04	0,04
18/Set	0,15	0,04	0,03	0,04
19/Set	0,13	0,10	0,07	0,08
Média	0,17	0,10	0,08	0,09

Ensaio 8				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
02/Nov	0,12	0,05	0,05	0,06
03/Nov	NR	NR	NR	NR
04/Nov	0,09	0,09	0,05	0,05
06/Nov	NR	NR	NR	NR
07/Nov	0,09	0,09	0,04	0,05
08/Nov	NR	NR	NR	NR
09/Nov	0,07	0,05	0,03	0,04
10/Nov	NR	NR	NR	NR
12/Nov	NR	NR	NR	NR
13/Nov	0,11	0,07	0,06	0,06
14/Nov	NR	NR	NR	NR
15/Nov	0,12	0,05	0,04	0,04
16/Nov	NR	CE	NR	NR
17/Nov	0,13	CE	0,04	0,05
Média	0,09	0,07	0,04	0,05

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A29: Dados de Oxigênio Dissolvido(mgl/L)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
15/Ago	6,0	4,2	4,9	4,1
16/Ago	6,7	4,2	4,1	3,8
17/Ago	6,7	4,6	4,2	4,6
18/Ago	6,7	4,6	3,2	3,9
19/Ago	5,7	3,8	2,8	3,3
21/Ago	5,5	3,2	3,3	3,3
22/Ago	5,5	3,0	2,9	3,8
23/Ago	5,3	2,9	2,7	2,8
24/Ago	5,0	2,8	2,9	3,1
25/Ago	4,1	2,1	2,1	2,0
26/Ago	5,4	2,8	2,7	2,9
28/Ago	5,8	2,9	3,0	2,4
29/Ago	5,8	CE	CE	3,2
Média	5,7	3,4	3,2	3,4

Ensaio 7				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
05/Set	7,1	5,1	5,0	5,1
06/Set	6,6	5,5	5,5	5,6
07/Set	6,7	5,5	5,6	5,3
08/Set	NR	NR	NR	NR
09/Set	5,9	3,9	3,7	4,0
10/Set	5,7	3,9	3,6	3,9
11/Set	5,6	4,0	3,9	3,9
12/Set	6,4	4,1	3,9	4,0
13/Set	6,3	3,9	3,9	3,7
14/Set	5,5	3,3	3,2	3,3
15/Set	6,0	3,0	2,7	3,2
16/Set	5,5	3,8	3,4	3,2
17/Set	5,4	3,8	3,6	3,5
18/Set	5,1	2,8	2,7	2,9
19/Set	5,2	2,8	2,6	3,0
Média	6,1	4,1	4,0	4,1

Ensaio 8				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
02/Nov	4,6	3,3	3,5	3,5
03/Nov	4,6	2,3	3,4	3,1
04/Nov	4,4	2,4	3,1	2,9
06/Nov	4,5	2,3	2,4	2,4
07/Nov	4,3	2,0	2,9	3,0
08/Nov	2,7	3,9	2,6	2,9
09/Nov	5,2	2,8	2,9	2,7
10/Nov	5,0	2,1	1,9	2,0
12/Nov	NR	NR	NR	NR
13/Nov	5,4	2,4	2,5	2,2
14/Nov	5,2	2,5	2,4	2,3
15/Nov	5,1	2,6	2,7	2,9
16/Nov	5,5	CE	2,3	2,6
17/Nov	5,1	CE	2,2	2,2
Média	4,7	2,7	2,9	2,7

AFL: Afluente do Filtro Lento

NR: Não Realizado

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A30: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L)
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
				FL2	% Rem.		
15/Ago	2,0	2,0	0,0	2,0	0,0	1,0	50,0
16/Ago	1,5	1,5	0,0	1,5	0,0	1,0	33,3
17/Ago	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
18/Ago	1,5	1,0	33,3	1,0	33,3	0,5	66,7
19/Ago	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
21/Ago	1,5	0,5	66,7	1,0	33,3	0,5	66,7
22/Ago	1,0	0,5	66,7	1,0	33,3	0,5	66,7
23/Ago	1,0	0,5	50,0	0,5	0,0	0,5	50,0
24/Ago	1,0	1,0	50,0	0,5	50,0	1,0	50,0
25/Ago	1,5	0,5	0,0	1,0	50,0	1,0	0,0
26/Ago	1,0	0,5	66,7	0,5	33,3	0,5	33,3
28/Ago	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
29/Ago	1,0	CE	CE	CE	CE	0,5	CE
Média	1,3	0,9	31,9	1,0	23,6	0,7	38,9

Ensaio 7							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
				FL2	% Rem.		
05/Set	1,5	1,0	33,3	1,0	33,3	0,5	66,7
06/Set	1,5	1,0	33,3	0,5	66,7	0,5	66,7
07/Set	2,5	0,5	80,0	1,0	60,0	0,5	80,0
09/Set	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
10/Set	1,0	1,0	0,0	0,5	50,0	0,5	50,0
11/Set	1,0	1,0	0,0	0,5	50,0	0,5	50,0
12/Set	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
13/Set	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	0,5	50,0
14/Set	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
15/Set	1,0	0,5	NR	0,5	NR	0,5	NR
16/Set	1,0	0,5	NR	0,5	NR	0,5	NR
17/Set	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
18/Set	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
19/Set	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
Média	1,0	0,6	20,6	0,6	25,8	0,5	34,4

Ensaio 8							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
				FL2	% Rem.		
02/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
03/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
04/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
05/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
06/Nov	1,5	0,5	66,7	0,5	66,7	0,5	66,7
07/Nov	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
08/Nov	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
09/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
10/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
12/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
13/Nov	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
14/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
15/Nov	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
16/Nov	0,5	CE	CE	0,5	0,0	0,5	0,0
17/Nov	0,5	CE	CE	0,5	0,0	0,5	0,0
Média	0,5	0,5	18,5	0,5	18,5	0,5	16,7

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A31: Dados de pH
Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
15/Ago	6,9	6,6	6,6	6,6
16/Ago	6,8	6,5	6,4	6,5
17/Ago	6,7	6,4	6,5	6,6
18/Ago	6,6	6,4	6,5	6,6
19/Ago	6,7	6,5	6,5	6,6
21/Ago	6,7	6,4	6,5	6,5
22/Ago	6,8	6,5	6,5	6,6
23/Ago	6,7	6,3	6,3	6,3
24/Ago	6,7	6,3	6,3	6,4
25/Ago	6,7	6,2	6,3	6,3
26/Ago	6,7	6,3	6,3	6,3
28/Ago	6,6	6,3	6,3	6,4
29/Ago	6,6	CE	CE	6,3
Ensaio 7				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
05/Set	6,7	6,5	6,5	6,6
06/Set	6,7	6,5	6,5	6,5
07/Set	6,7	6,4	6,5	6,5
09/Set	6,9	6,6	6,4	6,5
10/Set	6,8	6,5	6,5	6,5
11/Set	6,8	6,4	6,4	6,4
12/Set	6,8	6,4	6,3	6,3
13/Set	6,7	6,3	6,3	6,3
14/Set	6,7	6,4	6,4	6,5
15/Set	6,7	6,3	6,3	6,3
16/Set	NR	NR	NR	NR
17/Set	NR	NR	NR	NR
18/Set	NR	NR	NR	NR
19/Set	NR	NR	NR	NR
Ensaio 8				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
02/Nov	7,0	7,0	7,1	7,0
03/Nov	7,1	6,9	7,0	6,9
04/Nov	7,1	6,9	7,0	7,0
06/Nov	7,1	6,9	6,8	6,9
07/Nov	7,0	6,8	6,8	6,8
08/Nov	7,0	6,9	6,9	6,9
09/Nov	7,1	6,8	6,8	6,8
10/Nov	7,1	6,8	6,8	6,8
12/Nov	7,2	6,8	6,8	6,8
13/Nov	7,1	6,8	6,8	6,8
14/Nov	7,0	6,8	6,8	6,8
15/Nov	7,1	6,8	6,8	6,8
16/Nov	7,1	CE	6,8	6,8
17/Nov	7,1	CE	6,8	6,7

AFL: Afluente do Filtro Lento
NR: Não Realizado
CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A32: Dados de Temperatura (°C)

Taxa de Filtração: 3m³/m²dia

Ensaio 6				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
15/Ago	24,0	23,5	23,0	24,0
16/Ago	21,5	20,5	20,0	20,0
17/Ago	22,0	20,0	20,5	21,0
18/Ago	21,0	23,0	23,0	22,5
19/Ago	24,0	24,5	24,5	24,0
21/Ago	23,5	22,0	22,5	23,0
22/Ago	24,0	22,0	22,0	22,5
23/Ago	23,0	21,0	21,5	22,0
24/Ago	24,0	22,5	22,5	23,0
25/Ago	24,0	23,0	23,0	23,0
26/Ago	23,0	22,0	22,0	22,5
28/Ago	19,0	18,0	18,5	18,5
29/Ago	18,0	CE	CE	16,0
Média	22,4	21,8	21,9	21,7

Ensaio 7				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
05/Set	19,0	17,0	17,0	18,5
06/Set	19,0	18,0	18,0	18,5
07/Set	20,0	18,5	18,0	20,0
09/Set	24,0	25,0	25,0	24,5
10/Set	25,0	22,0	23,0	24,0
11/Set	25,0	24,0	24,0	25,0
12/Set	23,0	23,0	23,0	23,0
13/Set	22,0	21,0	21,0	21,0
14/Set	23,0	22,0	22,0	23,0
15/Set	26,0	24,5	24,5	26,0
16/Set	25,5	26,0	24,5	24,0
17/Set	23,5	23,0	22,0	21,5
18/Set	24,0	23,0	23,0	23,5
19/Set	24,5	24,0	24,0	25,0
Média	23,1	22,2	22,1	22,7

Ensaio 8				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
02/Nov	26,0	23,0	23,0	25,0
03/Nov	27,0	25,5	25,5	27,0
04/Nov	26,0	24,0	24,0	26,0
06/Nov	26,0	25,0	25,0	26,0
07/Nov	23,0	22,0	22,0	22,0
08/Nov	26,0	23,0	23,0	23,0
09/Nov	25,0	23,0	23,0	24,5
10/Nov	25,0	24,0	24,0	24,0
12/Nov	26,5	26,5	26,5	26,5
13/Nov	23,0	22,0	22,0	22,0
14/Nov	22,0	22,0	22,0	22,0
15/Nov	23,0	21,0	21,5	22,0
16/Nov	23,0	CE	21,5	22,5
17/Nov	25	CE	23	25
Média	24,8	23,4	23,3	24,1

AB: Água Bruta

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A33: Dados de Perda de Carga (mm)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
02/Out	110	97	95
03/Out	230	190	220
04/Out	305	280	300
05/Out	355	355	400
06/Out	455	458	520
07/Out	590	595	665

Ensaio 10			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
16/Out	110	95	95
17/Out	225	193	215
18/Out	275	295	265
19/Out	385	385	355
20/Out	535	490	535
21/Out	600	600	675

Ensaio 11			
Data	Efluentes		
2000	FL1	FL2	FL3
23/Out	100	95	98
24/Out	290	200	210
25/Out	340	245	285
26/Out	385	300	335
27/Out	430	350	390
28/Out	518	450	459
29/Out	600	565	555
30/Out	CE	600	680

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A34: Dados de Turbidez (UNT)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	Efluentes					
				FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
03/Out	10,80	6,52	39,63	3,90	40,18	4,15	36,35	4,08	37,42
04/Out	8,81	5,58	36,66	3,20	42,65	3,29	41,04	3,24	41,94
05/Out	7,47	5,97	20,08	2,50	58,12	2,75	53,94	2,47	58,63
06/Out	8,04	5,67	29,48	2,30	59,44	2,49	56,08	2,29	59,61
07/Out	7,98	5,04	36,84	1,98	60,71	2,24	55,56	2,11	58,13
Média	8,62	5,76	32,54	2,78	52,22	2,98	48,59	2,84	51,15

Ensaio 10									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	Efluentes					
				FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
17/Out	9,08	6,57	27,64	4,08	37,90	4,20	36,07	4,60	29,98
18/Out	8,46	5,96	29,55	3,38	43,29	3,53	40,77	3,76	36,91
19/Out	9,97	7,65	23,27	4,62	39,61	4,79	37,39	5,04	34,12
20/Out	10,20	7,94	22,16	4,42	44,33	4,59	42,19	4,83	39,17
21/Out	16,70	7,41	55,63	4,12	44,40	4,50	39,27	4,83	34,82
Média	10,88	7,11	31,65	4,12	41,91	4,32	39,14	4,61	35,00

Ensaio 11									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	Efluentes					
				FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
24/Out	11,50	8,00	30,43	5,45	31,88	5,24	34,50	5,65	29,38
25/Out	11,50	7,41	35,57	4,97	32,93	4,91	33,74	5,16	30,36
26/Out	11,80	8,79	25,51	5,65	35,72	5,36	39,02	5,84	33,56
27/Out	13,80	8,88	35,65	6,22	29,95	5,81	34,57	6,15	30,74
28/Out	14,00	8,45	39,64	5,72	32,31	5,22	38,22	5,73	32,19
29/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
30/Out	17,80	8,30	53,37	CE	CE	5,30	36,14	5,81	30,00
Média	13,40	8,31	36,70	5,60	32,56	5,31	36,03	5,72	31,04

AB: Água Bruta

AFL: Afluente do Filtro Lento

NR: Não Realizado

CE: Carreira Encerrada

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A35: Dados de Cor Aparente (uC)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
03/Out	125	91	27	56	38	FL2	% Rem.	57	37
04/Out	109	81	26	48	41	51	37	49	40
05/Out	101	79	22	31	61	39	51	33	58
06/Out	104	79	24	38	52	40	49	39	51
07/Out	102	72	29	33	54	39	46	38	47
Média	108	80	26	41	49	46	43	43	47

Ensaio 10									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
17/Out	109	91	17	59	35	FL2	% Rem.	66	27
18/Out	103	79	23	48	39	49	38	54	32
19/Out	134	109	19	68	38	70	36	75	31
20/Out	132	110	17	67	39	69	37	73	34
21/Out	173	102	41	58	43	66	35	72	29
Média	130	98	23	60	39	62	37	68	31

Ensaio 11									
Data 2000	AB	AFL	% Rem.	FL1	% Rem.	Efluentes		FL3	% Rem.
24/Out	137	104	24	79	24	FL2	% Rem.	78	25
25/Out	140	104	26	77	26	67	36	75	28
26/Out	146	118	19	80	32	78	34	83	30
27/Out	163	117	28	85	27	77	34	86	26
28/Out	173	119	31	78	34	74	38	83	30
29/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
30/Out	188	113	40	CE	CE	76	33	81	28
Média	158	113	28	80	29	74	34	81	28

AB: Água Bruta

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A36: Dados de Coliformes Totais (NMP/100mL)

Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
03/Out	2419,2	2419,2	0,0	2419,2	0,0	1986,3	17,9
04/Out	866,4	272,3	68,6	344,1	60,3	410,6	52,6
05/Out	980,4	206,3	79,0	365,4	62,7	387,3	60,5
06/Out	2419,2	165,8	93,1	275,5	88,6	325,5	86,5
07/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	1671,3	765,9	60,2	851,1	52,9	777,4	54,4

Ensaio 10							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
17/Out	1986,3	387,3	80,5	79,4	96,0	261,3	86,8
18/Out	1732,9	81,6	95,3	33,2	98,1	77,6	95,5
19/Out	1732,9	67,7	96,1	42,2	97,6	101,7	94,1
20/Out	1732,9	38,4	97,8	37,9	97,8	41,9	97,6
21/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	1796,3	143,8	92,4	48,2	97,4	120,6	93,5

Ensaio 11							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
24/Out	2419,2	648,8	73,2	686,4	71,6	648,8	73,2
25/Out	2419,2	275,5	88,6	365,4	84,9	235,4	90,3
26/Out	2419,2	344,8	85,7	290,9	88,0	461,1	80,9
27/Out	1986,3	290,9	85,4	224,7	88,7	325,5	83,6
28/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
29/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
30/Out	1986,3	CE	CE	131,8	93,4	96,0	95,2
Média	2246,0	390,0	83,2	339,8	85,3	353,4	84,6

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A37: Dados de Coliformes Fecais (NMP/100mL)
Taxa de Filtração: 9m³/m²/dia

Ensaio 9							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
03/Out	4,1	4,1	0,0	5,2	-26,8	7,4	-80,5
04/Out	3,1	1,0	67,7	4,1	-32,3	0,0	100,0
05/Out	1,0	0,0	100,0	1,0	0,0	1,0	0,0
06/Out	0,0	1,0	-	0,0	-	1,0	-
07/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	2,1	1,5	55,9	2,6	-19,7	2,4	6,5

Ensaio 10							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
17/Out	5,2	8,3	-59,6	2,0	61,5	4,1	21,2
18/Out	14,6	7,4	49,3	1,0	93,2	4,1	71,9
19/Out	5,2	1,0	80,8	1,0	80,8	1,0	80,8
20/Out	16,0	2,0	87,5	0,0	100,0	1,0	93,8
21/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Média	10,3	4,7	39,5	1,0	83,9	2,6	66,9

Ensaio 11							
Data 2000	AFL	FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
24/Out	5,1	6,2	-21,6	5,1	0,0	0,0	100,0
25/Out	21,1	6,3	70,1	2,0	90,5	5,1	75,8
26/Out	72,8	4,1	94,4	8,6	88,2	9,7	86,7
27/Out	40,2	8,4	79,1	7,4	81,6	10,9	72,9
28/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
29/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
30/Out	11,0	CE	CE	2,0	81,8	3,1	71,8
Média	30,0	6,3	55,5	5,0	68,4	5,8	81,4

AFL: Afluentes do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A38: Dados de Ferro Total (mg/L)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
03/Out	0,90	0,61	0,67	0,65
04/Out	0,79	0,53	0,58	0,54
05/Out	0,71	0,39	0,43	0,37
06/Out	0,65	0,37	0,40	0,36
07/Out	0,59	0,33	0,36	0,32
Média	0,73	0,45	0,49	0,45

Ensaio 10				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
17/Out	0,94	0,72	0,74	0,79
18/Out	0,90	0,65	0,66	0,70
19/Out	1,21	0,88	0,92	0,95
20/Out	1,18	0,84	0,88	0,94
21/Out	1,09	0,76	0,77	0,86
Média	1,06	0,77	0,79	0,85

Ensaio 11				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
24/Out	1,07	0,95	0,89	0,96
25/Out	0,99	0,90	0,81	0,87
26/Out	NR	NR	NR	NR
27/Out	NR	NR	NR	NR
28/Out	NR	NR	NR	NR
29/Out	NR	NR	NR	NR
30/Out	NR	NR	NR	NR
Média	1,03	0,93	0,85	0,92

AFL: Afluente do Filtro Lento
CE: Carreira Encerrada
NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A39: Dados de Manganês (mg/L)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
03/Out	0,11	0,05	0,05	0,04
04/Out	0,09	0,04	0,04	0,04
05/Out	0,08	0,04	0,04	0,03
06/Out	0,08	0,04	0,04	0,03
07/Out	0,08	0,03	0,03	0,04
Média	0,09	0,04	0,04	0,04

Ensaio 10				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
17/Out	0,08	0,05	0,04	0,05
18/Out	0,07	0,04	0,04	0,04
19/Out	0,07	0,04	0,05	0,05
20/Out	0,07	0,05	0,05	0,05
21/Out	0,07	0,07	0,04	0,05
Média	0,07	0,05	0,04	0,05

Ensaio 11				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
24/Out	0,08	0,05	0,04	0,05
25/Out	0,08	0,05	0,04	0,04
26/Out	0,08	0,05	0,04	0,04
27/Out	0,08	0,06	0,05	0,04
28/Out	NR	NR	NR	NR
29/Out	NR	NR	NR	NR
30/Out	NR	NR	NR	NR
Média	0,08	0,05	0,04	0,04

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A40: Dados de Oxigênio Dissolvido (mg/L)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
03/Out	5,8	5,3	5,5	5,5
04/Out	6,2	5,1	5,0	5,2
05/Out	5,6	4,6	4,6	4,9
06/Out	6,0	4,6	4,7	4,7
07/Out	5,9	4,2	4,4	4,1
Média	5,9	4,7	4,8	4,9

Ensaio 10				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
17/Out	6,2	4,6	4,5	5,0
18/Out	6,0	4,3	3,9	4,7
19/Out	6,1	3,9	4,0	4,4
20/Out	6,2	3,7	4,0	4,0
21/Out	NR	NR	NR	NR
Média	6,1	4,1	4,1	4,5

Ensaio 11				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
24/Out	5,5	4,2	3,4	3,4
25/Out	5,3	2,5	3,0	3,0
26/Out	5,1	2,6	2,8	3,1
27/Out	4,6	2,0	2,3	2,3
28/Out	4,9	2,4	2,0	2,1
29/Out	NR	NR	NR	NR
30/Out	5,4	CE	3,1	3,1
Média	5,1	2,7	2,8	2,8

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A41: Dados de Sólidos Suspensos Totais (mg/L)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
03/Out	2,0	1,0	50,0	1,5	25,0	1,0	50,0
04/Out	1,5	1,0	33,3	1,0	33,3	0,5	66,7
05/Out	1,5	1,0	33,3	1,5	0,0	1,0	33,3
06/Out	1,0	1,0	0,0	0,5	50,0	0,5	50,0
07/Out	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	50,0
Média	1,4	0,9	33,3	1,0	31,7	0,7	50,0

Ensaio 10							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
17/Out	1,5	1,0	33,3	1,0	33,3	1,5	0,0
18/Out	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	1,0	0,0
19/Out	1,5	1,0	33,3	0,5	66,7	1,0	33,3
20/Out	1,5	1,0	33,3	0,5	66,7	0,5	66,7
21/Out	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	1,0	0,0
Média	1,3	0,8	40,0	0,8	33,3	1,0	20,0

Ensaio 11							
Data 2000	AFL	Efluentes					
		FL1	% Rem.	FL2	% Rem.	FL3	% Rem.
24/Out	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,5	50,0
25/Out	1,0	0,5	50,0	1,0	0,0	1,0	0,0
26/Out	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	0,5	NR
27/Out	1,0	0,5	50,0	0,5	50,0	1,0	NR
28/Out	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5	NR
29/Out	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
30/Out	0,5	CE	CE	0,5	NR	0,5	NR
Média	0,8	0,6	30,0	0,7	20,0	0,7	25,0

AFL: Afluente do Filtro Lento

CE: Carreira Encerrada

NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1

FL2: Filtro Lento 2

FL3: Filtro Lento 3

Tabela A42: Dados de pH
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
03/Out	7,2	7,2	7,2	7,3
04/Out	7,2	7,1	7,2	7,2
05/Out	7,2	7,0	7,0	7,1
06/Out	7,1	7,0	7,0	7,0
07/Out	7,1	7,0	7,1	7,1
Ensaio 10				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
17/Out	7,1	7,0	7,1	7,1
18/Out	7,1	7,0	7,0	7,0
19/Out	7,2	7,0	7,1	7,3
20/Out	7,0	6,8	6,9	6,9
21/Out	7,1	6,8	6,8	6,9
Ensaio 11				
Data 2000	AFL	FL1	Efluentes FL2	FL3
24/Out	7,0	6,8	6,9	6,9
25/Out	7,1	6,8	6,9	6,9
26/Out	7,2	6,9	6,9	6,9
27/Out	7,0	6,8	6,8	6,8
28/Out	7,1	6,8	6,8	6,8
29/Out	NR	NR	NR	NR
30/Out	7,1	CE	6,9	6,9

AFL: Afluente do Filtro Lento
CE: Carreira Encerrada
NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3

Tabela A43: Dados de Temperatura (°C)
Taxa de Filtração: 9m³/m²dia

Ensaio 9				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
03/Out	26,0	26,0	26,0	27,0
04/Out	24,0	25,0	25,0	25,0
05/Out	24,0	25,0	25,0	25,0
06/Out	24,0	23,5	23,5	23,5
07/Out	24,0	23,0	22,5	23,0
Média	24,4	24,5	24,4	24,7

Ensaio 10				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
17/Out	26,0	26,0	25,5	26,0
18/Out	27,0	26,0	26,5	27,0
19/Out	27,0	26,0	26,0	27,0
20/Out	25,0	24,5	24,0	24,5
21/Out	27,5	26,0	26,5	27,0
Média	26,5	25,7	25,7	26,3

Ensaio 11				
Data 2000	AFL	FL1	Efuentes	
			FL2	FL3
24/Out	27,0	26,0	26,0	26,0
25/Out	25,0	23,5	24,0	24,0
26/Out	27,0	26,0	26,5	27,0
27/Out	27,0	27,0	27,0	27,0
28/Out	27,0	27,0	27,0	27,0
29/Out	NR	NR	NR	NR
30/Out	24,0	CE	23,0	23,0
Média	26,2	25,9	25,6	25,7

AFL: Afluente do Filtro Lento
CE: Carreira Encerrada
NR: Não Realizado

FL1: Filtro Lento 1
FL2: Filtro Lento 2
FL3: Filtro Lento 3