**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO**

**REMOÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO PROCESSO DE
FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS PRECEDIDO DE
OXIDAÇÃO COM OZÔNIO**

HÉLIO DA SILVA ALMEIDA

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof.Dr. LUIZ DI BERNARDO

São Carlos 2001

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS, NOMECLATURAS E ABREVIACÕES.....	x
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. HISTÓRICO DA FILTRAÇÃO LENTA.....	4
3.2. CONCEITUAÇÃO DA FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS – FIME.....	5
3.3. O PRÉ-TRATAMENTO NA FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS –FIME....	7
3.3.1. Pré-filtro dinâmico de pedregulho – PFD.....	9
3.3.2. Pré-filtro de pedregulho com escoamento vertical – PFV.....	11
3.4. FILTRAÇÃO LENTA – FL.....	14
3.4.1. Comportamento dos filtros lentos.....	14
3.5. RESULTADOS DE ALGUNS TRABALHOS SOBRE FILTRAÇÃO LENTA.....	17
3.6. UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE FIME- FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS.....	18
3.7. INFLUÊNCIA E CARACTERIZAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO.....	21

3.8. A PRÉ-OZONIZAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO.....	24
3.8.1. Remoção de cor e absorvância.....	24
3.8.2. Redução de carbono orgânico total (COT) e de carbono orgânico dissolvido (COD).....	25
3.8.2 Aumento na biodegradabilidade.....	25
3.8.3. Processos de oxidação e biofiltração.....	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1. DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO PILOTO.....	30
4.2. CARACTERÍSTICAS DOS MEIOS GRANULARES.....	36
4.3. CARREIRAS DE FILTRAÇÃO DE LENTA.....	41
4.4. PARÂMETROS MONITORADOS.....	41
4.5. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO MÃE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS.....	45
4.6. DEFINIÇÃO DA DILUIÇÃO DA SOLUÇÃO MÃE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS.....	49
4.7.SISTEMA DE OZONIZAÇÃO.....	50
4.8. METODOLOGIA ESTATÍSTICA.....	54
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	56
5.1. CARREIRA 1 DE FILTRAÇÃO LENTA.....	56
5.1.1. Turbidez.....	57
5.1.2. Coliformes totais e Escherichia Coli.....	58
5.1.3. Sólidos Suspensos Totais.....	61
5.1.4. Cor Aparente.....	63
5.1.5. Cor verdadeira e Absorvância.....	64
5.1.6. Carbono orgânico dissolvido.....	67
5.1.7. Oxigênio Consumido – OC e Oxigênio dissolvido – OD.....	69
5.1.8. Ferro total.....	72
5.1.9. Fosfato.....	73

5.1.10. Nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato.....	75
5.1.11. pH e Alcalinidade.....	79
5.1.12. Condutividade elétrica.....	80
5.1.13. Temperatura.....	80
5.1.14. Perda de carga.....	81
5.2. CARREIRA 3 DE FILTRAÇÃO LENTA.....	83
5.2.1. Turbidez.....	84
5.2.2. Coliformes totais e escherichia coli.....	89
5.2.3. Bactérias heterotróficas.....	94
5.2.4. Sólidos suspensos totais.....	95
5.2.5. Cor aparente.....	96
5.2.6. Cor verdadeira e absorvância.....	100
5.2.7. Carbono orgânico dissolvido – COD.....	106
5.2.8. Oxigênio consumido e dissolvido.....	109
5.2.9. Ferro total.....	113
5.2.10. Fosfato.....	114
5.2.11. Nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato.....	116
5.2.12 pH e acalindade.....	121
5.2.13. Condutividade elétrica.....	123
5.2.14. Temperatura.....	123
5.2.15 Perda de carga.....	124
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	126
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXO A – RESULTADOS ESTATÍSTICOS CARREIRA 1.....	135
ANEXO B – GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO CARREIRA 1.....	148

ANEXO C - RESULTADOS ESTATÍSTICOS CARREIRA 3.....	153
ANEXO D – GRÁFICOS DE CORRELAÇÃO CARREIRA 3.....	170
ANEXO E - TABELAS COM RESULTADOS DE TURBIDEZ, SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, COR APARENTE, COR VERDADEIRA, ABSORVÂNCIA, E TEMPERATURA DA CARREIRA 1.....	181
ANEXO F - TABELAS COM RESULTADOS DE TURBIDEZ, SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, COR APARENTE, COR VERDADEIRA, ABSORVÂNCIA, COD, OC, PH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E TEMPERATURA DA CARREIRA 3.....	189

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DA FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS – FiME.....	6
FIGURA 2– PRÉ-FILTRO DINÂMICO.....	10
FIGURA 3– PRÉ-FILTRO DE PEDREGULHO DE ESCOAMENTO VERTICAL ASCENDENTE.....	12
FIGURA 4 –DETALHES DE UM FILTRO LENTO.....	16
FIGURA 5 – FOTO DA INSTALAÇÃO PILOTO DE FiME.....	30
FIGURA 6 – PLANTA BAIXA DA INSTALAÇÃO PILOTO.....	31
FIGURA 7– FOTO DA DERIVAÇÃO NA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA.....	32
FIGURA 8 – FOTO DO PRÉ-FILTRO DINÂMICO.....	33
FIGURA 9 – FOTO DA CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO 1.....	34
FIGURA 10 – FOTO DA CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO 2.....	34
FIGURA 11 – FOTO DAS SEÇÕES DE APLICAÇÃO DE SUBSTÂNCIA HÚMICA.....	35
FIGURA 12 – FOTO DA CÂMARA DE MISTURA.....	36
FIGURA 13 – ESQUEMA DO PFD.....	38
FIGURA 14 – DETALHES DO PFVA.....	39
FIGURA 15 – CORTE LONGITUDINAL MOSTRANDO DETALHES DOS FILTROS LENTOS.....	39
FIGURA 16 – FOTO ILUSTRANDO OS PONTOS DE COLETA NOS FILTROS LENTOS.....	45
FIGURA 17 – FOTO ILUSTRANDO OS SACOS DURANTE REALIZAÇÃO DA DIÁLISE COM ÁCIDO CLORÍDRICO.....	48
FIGURA 18 – FOTO ILUSTRANDO O MATERIAL HÚMICO EM UMA PARCELA DA LAVAGEM.....	48

FIGURA 19 – FOTO ILUSTRANDO TANQUE E BOMBA DE RECALQUE SOLUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS.....	50
FIGURA 20 - FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE OZONIZAÇÃO.....	51
FIGURA 21 – FOTO MOSTRANDO O OZONIZADOR MARCA EAGLESAT ..	52
FIGURA 22 - FOTO ILUSTRANDO A CAIXA DE NÍVEL CONSTANTE.....	53
FIGURA 23 – FOTO DA COLUNA DE OZONIZAÇÃO.....	53
FIGURA 24 – FOTO DO DESTRUIDOR DE OZÔNIO.....	54
FIGURA 25- VARIAÇÕES DE TURBIDEZ COM O TEMPO DE FUNCIONAMENTO NA CARREIRA 1, PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO.....	58
FIGURA 26- VARIAÇÕES DE COLIFORMES TOTAIS COM O TEMPO DE FUNCIONAMENTO NA CARREIRA 1, PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO.....	60
FIGURA 27 VARIAÇÕES DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> COM O TEMPO DE FUNCIONAMENTO NA CARREIRA 1, PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO	61
FIGURA 28- VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE FUNCIONAMENTO, PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO NA CARREIRA 1.....	62
FIGURA 29 - VARIAÇÕES DE COR APARENTE EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO NA CARREIRA 1.....	64
FIGURA 30 - VARIAÇÕES DE COR VERDADEIRA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO NA CARREIRA 1.....	65
FIGURA 31 – RESULTADOS DE ABSORVÂNCIA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO NA CARREIRA 1	66

FIGURA 32 – VARIAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME NA CARREIRA 1.....	68
FIGURA 33- VARIAÇÕES DE OXIGÊNIO CONSUMIDO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME DURANTE A CARREIRA 1.....	70
FIGURA 34 - VARIAÇÕES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME DURANTE A CARREIRA 1.....	71
FIGURA 35 - VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE FERRO TOTAL EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA A ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME NA CARREIRA 1.....	73
FIGURA 36 – VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO NA CARREIRA 1.....	75
FIGURA 37 – VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONÍACAL EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME NA CARREIRA 1.....	76
FIGURA 38 - VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE NITRITO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO NA CARREIRA 1.....	77
FIGURA 39- VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FiME DURANTE A CARREIRA 1.....	78
FIGURA 40 - DESENVOLVIMENTO DA PERDA DE CARGA NO FILTRO LENTO 1 CARREIA 1.....	81
FIGURA 41 - DESENVOLVIMENTO DA PERDA DE CARGA NO FILTRO LENTO 2 CARREIRA 1.....	82
FIGURA 42 – HISTOGRAMA DE TURBIDEZ DO FILTRO LENTO 1	86
FIGURA 43 – HISTOGRAMA DE TURBIDEZ DO FILTRO LENTO 2.....	87
FIGURA 44 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ NO PFVA, FL1 MONT E FL2 MONT.....	88
FIGURA 45 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ NA CARREIRA 3.....	89

FIGURA 46 - VARIAÇÕES DE COLIFORMES TOTAIS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E EFLUENTES DAS UNIDADES DA FIME DURANTE A CARREIRA 3.....	91
FIGURA 47 – VARIAÇÕES DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME AO LONGO DA CARREIRA 3.....	93
FIGURA 48 – VARIAÇÕES NO NÚMERO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3.....	95
FIGURA 49 – VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3.....	96
FIGURA 50 - AUMENTO DE COR APARENTE NO EFLUENTE DO PFVA.....	97
FIGURA 51 - VARIAÇÕES DE COR APARENTE NOS EFLUENTES DOS FILTROS LENTOS E SEÇÃO FL13 EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO NA CARREIRA 3.....	98
FIGURA 52- VARIAÇÕES DE COR APARENTE EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3	100
FIGURA 53 – VALORES DE COR VERDADEIRA NO EFLUENTE DO PFVA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO NA CARREIRA 3.....	101
FIGURA 54 - VARIAÇÕES DE COR VERDADEIRA NOS EFLUENTES DOS FILTROS LENTOS E SEÇÃO FL13 EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO NA CARREIRA 3.....	102
FIGURA 55 - VARIAÇÕES DE COR VERDADEIRA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3.....	104

FIGURA 56 – VARIAÇÕES DE ABSORVÂNCIA PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO NA CARREIRA 3.....	106
FIGURA 57 – VARIAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME CARREIRA 3.....	107
FIGURA 58 – VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO CONSUMIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME CARREIRA 3.....	111
FIGURA 59 – VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA A ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3.....	112
FIGURA 60 – VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE FERRO TOTAL EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3.....	114
FIGURA 61 – VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO DA ÁGUA BRUTA E DAS UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3.....	116
FIGURA 62 – VARIAÇÕES DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO AMONICAL EM FUNÇÃO DO TEMPO DE OPERAÇÃO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO NA CARREIRA 3.....	118
FIGURA 63 - VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE NITRITO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DE FILTRAÇÃO NA CARREIRA 3.....	119
FIGURA 64 - VARIAÇÕES NA CONCENTRAÇÃO DE NITRATO PARA ÁGUA BRUTA E UNIDADES DA FIME NA CARREIRA 3.....	121
FIGURA 65 – VARIAÇÕES DO VALORES DE pH NOS EFLUENTES DOS FILTROS LENTOS E SEÇÃO FL13 NA CARREIRA 3.....	123
FIGURA 66 – DESENVOLVIMENTO DA PERDA DE CARGA DO FILTRO LENTO 1 NA CARREIRA 3.....	125
FIGURA 67 – DESENVOLVIMENTO DA PERDA DE CARGA NO FILTRO LENTO 2 CARREIRA 3.....	125

LISTA DE TABELAS

TABELA 1– CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁGUA BRUTA EM FUNÇÃO DO ARRANJO DA ETA-FiME.....	7
TABELA 2– CARACTERÍSTICAS DOS MEIOS FILTRANTES DOS PRÉ-FILTROS DINÂMICOS.....	11
TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DOS MEIOS FILTRANTES DOS PRÉ-FILTROS VERTICAIS ASCENDENTES.....	14
TABELA 4 – REMOÇÃO DE MICRORGANISMOS EM FILTROS LENTOS SEGUNDO VÁRIOS AUTORES.....	18
TABELA 5 - DESCRIÇÃO GERAL DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO FiME EM ESCALA REAL.....	19
TABELA 6 - TAXAS EMPREGADAS NAS UNIDADES.....	21
TABELA 7 - REMOÇÕES DE COR USUALMENTE ALCANÇADAS POR PRÉ-OZONIZAÇÃO E FILTRAÇÃO LENTA.....	27
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS DOS MEIOS FILTRANTES DA UNIDADES DA FiME.....	37
TABELA 9 -TAXAS EMPREGADAS NAS CARREIRAS DE FILTRAÇÃO.....	41
TABELA 10 - PARÂMETROS MONITORIZADOS E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM.....	42
TABELA 11 - MÉTODOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS.....	43
TABELA 12- CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NA CARREIRA 1.....	57
TABELA 13- RESUMO DOS VALORES DE TURBIDEZ EM UT CARREIRA 1.....	58
TABELA 14 – RESULTADOS DE COLIFORMES TOTAIS EM NMP/100 ML CARREIRA 1.....	59

TABELA 15 – RESULTADOS DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> EM NMP/mL CARREIRA 1.....	60
TABELA 16 - RESULTADOS DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS EM mg/L CARREIRA 1.....	63
TABELA 17 - RESUMO DE DADOS DE COR APARENTE EM uH CARREIRA 1.....	64
TABELA 18 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE COR VERDADEIRA E ABSORVÂNCIA.....	66
TABELA 19 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE COD E ABSORVÂNCIA.....	67
TABELA 20 – RESULTADOS DE COD EM mg/L CARREIRA 1.....	68
TABELA 21 – RESULTADOS DE OXIGÊNIO CONSUMIDO EM mg/L CARREIRA 1.....	69
TABELA 22 - RESULTADOS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM mg/L CARREIRA 1.....	70
TABELA 23 - RESULTADOS DE FERRO TOTAL EM mg/L CARREIRA 1.....	72
TABELA 24 – RESULTADOS DE FOSFATO EM mg/L CARREIRA 1.....	74
TABELA 25 – RESULTADOS DE NITROGÊNIO AMONÍACAL EM mg/L CARREIRA 1.....	75
TABELA 26 - RESULTADOS DE NITRITO EM mg/L CARREIRA 1.....	77
TABELA 27 - RESULTADOS DE NITRATO EM mg/L CARREIRA 1.....	78
TABELA 28 – RESULTADOS DE pH CARREIRA 1.....	79
TABELA 29 – RESULTADOS DE ALCALINIDADE EM mgCaCO ₃ /L CARREIRA 1.....	79
TABELA 30 – RESULTADOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM mS/cm CARREIRA 1.....	80
TABELA 31-. RESUMO DE VALORES DE TEMPERATURA (°C) CARREIRA1.....	80
TABELA 32 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA NA CARREIRA 3.....	84
TABELA 33 – CÁLCULOS DAS DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIAS DE TURBIDEZ DO FILTRO LENTO 1 CARREIRA 3.....	85

TABELA 34 – CÁLCULOS DAS DISTRIBUIÇÕES DE FREQUÊNCIAS DE TURBIDEZ DO FILTRO LENTO 2 CARREIRA 3.....	87
TABELA 35 – RESULTADOS DE COLIFORMES TOTAIS EM NMP/100 mL CARREIRA 3.....	90
TABELA 36 – RESULTADOS DE <i>ESCHERICHIA COLI</i> EM NMP/100mL CARREIRA 3.....	92
TABELA 37 – RESULTADOS DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS EM UFC/100 mL CARREIRA 3.....	94
TABELA 38 – RESUMO DOS VALORES DE SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS EM mg/L CARREIRA 3.....	96
TABELA 39 – RESULTADOS DE REMOÇÃO DE COR APARENTE POR OZONIZAÇÃO.....	99
TABELA 40 - RESUMO DOS VALORES DE COR APARENTE EM uH CARREIRA 3.....	99
TABELA 41 – REMOÇÃO DE COR VERDADEIRA POR APLICAÇÃO DE OZÔNIO.....	102
TABELA 42 – DADOS DE REMOÇÃO MÍNIMA, MÉDIA E MÁXIMA DE COR VERDADEIRA NOS PONTOS FL11, FL13 E FL21, COM E SEM APLICAÇÃO DE OZÔNIO.....	103
TABELA 43 – RESUMO DOS VALORES DE COR VERDADEIRA EM uH DA CARREIRA 3.....	103
TABELA 44– REMOÇÃO DE ABSORVÂNCIA PELA APLICAÇÃO DE OZÔNIO.....	105
TABELA 45 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE COR VERDADEIRA E ABSORVÂNCIA CARREIRA 3.....	105
TABELA 46 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO E ABSORVÂNCIA 254 nm CARREIRA 3.....	108
TABELA 47 – RESUMO DOS VALORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL EM mg/L CARREIRA 3.....	108
TABELA 48 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OXIGÊNIO CONSUMIDO E ABSORVÂNCIA – 254 nm CARREIRA 3.....	110

TABELA 49 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OXIGÊNIO CONSUMIDO E CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO CARREIRA 3.....	110
TABELA 50 - RESULTADOS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM mg/L CARREIRA 3.....	112
TABELA 51 – RESULTADOS DE FERRO TOTAL EM mg/L CARREIRA 3.....	113
TABELA 52 – RESULTADOS DE FOSFATO EM mg/L CARREIRA 3.....	115
TABELA 53 – RESULTADOS DE NITROGÊNIO AMONIACAL EM mg/L CARREIRA 3.....	117
TABELA 54 – RESULTADOS DE NITRITO EM mg/L CARREIRA 3.....	119
TABELA 55 – RESULTADOS DE NITRATO EM mg/L CARREIRA 3	120
TABELA 56 – RESULTADOS DE ALCALINIDADE EM mg/L CARREIRA 3..	122
TABELA 57 – RESUMO DOS VALORES DE TEMPERATURA EM °C CARREIRA 3.....	124

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

AB.....	Água bruta
ABS.....	Absorvância
ANOVA.....	Análise de variância : fator único
BH.....	Bactérias heterotróficas
°C.....	Graus Celcius
CAB.....	Carvão ativado biológico
CAG.....	Carvão ativado granular
CO ₂	Gás carbônico
COA.....	Carbono orgânico assimilável
CODB.....	Carbono orgânico dissolvido biodegradável
COD.....	Carbono orgânico dissolvido
CORREL.....	Correlação
COT.....	Carbono orgânico total
CT.....	Coliformes totais
cm.....	Centímetro
d.....	Dia
EC.....	<i>Escherichia Coli</i>
ETA.....	Estação de tratamento de água
FiME.....	Filtração em múltiplas etapas
FLA.....	Filtração lenta em areia
FL11.....	Efluente do filtro lento 1
FL13.....	Efluente da interface areia-carvão ativado no filtro lento 1
FL21.....	Efluente do filtro lento 2
FL11 mont.....	Afluente ao filtro lento 1
FL21 mont.....	Afluente ao filtro lento 2

FGAC.....	Filtros grossos ascendentes em camadas
FGAS.....	Filtros grossos ascendentes em série
FGD.....	Filtros grossos de fluxo descendente
μm	Micrometro
$\mu\text{S/cm}$	Microsiemens por centímetro
m.....	Metro
m/d.....	Metros por dia
mg/L.....	Miligramas por litro
m^2	Metro quadrado
m^3	Metro cúbico
mm.....	Milímetro
MON.....	Matéria orgânica natural
ηm	Nanometro
NMP/100 mL.....	Número mais provável em 100 mililitros
ϕ	Diâmetro
O_2	Oxigênio
OC.....	Oxigênio consumido
OD.....	Oxigênio dissolvido
O_3	Ozônio
p	Probabilidade
PFD.....	Pré-filtro dinâmico
PFVA.....	Pré-filtro vertical ascendente
PFVAsh.....	Efluente do pré-filtro vertical ascendente com substância húmica
pH.....	Potencial hidrogeniônico
PROSAB.....	Programa de pesquisa em saneamento básico
SAAE.....	Serviço autônomo de água e esgoto
SST.....	Sólidos suspensos totais
Q_a	Vazão afluyente à unidade
Q_c	Vazão coletada pelo sistema de drenagem
TAM.....	trialometanos
TAMt.....	trialometanos totais
uH.....	Unidade de Hazen

uT.....Unidade de turbidez

RESUMO

No presente trabalho foi investigada a remoção de substâncias húmicas na Filtração em Múltiplas Etapas – FiME, com aplicação de ozônio antecedendo o processo de filtração lenta.

A instalação piloto era constituída de um pré-filtro dinâmico operado com taxa de 18 m/dia, um pré-filtro de escoamento vertical ascendente operado com taxa de 12 m/dia e dois filtros lentos trabalhando com taxas de filtração iguais a 4 m/dia, com diferentes composições dos leitos filtrantes, sendo um somente de areia e o outro de areia e carvão ativado granular disposto como camada “sanduíche” entre duas camadas de areia, e sistema de ozonização.

Foi injetada solução de substância húmica na água efluente do pré-filtro vertical ascendente, preparada a partir da turfa retirada de uma área localizada no município de Luís Antônio, para proporcionar aumento de cor verdadeira na água.

A eficiência das unidades filtrantes, na remoção de matéria orgânica foi avaliada pela determinação de cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido, absorvância a 254nm e oxigênio consumido.

O resultados obtidos mostraram que o filtro lento 1, com carvão ativado, foi superior na remoção de matéria orgânica nas duas carreiras desenvolvidas e que não houve diferença entre os filtros lentos quanto a remoção de *Escherichia Coli*, bactérias heterotróficas, sólidos suspensos totais e ferro total. Fortes correlações entre cor verdadeira e absorvância foram identificadas na carreiras de filtração. O mesmo ocorreu só na carreira 3 entre carbono orgânico dissolvido e absorvância e entre COD e oxigênio consumido.

ABSTRACT

The current research was carried out investigate the removal of humic substances in the multistage filtration system – MSF, with ozone application upstream slow sand filters.

The pilot plant was compose by one dynamic roughing filter operated at a filtration rate of 18 m/day, one upflow roughing filter with filtration rate of 12 m/day and two slow sand filters, both operated with filtration rate of 4 m/day, with different “filtering beds”; one with sand only and another with sand and granular activated carbon, disposed as a “sandwich” layer between two sand layers, and the ozonation system.

Solution of humic substance was injected in the effluent water from the upflow roughing filter, which was prepared using turf extracted from Luís Antônio County, to provide a raise in the real color of the water.

The efficiency of the filtering units in the remotion of organic matter was evaluated by using the following parameters: true color, dissolved organic carbon, U_v – absorbance at 254nm and the consumed oxygen.

The results show that the slow sand filter 1, with activated carbon, was better for the removal of organic matter in the two runs carried out and that there were no differences between the slow sand filters in the removal of *Escheyichia Coli*, heteroph bacteria, total suspended solids. Strong correlation between true color and UV – absorbance was identified in run 1. The same occurred in run 3, relating the dissolved organic carbon and UV – absorbance and between DOC and consumed oxygen.

1. INTRODUÇÃO

A matéria orgânica natural presente nos suprimentos de água de escoamento superficial pode prejudicar sua qualidade, quando reage com oxidantes químicos durante a desinfecção com cloro com produção de trialometanos, ácidos haloacéticos e outros subprodutos halogenados, em quantidade que pode causar cânceres em animais quando em pesquisa de laboratório.(SINGER, 1999)) Também, a matéria orgânica contribui para estabilização de partículas inibindo sua remoção durante o tratamento de água e serve como doador de elétrons para o “recrescimento” de bactérias heterotróficas nos sistemas de distribuição.

A seqüência de tratamento que envolve a utilização de pré-filtro dinâmico, pré-filtro de pedregulho com escoamento horizontal ou vertical (ascendente ou descendente) e a filtração lenta como barreira microbiológica, é denominada Filtração em múltiplas etapas (FiME). A filtração lenta em areia, embora seja um método de tratamento apropriado para produzir água potável, quando a água bruta apresenta qualidade adequada, não é efetiva para remoção de cor (YORDANOV et al, 1996) e apresenta limitada capacidade para remoção de matéria orgânica natural, expressa na forma de carbono orgânico dissolvido, absorvância e precursores de trialometanos.(COLLINS et al, 1992). Entretanto, bons resultados podem ser alcançados, quando se associa o emprego dessa tecnologia com o ozônio e o carvão ativado granular. O ozônio, além de ser um poderoso oxidante, é consumido rapidamente e em doses típicas não deixa residual que possa causar efeitos adversos no biofilme do filtro lento. Em geral, os resultados disponíveis indicam que a ozonização de substâncias húmicas tende a aumentar sua biodegradabilidade, todavia, quantificar a extensão deste aumento, é difícil devido a variedade de métodos utilizados nesta tarefa (GRAHAM, 1999). Segundo BAUER et al (1996) e COLLINS et al (1996), o uso do carvão ativado granular (CAG), como leito “sanduíche” associado às vantagens do processo de filtração lenta, alcançou

desempenho muito superior na remoção de compostos orgânicos, quando comparado com a filtração lenta somente em filtro com areia.

Com a presente pesquisa avaliou-se a remoção de substâncias húmicas, em instalação de Filtração em Múltiplas Etapas (FiME), constituída por pré-filtro dinâmico, pré-filtro de escoamento vertical ascendente e filtros lentos, precedidos da ozonização.

2. OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho são:

- a) Avaliar o desempenho da filtração em múltiplas etapas na remoção de substâncias húmicas, com uso de oxidante aplicado em uma das fases.
- b) Comparar o desempenho da filtração lenta, com meios filtrantes diferentes, compostos de areia e de areia com carvão ativado granular na remoção de material orgânico
- c) Avaliar o efeito da ozonização antecedendo a filtração lenta, na remoção de substâncias húmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, M.N. (1948). The Quest for Pure Water. *Journal AWWA*, v.1

BAUER, M.J. et al. (1996). GAC Enhanced slow sand filtration (GAC Sandwich).
In: ADVANCES IN SLOW SAND AND ALTERNATIVE BIOLOGICAL
FILTRATION. John Wiley and Sons, England, april, 1996

BELLAMY, W.D.; HENDRICKS, D. W.; LOGSDON, G.S. (1985). Slow Sand
Filtration: Influences of Some Selected Process Variables. *Journal American
Water Works Association*, v.77, n.12, p. 62-66, december.

CAMEL, V.; BERMOND, A.(1998). The use of ozone and associated oxidation
processes in drinking water treatment. *Water Research*, v.32, n.11, p.3208-
3222.

CANEPA, L. (1982). *Filtros de Arena en Acueductos Rurales*. Informe Final.
CEPIS/OMS/OPS. Lima, Peru.

CLESCERL, S. L et al. (1985). *Standard Methods for the Examination of Water and
Wastewater*. 16 Th edition, APHA, AWWA and WEF, Whashington D.C.

COLLAZOS, A.E.A.P.(1990). *Pré-filtração de pedregulho e areia grossa de fluxo
descendente como pré-tratamento de filtro lento de areia*. São Carlos.
Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de
São Paulo.

- COLLINS, R.M. et al.(1992). Removing natural organic matter by conventional slow sand filtration. *Journal American Water Works Association*. v.84, n.5, p.80-90. May.
- COLLINS, R.M. et al.(1996). Using granular media amendments to enhance NOM removal. *Journal American Water Works Association*. v.88, n.12, p. 48-61, december
- DI BERNARDO, L. (1993). *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro, ABES, v.2, p.281-401.
- DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. (1999). *Tratamento de Águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas*. Rio de Janeiro, ABES.
- DI BERNARDO, L.; ROCHA, O. (1990). Remoção de algas em pré-filtro de fluxo ascendente com meio granular e pedregulho de areia grossa. In: IV SIMPÓSIO LUSO –BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Belo Horizonte, Brasil.
- FOGEL, D. et al. (1993). Removing Giardia and Cryptosporidium by slow sand Filtration. *Journal of American Water Works Association*, v.85, n.11, p.77-85.
- GALVIS, G.; FERNÁNDEZ, J.;VISSCHER, J.T.(1992). Comparative study of different pretreatment alternatives. In: ROUGHING FILTRATION IN WATER TREATMENT. June, Zurich, Switzerland.
- GALVIS, G.;DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.(1998). Filtração em múltiplas etapas no tratamento de águas de abastecimento. In: SIMPÓSIO LUSO –BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

- GALVIS, G.;LATORRE, J.; VISSCHER, J.T.(1999). *Filtración en múltiples etapas: Tecnología innovativa para el tratamiento de agua*. Santiago de Cali, Artes gráficas de Univalle.
- GRAHAM, N.J.D.(1999). Removal of humic substances by oxidation/biofiltration processes – A review. *Water Science & Technology*, v.40, n.9, p.141- 48.
- HAARHOFF, J.; CLEASBY, J.L.(1991). Biological and physical mechanisms in slow sand filtration. In: LOGSDON, G.S.(ed.) *SLOW SAND FILTRATION*, ASCE, New York.
- HAZEN, A. (1913). *The Filtration of Water Public Supplies*. 3.ed. New York, Jhon Wiley and Sons
- HESPANHOL, I. (1969). *Investigação sobre o comportamento e aplicabilidade de filtros lentos no Brasil*. São Paulo, 163p. Tese (Doutorado) Faculdade de Higiene e Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- HUISMAN,L.; WOOD, W.E.; (1974). *Slow Sand Filtration*. Geneva. World Health Organization.
- LAPPONI, JUAN CARLOS (1997).*Estatística usando Excel 5 e 7*. São Paulo, Lapponi Treinamento e Editora.
- LATORRE, J.;GALVIS. J.; VISSCHER, J.T. (1996). Performance evaluation of dynamic roughing filtration. In: *ADVANCES IN SLOW SAND AND ALTERNATIVE BIOLOGICAL FILTRATION*. John Wiley and Sons, England, april, 1996.
- LLOYD, B. (1996). La vigilância y control de la calidad del agua: El desarrollo de una herramienta de gestión en el sector. In: *CONFERENCIA*

INTERNACIONAL SOBRE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA. Cali, de 30 de abril a 4 de maio, Colômbia.

MALLEY, J.P. et al.(1993). The performance and microbiology of ozone-enhanced biological filtration. *Journal American Water Works Association*. v.85, n.12,p. 47-57, december

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 1469 de 29 de dezembro de 2000.*Diário Oficial nº 1, Brasília, 02/01/01*.Seção 1, pág.19 e *Diário Oficial nº7, Brasília, 10/01/01*.Seção 1, pág.26.

MOLL, D.M. (1999). Impact of temperature on drinking water biofilter performance and microbial community structure *.Environmental Science & Technology*,v.33, n.14, p.2377-2382.

OWEN, D.M. et al.(1995). NOM characterization and treatability. *Journal American Water Works Association*. v.87, n.1, p. 46-63, january.

RICE, R.G. et al.(1981). Uses of ozone in drinking water treatment. *Journal American Water Works Associaton*. v.73, n.1, p.44-56.January.

SINGER, P.C.(1999). Humic substances as precursors for potentially harmful disinfection by-products. *Water Science & Technology*, v.40, n.9, p.25-30.

TOLEDO, A. P. P. (1973). *Contribuição ao estudo físico-químico de ácido húmico extraído de sedimento*. São Paulo. 112p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo.

TOMINAGA, M.Y.; MIDIO, A .F. (1999). Exposição humana a trialometanos presentes em água tratada. *Revista de Saúde Pública*, v.33, n.4, p.413-21, agosto.

- VERAS, L.R.V.(1999). *Tratamento de água superficial por meio de diferentes alternativas da tecnologia de filtração em múltiplas etapas*. São Carlos. 246 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- VISSCHER, J.T.; GALVIS, G.; LATORRE, J.(1996). Filtración en multiples etapas –FiME: bondades e limitaciones. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA. Cali, de 30 de abril a 4 de maio, Colômbia.
- WEBER, W.J.J.; JODELLAH, A.M.(1985). Removing humic substances by chemical treatment and adsorption. *Journal American Water Works*, v.77, n.4 p.132-37. April.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Descrição geral da instalação piloto

O presente trabalho foi realizado na instalação piloto construída junto à Estação de Tratamento de Água de São Carlos (ETA-SC) do Serviço Autônomo da Água e Esgoto (SAAE). As Figuras 5 e 6 mostram uma visão geral do sistema.

FIGURA 5 – Foto da instalação piloto de FiME

FIGURA 6 – Planta baixa da instalação piloto

A água objeto de estudo, era proveniente de uma derivação feita na adutora de água bruta da ETA-SC, que transporta água do manancial superficial denominado Ribeirão Feijão (ver Figura 7). A derivação foi feita com tubos de PVC de 50 mm e alimentava um reservatório apoiado de 500 L, com torneira de bóia, a partir do qual água era recalçada, por bomba centrífuga afogada, para a caixa de distribuição¹ provida de vertedor triangular. Nesta caixa podia ser feito o controle da vazão afluente ao sistema de FiME, através de manobra de registro de gaveta colocado na tubulação de recalque e observando-se o nível de água na crista do vertedor. Outra possibilidade de controlar a vazão, era através de uma válvula borboleta colocada numa tubulação de 32 mm de diâmetro, que retornava água da tubulação de recalque para o reservatório.

FIGURA 7– Foto da derivação na adutora de água bruta

Da caixa de distribuição 1, a água bruta era conduzida à primeira unidade da Filtração em Múltiplas Etapas - FiME, o pré-filtro dinâmico - PFD, no qual uma parte da água afluente escoava superficialmente, e era então lançada no sistema de drenagem da instalação piloto e a outra parte era filtrada e coletada numa segunda caixa de distribuição com vertedor triangular denominada caixa de distribuição 2. O PFD pode ser visto na Figura 8.

FIGURA 8 – Foto mostrando o pré-filtro dinâmico

A caixa de distribuição 2 continha quatro registros de gaveta por meio dos quais era feita o controle de vazões para que se obtivessem as taxas de filtração desejadas no PFD e na unidade subsequente, o pré-filtro de pedregulho com escoamento vertical ascendente - PFVA, uma vez que da caixa 2 a água pré-filtrada era, em seguida, enviada para este último. A medição de vazões era feita com auxílio de becker e cronômetro e observando-se o nível de água sobre a crista do vertedor. Deste modo conforme aumentava a perda de carga no PFD, o registro de gaveta da saída do mesmo era manobrado, até que o nível de água sobre a crista do vertedor atingisse a uma marcação pré-determinada que correspondia a vazão desejada. As caixas de distribuição 1 e 2 podem ser visualizadas nas Figuras 9 e 10 respectivamente.

FIGURA 9 – Foto da caixa de distribuição 1

FIGURA 10 – Foto da caixa de distribuição 2

Do PFVA a água, numa primeira etapa, conduzida, com uma tubulação de 20 mm de diâmetro, para uma terceira caixa de distribuição, a caixa 3, que era dotada de quatro registros para a limpeza e de quatro vertedores individualizados, sendo dos quais foram utilizados apenas dois. Da caixa 3 partiam duas tubulações de $\phi = 20$ mm, responsáveis pela alimentação dos filtros lentos 1 e 2, FL₁ e FL₂, última etapa do sistema de tratamento. O FL₁ tinha meio filtrante heterogêneo, constituído de areia e carvão ativado e o FL₂ tinha leito composto apenas de areia.

Para avaliar a remoção de substâncias húmicas na filtração lenta, foi colocado, na tubulação que levava água do PFVA para a caixa 3, um TÊ 90° de 20mm, com um tubo do mesmo diâmetro, no qual através de bomba dosadora, era injetada a solução de substâncias húmicas. Esta seção foi chamada de seção 1 de aplicação de substância húmicas.

Posteriormente, com o objetivo de avaliar o efeito da pré-ozonização na remoção de substâncias húmicas antecedendo o processo de filtração lenta, a tubulação que levava água do PFVA para a caixa 3, foi desativada e deste modo procedeu-se a tomada de uma nova seção para aplicação de substâncias húmicas. Essa seção era feita de um segmento de tubo de 25 mm de diâmetro, uma luva de 25 mm, uma luva de redução de 25 mm para ½” com bucha de latão, 2 (dois) bicos metálicos para amostragem e uma mangueira plástica com de diâmetro de 0,5 cm. O efluente do PFVA, já com a substância húmica, foi conduzido para um reservatório de fibra, denominado câmara de mistura, com volume de 300 L, de onde água era bombeada para o que se convencionou chamar de caixa de nível constante e desta para a coluna de ozonização. A caixa de nível constante será melhor explicada mas adiante. A Figura 11, permite uma visualização dos seções de aplicação da substância húmica. Já na Figura 12 constata-se a câmara de mistura de substâncias húmicas.

FIGURA 11 –Foto ilustrando as seções de aplicação de substância húmica

FIGURA 12 –Foto da câmara de mistura de substâncias húmicas

A água ozonizada era então destinada a caixa 3 e, em sequência, aos filtros lentos. Com exceção da água bruta e da água afluenta a coluna de ozonização, as demais vazões foram distribuídas por gravidade, com tubos de PVC de 50 e de 20 mm de diâmetro, para os pré-filtros e filtros lentos respectivamente.

4.2. Características dos meios granulares

Na Tabela 8, são mostradas as características do meio filtrante de cada unidade do sistema de FiME.

TABELA 8 - Características dos meios filtrantes das unidades da FiME

Unidade	Tamanho (mm)	Espessura da camada (cm)
PFD	4,80 – 9,60	25
	9,60 – 15,90	25
	19,00 – 25,40	40
PFVA	1,41 – 3,20	40
	3,20 – 6,40	40
	9,60 – 15,90	40
	19,00 – 25,40	40
	31,40 – 50	50
FL 1	0,08 – 1,00	30
(Com 30 cm de carvão	0,30 – 0,84(CAG)	30
ativado entre duas camadas	0,08 – 1,00	10
de areia)	1,41 – 3,20	10
	3,20 – 6,40	10
	7,90 – 12,70	10
	15,90 – 25,40	15
	31,40 – 50,00	30
FL 2	0,08 – 1,00	70
(somente areia)	1,41 – 3,20	10
	3,20 – 6,40	10
	7,90 – 12,70	10
	15,90 – 25,40	15
	31,40 – 50,00	30

A areia utilizada na filtração lenta tinha tamanho efetivo (D_{10}) de 0,20 a 0,25 mm, coeficiente de desuniformidade (CD) de 2 a 3 e tamanho dos grãos entre 0,08 a 1,00 mm.

O carvão ativado granular colocado no filtro lento 1 era da marca BAHACARBON, tipo 350 e tinha tamanhos entre 0,30 a 0,85 mm, coeficiente de desuniformidade $\leq 1,7$, índice de iodo de 4800 mgI/g carvão e tamanho efetivo entre 0,4 e 0,45 mm. Nas Figuras 12, 13 e 14, são apresentados detalhes das unidades do sistema de FiME.

FIGURA 13 – Esquema do PFD

FIGURA 14 – Esquema do material granular do PFVA

FIGURA 15 –Corte longitudinal mostrando detalhes dos filtros lentos

4.3. Carreiras de filtração

Para efeito deste trabalho, foram consideradas duas carreiras de filtração, nos filtros lentos 1 e 2, precedidas de pré-filtração, que foram convencionalmente chamadas de carreias 1 e 3. A carreira 2 desenvolvida no período compreendido, entre as carreias citadas anteriormente, não foi utilizada nesta pesquisa, pois na mesma foi aplicado um pesticida denominado atrazina, sendo objeto de estudo de outro trabalho.

Na Tabela 9 são apresentadas as taxas de filtração empregadas nas unidades da FiME durante ambas as carreiras de filtração.

TABELA 9 -Taxas empregadas nas carreiras de filtração

Unidades	Taxa (m³/m².d)
PFD	18
PFVA	12
Filtros Lentos	4

4.4. Parâmetros monitorados

Para avaliar o desempenho da instalação na remoção de matéria orgânica e demais contaminantes da água, foram medidos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. As leituras de pH, turbidez, temperatura e perda de carga foram feitas “in situ”, as demais determinações foram feitas no laboratório de saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos- USP.

As amostras foram colhidas em garrafas plásticas de 2 L, com exceção daquelas destinadas à determinação de oxigênio dissolvido - OD, coliformes e bactérias heterotróficas, que foram colhidas em recipientes especiais. Terminada a coleta todas as amostras foram imediatamente conduzidas ao laboratório de

saneamento para análises e exames. As vazões nos pré-filtros foram controladas diariamente por manobra de registros e verificação do nível de água nos vertedores. As vazões para os filtros lentos foram medidas por meio de mangueiras conectadas na caixa 3, com auxílio de becker e cronômetro. Na Tabela 10 observa-se os parâmetros monitorados e a frequência de amostragem. Em seguida a Tabela 11 lista os métodos e equipamentos utilizados.

TABELA 10 - Parâmetros monitorados e frequência de amostragem

Parâmetro	Frequência prevista
Absorvância $\lambda = 254 \text{ nm}$	2 x por semana
Alcalinidade total	1 x por semana
Bactérias heterotróficas	2 x por mês
Carbono orgânico total	2 x por semana
Coliformes totais e <i>Escherichia Coli</i>	1 x por semana
Condutividade elétrica	2 x por semana
Cor aparente	1 x por dia
Cor verdadeira	2 x por semana (carreira 1) 1 x por dia (carreira 3)
Fosfato	1 x por semana
Ferro total	1 x por semana
Nitrato	1 x por semana
Nítrito	1 x por semana
Nitrogênio amoniacal	1 x por semana
Oxigênio consumido	2 x por semana
Oxigênio dissolvido	1 x por semana
pH	1 x ao dia
Sólidos suspensos	2 x por semana
Temperatura	1 x ao dia
Turbidez	1 x ao dia

TABELA 11 - Métodos e equipamentos utilizados na medição dos parâmetros

Parâmetro	Método/Equipamento
Absorvância $\lambda = 254 \text{ nm}$	Espectrofotometria com espectrofotômetro UV 160-A- SHIMADZU
Alcalinidade total	Titulação potenciométrica com solução de ácido sulfúrico
Bactérias heterotróficas	Contagem de bactérias em placas (IDEXX SIMPLATE)
Carbono orgânico total	Combustão utilizando o aparelho TOC-5000-A- SHIMADZU
Coliformes totais e <i>Escherichia Coli</i>	Método do substrato definido utilizando-se enzima COLILERT (IDEXX)
Condutividade elétrica	Condutímetro modelo DS-15, marca HORIBA
Cor aparente	Espectrofotometria com o DR 4000-HACH
Cor verdadeira	Centrífuga de bancada, FANEM, modelo 215 (3500 RPM, durante 30 minutos) Espectrofotometria com o DR 4000-HACH
Fosfato	Método do ácido ascórbico
Ferro total	Espectrofotometria de absorção atômica , modelo INTRALAB, modelo AA-1275.
Nitrato	Espectrofotometria com espectrofotômetro UV 160-A- SHIMADZU
Nitrito	Método colorimétrico com leitura no espectrofotômetro UV 160-A- SHIMADZU
Nitrogênio amoniacal	Método de Nessler (HACH) leitura no espectrofotômetro UV 160-A- SHIMADZU
Oxigênio consumido	Método CETESB, operação e manutenção de ETA.
Oxigênio dissolvido	Método do eletrodo de membrana, oxímetro, marca DIGIMED, modelo DM4
pH	Potenciômetro ORION , modelo 310
Sólidos suspensos	Filtração em membrana ($\phi = 0,45 \text{ }\mu\text{m}$) GF- S2-C-SxS
Temperatura	Termômetro de mercúrio marca INCOTERM
Turbidez	Nefelometria, aparelho TURBIDIMETER 2100P-HACH

Na primeira carreira de filtração foram colhidas amostras em seis pontos da instalação piloto sendo designados pela seguintes simbologias:

- AB- água bruta, coletada no reservatório de 500 L que armazenava água bruta
- PFD- efluente do pré-filtro dinâmico
- PFVA- efluente do pré-filtro dinâmico de escoamento vertical ascendente
- FL 11- efluente do filtro lento 1
- FL 13- água colhida na interface areia-carvão ativado, antes da camada de carvão ativado.
- FL 21- efluente do filtro lento 2

Já na carreira 3, além dos pontos supracitados, acrescentaram-se três novos pontos de amostragem, sendo os seguintes:

- FL11 mont - afluente ao filtro lento 1
- FL 21 mont - afluente ao filtro lento 2
- PFVAsh - efluente do PFVA com substâncias húmicas

O ponto FL13 foi introduzido com a finalidade de avaliar a influência do CAG na remoção de impurezas.

Os pontos FL11 mont e FL21 mont, foram locados nas tubulações independentes, que partiam da caixa 3, imediatamente antes da entrada da água em cada filtro. É importante mencionar que na carreira 3 o efluente do PFVA, já com a solução de substância húmica, foi colhido na câmara de mistura (Figura 12).

Na Figura 16 são indicados os pontos de coleta nos filtros lentos.

FIGURA 16 –Foto ilustrando os pontos de coleta nos filtros lentos

4.5. Preparação da solução mãe de substâncias húmicas

A matéria prima para preparação da solução mãe de substâncias húmicas, foi a turfa coletada, a trado, numa área situada no município de Luís Antônio Estado de São Paulo. Este material foi acondicionado em sacos plásticos e levado para o laboratório de saneamento da EESC-USP. Nesta fase da pesquisa os seguintes equipamentos foram utilizados:

- 01 Balança Mettler P1200
- 01 Agitador eletromecânico

Adicionalmente foram utilizados os seguintes materiais:

- 02 recipientes plásticos de 50 L (containeres de lixo)
- 02 caixas d'água de Polietileno sendo uma de 500 e outra de 1000 L
- 14 bandejas plásticas
- 01 tesoura

- 70 folhas de papel celofane
- borrachas (elásticos)
- 02 beakers de 1 L
- soda caustica (3 kg)
- ácido clorídrico (1L)
- solução de nitrato de prata
- papel indicador de pH (uma cartela)
- água destilada (150 L)
- mangueiras plásticas com diâmetro de 0,5 cm.
- 03 Pipetas de vidro
- 01 pêra

Para extração dos ácidos húmico e fúlvico da turfa procedeu-se da seguinte forma:

- a) Foram preparados 50 litros de solução de NaOH - 0,5 N, adicionando-se 1 kg de NaOH em 50 L de água destilada. Nesta solução foram dissolvidos 500 g de turfa, sendo esta mistura mantida em agitação durante 18 h com o agitador mecânico.
- b) Após a agitação, a solução foi deixada em repouso por cerca de 02 dias. Tampou-se o recipiente para evitar a entrada de poeira e insetos.
- c) O material sobrenadante foi retirado cuidadosamente por meio de beakers e colocado em sacos confeccionados com papel celofane, amarrados com o elásticos.
- d) Os sacos foram colocados nas bandejas plásticas submersos em solução de ácido clorídrico, com pH em torno de 2, para que fosse efetuada a diálise. A solução de ácido clorídrico foi preparada adicionando-se 2 mL de ácido para cada 1 litro de água, sendo o pH medido com papel indicador. Vale ressaltar que na preparação da referida solução utilizou-se água do poço da USP, ao invés de água destilada, devido a grande demanda de água.
- e) Durante dois dias a solução de ácido clorídrico das bandejas plásticas foi trocada três vezes ao dia.

- f) Depois da diálise, os sacos foram transferidos para a caixa d'água de 1000 L, onde foi introduzida água proveniente do poço da USP, por meio de duas mangueiras plásticas de $\phi = 0,5$ cm. Essas mangueiras estavam conectadas a caixa d'água de 500 L, que foi locada em cota superior a caixa de 1000 L, para que a água pudesse escoar continuamente por gravidade. Entre períodos de três horas a caixa elevada era reabastecida com água do poço. A água entrava na caixa e saía, também por meio de mangueiras plásticas, continuamente sem afogar os sacos de celofane que ficaram submersos. Esta etapa do procedimento durou um dia, pois decorrido esse período foi constatado reação negativa do cloreto para a água em torno dos sacos de celofane, pois a mesma foi colhida num becker em diferentes pontos da caixa e após adição de nitrato de prata não verificou-se, visualmente, turvação da água.
- g) O material resultante dessas etapas foi colhido, perfurando-se os sacos de celofane, e transferidos para galões de plástico.

Todo o procedimento descrito anteriormente foi repetido por mais duas vezes, obtendo-se cerca de 130 litros de solução de substâncias húmicas (solução mãe), que foram transferidos para a instalação piloto, sendo na mesma diluídos e aplicados ao afluente dos filtros lentos. O procedimento em questão é uma parte das etapas descritas por TOLEDO (1973) para extração de substâncias húmicas de sedimento. Nas Figuras 17 e 18 verifica-se alguns passos do processo descrito acima.

FIGURA 17 –Foto ilustrando os sacos durante a realização do processo de diálise com ácido clorídrico

FIGURA 18 – Foto ilustrando o material húmico em uma parcela da lavagem

4.6. Definição da diluição da solução mãe de substâncias húmicas

De posse da solução mãe de substâncias húmicas, foram feitos testes para definir a diluição da mesma, necessária para elevar a cor verdadeira da água efluente do PFVA para uma faixa de 45 a 55 uC. Para tanto procedeu-se da seguinte forma:

- Colheram-se amostras da água efluente do PFVA;
- Com essas amostras foram preparadas várias diluições em provetas, adicionando-se 1 ml da solução mãe para diferentes volumes de água, criando-se deste modo soluções com diferentes concentrações de substância húmica;
- Em erlenmeyers de 250 mL, contendo cada um 100 mL da água do PFVA, adicionou-se 1 mL de cada solução resultante do passo anterior;
- Efetuou-se a leitura da cor verdadeira resultante em cada erlenmeyer, sendo selecionada aquela solução que gerou na água cor verdadeira na faixa supracitada.

A diluição escolhida foi de 1:10, pois promoveu o aumento de cor desejado, e a partir daí foi possível ajustar a vazão da bomba dosadora de substâncias húmicas, para que fosse elevada a cor verdadeira da água afluenta aos filtros lentos. A bomba dosadora utilizada era da marca PROMINENT, tipo CONB1601PP1000A101, 230 V, 16 W, 1 A, vazão máxima de 1 l/h. Tal bomba estava anexa a um reservatório de 50 L(ver Figura 19) onde era colocada a solução diluída de substância húmica. A vazão de dosagem escolhida, em função dos testes anteriormente citados, foi de 10 mL/min, e deste modo o reservatório era reabastecido de três em três dias. A mangueira plástica utilizada na dosagem tinha diâmetro de 0,5 cm.

A solução de substância húmica era preparada em um balde de 10 L, agitada manualmente e colocada no reservatório.

FIGURA 19. Foto mostrando tanque e bomba de recalque de solução de substâncias húmicas

4.7. Sistema de ozonização

Na Figura 20 é apresentado um esquema da FiME que inclui o sistema de ozonização. O ozonizador utilizado era da marca EAGLESAT, modelo OZ-7, do tipo “corona discharge”, isto é, oxigênio seco escoa em uma célula onde se tem a descarga elétrica, produzida por uma fonte elétrica de alta voltagem. O aparelho em tela, tinha capacidade para produzir $7,0 \pm 0,7$ gramas de O_3 por hora, a partir de fluxo de oxigênio puro e era composto de uma reator de “corona discharge”, um gerador de alta tensão e válvulas de controle de fluxo e pressão.(ver Figura 21)

FIGURA 20 – Fluxograma esquemático do sistema de ozonização

FIGURA 21 – Foto mostrando o ozonizador marca eaglesat, modelo oz-7

Adicionalmente o sistema de ozonização era composto de:

- Rotâmetro externo ao ozonizador para distribuição da dosagem de ozônio
- Caixa de nível constante
- Coluna de ozonização, de 4,5 m de altura, com 100 mm de diâmetro, dotada de uma vela para filtro d'água, feita de cerâmica microporosa, que funcionava como difusor
- Destruidor de ozônio, com carvão ativado granular.

A caixa de nível constante, que pode ser vista na Figura 22, era composta de uma caixa sifonada de PVC diâmetro 250 mm, adaptada a uma mangueira de borracha de ½" conectada a um plug no qual havia um orifício e foi construída com a finalidade de manter constante a vazão afluyente a coluna de ozonização. As vazões podiam ser alteradas trocando-se o plug, por outro com orifício de diâmetro diferente. Nas Figuras 23 e 24 constataam-se a coluna de ozonização e o destruidor de ozônio.

FIGURA 22 – Foto ilustrando a caixa de nível constante

FIGURA 23 – Foto ilustrando a coluna de ozonização

FIGURA 24 – Foto ilustrando o destruidor de ozônio

As determinações do residual de ozônio na fase líquida e na saída de excesso (off gas) foram feitas com o método da titulação iodimétrica descrito no Standard Methods 16 edition, 1985, sendo que obteve-se 0,06 para o residual e 0,0004 mgO₃/L para o “off gas” e deste modo como a produção do aparelho utilizada foi de 4 mgO₃/L, a dosagem na água resultou igual a 3,4 mg O₃/L.

4.8 Metodologia estatística

As conclusões oriundas deste trabalho, foram obtidas com os cálculos estatísticos apresentados por LAPPONI(1997) e utilizando-se a versão 7 do EXCEL.

Para amostras grandes e independentes, ou seja populações com o tamanho de amostra n maior que 30, foi aplicada a distribuição Z, com a ferramenta de análise *Teste Z: Duas Amostras para Média*, que realiza análises estatísticas e teste de hipóteses de duas médias informadas como série de dados.

Em tratando de amostras pequenas e independentes, n menor que 30, aplicou-se primeiramente o *Teste F: duas amostras para variâncias*, que verifica se a

variância de uma população com distribuição normal é igual à variância de uma outra população com distribuição. De uma outra maneira, dadas duas séries de observações, que podem ter qualquer tamanho, o *teste F* dá elementos para determinar se duas séries pertencem a mesma população.

Dependendo do resultado obtido com o *Teste-F*, utilizou-se o *Teste-T: duas amostras presumindo-se variâncias equivalentes* ou o *Teste-T: duas amostras presumindo-se variâncias diferentes*.

Quando se desejou comparar simultaneamente os resultados referentes aos efluentes do filtros lentos 1 e 2 e da seção FL13, foi aplicada a ferramenta *Anova: fator único* que realiza análise variância, procedimento estatístico de teste de hipóteses para comparação das médias de duas ou mais populações.

Utilizou-se a função estatística CORREL, do EXCEL, para os cálculos dos coeficientes de correlação.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. CARREIRA 1 DE FILTRAÇÃO

Na carreira 1, que teve início em 14 de fevereiro e se estendeu até 09 de maio de 2000 (85 dias), foi possível aprender a hidráulica do sistema, efetuar ajustes na instalação e se familiarizar com as técnicas de medição dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos. No início da mesma, foi encaminhada para os filtros lentos água limpa, livre de cloro, com o objetivo de preencher os meios filtrantes. No 16º e 17º dia de operação, com o fim de reduzir o período de amadurecimento dos filtros lentos, a água bruta afluenta ao PFD foi desviada, com um “by pass” e introduzida diretamente nos mesmos. Durante todo o desenvolvimento da referida carreira não houve necessidade de limpeza dos pré-filtros. Terminada a carreira nos filtros lentos procedeu-se a limpeza de todas as unidades do sistema de FiME, de acordo com as recomendações sugeridas por DI BERNARDO et al.(1999). É importante recordar que nessa carreira foram feitas coletas de amostras em 6 (seis) pontos distintos: AB (água bruta), PFD (efluente do pré-filtro dinâmico), PFVA (efluente do pré-filtro vertical de escoamento ascendente), FL11 (efluente do filtro lento 1), FL13 (água da interface carvão ativado-areia no filtro lento 1) e FL21 (efluente do filtro lento 2).

TABELA 12- Caracterização da água bruta na carreira 1

Parâmetro		Valor máximo	Valor mínimo	Média	Comparações
Turbidez (uT)		98,90	14,16	24,88	100%<100 100%<200
Cor verdadeira (uH)		65	34	44,78	0%<10 0%<25
Sólidos suspensos (mg/L)		31,15	4,21	12,07	100%<100 100%<200
Coliformes	totais	24192	3240	10125	63,6%<10000 91%<20000
Escherichia	Coli	2187	213	547	100%<5000 100%<10000
Ferro total (mg/L)		2,1	1,1	1,7	100%<3 100%<5

Pelos valores contidos na tabela 12, verifica-se que a qualidade da água bruta não estava de acordo com o que especifica DI BERNARDO et al(1999) para aplicação da tecnologia de FiME, haja vista que os valores dos parâmetros cor verdadeira e coliformes totais excederam os limites estabelecidos pelos autores. Tais limites foram apresentados na revisão da literatura, na Tabela 1.

5.1.1. Turbidez:

Para turbidez, o PFD apresentou remoção média de 28,4 % e o PFVA de 38,6 %. As seções FL11, FL13 e FL21 removeram, em média, 41,5, 26,5 e 39,4% respectivamente (tabela A.1). Aplicando-se o teste estatístico Anova: fator único, da versão 7 do EXCEL, foi verificada diferença significativa de remoção de turbidez entre as seções FL11, FL13 e FL21, uma vez que o valor p foi menor que 0,05.(tabela A.2). Pelos testes estatísticos, com método Teste-z: duas amostras para média, da versão 7 do EXCEL, determinou-se que não houve diferença entre os filtros lentos na remoção de turbidez e que ambos os filtros foram melhores que a seção FL13 no referido aspecto.(tabelas A.3, A.4 e A.5). A turbidez dos efluentes dos filtros lentos e da seção FL13 manteve-se consistentemente abaixo de 5 uT, em 48,7 e 46 % dos dados,

respectivamente, entretanto é importante ressaltar que nesta carreira os filtros estavam amadurecendo. A variação da turbidez da água bruta refletiu-se nas unidades do sistema, como pode ser verificado na figura 25. Na tabela 13, consta um resumo dos dados de turbidez da água bruta e unidades da FiME.

TABELA 13- Resumo dos valores médios de turbidez em uT carreira 1

Valores	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
Máximo	98,90	77,30	40,40	46,50	52,50	44,70
Médio	24,88	17,86	11,16	7,45	8,97	7,51
Mínimo	14,16	10,20	4,69	1,55	2,31	1,82

FIGURA 25- Variações de turbidez com o tempo de funcionamento na carreira 1, para água bruta e unidades de filtração

Fonte: TABELA E.1

5.1.2. Coliformes totais e *Escherichia Coli*

No que se refere a coliformes totais - CT e *Escherichia Coli* - E.Coli o PFD apresentou remoção média de 59 e 59%, o PFVA removeu 77,1 e 79,3%, o FL11 80,5 e

85,2 %, o FL13 73,9 e 67,3 % e o FL21 82,7 e 79,8 %, respectivamente. Não foram constatadas diferenças significativas de remoção de coliformes totais entre os efluentes dos filtros lentos e a da seção FL13, como pode ser observado na tabela A.7. ($p>0,05$). O mesmo foi verificado para *Escherichia Coli*, conforme tabela A.9.

Em 45,4% dos dados os efluentes dos filtros lentos tiveram valores de E.Coli abaixo de 2 NMP/100mL. Esta mesma porcentagem foi obtida para coliformes totais no filtro lento 1, considerando-se NMP/100mL menor que 20, já para o filtro lento 2 somente 36,3% dos dados estiveram situados nesta faixa. Nas figuras 26 e 27 e nas tabelas 14 e 15 podem ser vistas as variações de coliformes totais e E.Coli, nesta ordem, durante o desenvolvimento da carreira 1. É importante notar que a partir do 38º dia de operação os filtros lentos produziram água com valores de E.Coli abaixo de 5 e próximos ou iguais a 0 NMP/100mL a partir do 65º dia. Do 52º dia em diante o filtro lento 1 produziu efluente com valores de CT abaixo de 20 e no filtro lento 2 os valores situaram-se abaixo de 23 NMP/100mL. Essas observações são coerentes com o que se verificou para turbidez, pois a partir do 48º dia de operação a turbidez dos filtros lentos manteve-se abaixo de 5 uT, ocorrendo o mesmo na seção FL13 a partir do 51º dia de operação. (tabela E.1).

TABELA 14 – Resultados de coliformes totais em NMP/100 mL para água bruta e unidades de filtração durante a carreira 1

Data	TO*	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
24.02	10	15531	3441	1299,7	204,6	410,6	488,4
02.03	17	14136	3255	1732,9	816,4	248,1	387,3
09.03	24	24192	14136	1732,9	770,1	980,4	248,1
16.03	31	8664	2419,2	920,8	488,4	816,4	178,2
23.03	38	6440	5475	2419,2	248,1	146,7	1413,6
30.03	45	9804	5475	1119,9	161,6	313	125,9
06.04	52	7800	2224	217,8	14,6	38,2	22,6
13.04	59	10462	6488	866,4	8,6	50,4	16
19.04	65	6500	1989	189,2	6,3	13,5	12
26.04	72	3240	1013	50,4	6,4	12,4	2
03.05	79	4611	1254	101,9	6,3	7,4	4,1

*TO: Tempo de Operação (d)

FIGURA 26- Variações de coliformes totais com o tempo de funcionamento na carreira 1, para água bruta e unidades de filtração

Fonte: TABELA 14

TABELA 15 – Resultados de *Escherichia Coli* em NMP/mL para água bruta e unidades de filtração durante a carreira 1

Data	TO*	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
24.02	10	213,0	98,0	30,5	5,2	10,0	2,0
02.03	17	327,0	179,0	52,0	16,9	45,0	27,8
09.03	24	2187,0	723,0	178,5	52,0	66,9	53,7
16.03	31	305,0	133,4	53,0	17,3	36,8	22,6
23.03	38	310,0	93,0	25,9	4,1	0,1	4,1
30.03	45	600,0	259,0	41,6	3,0	14,3	5,0
06.04	52	520,0	285,0	24,0	1,0	9,4	3,1
13.04	59	588,0	272,3	48,8	2,0	7,4	2,0
19.04	65	323,0	133,6	9,7	0,1	3,1	2,0
26.04	71	238,0	87,0	13,7	1,0	0,1	0,1
03.05	78	410,0	90,6	8,6	1,0	1,0	2,0

* TO: Tempo de Operação (d)

FIGURA 27-Variações de *Escherichia Coli* com o tempo de funcionamento na carreira 1, para água bruta e unidades de filtração
Fonte: TABELA 15

5.1.3. Sólidos Suspensos Totais

Para sólidos suspensos totais - SST, o PFD promoveu remoção média de 57,3 %, o PFVA de 69 %, o FL11 de 53,6 %, o FL13 de 52,2 % e o FL21 de 72,7%. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa de remoção de SST entre os efluentes das duas unidades de filtração lenta e da seção FL 13 (método Anova), de acordo com a tabela A.11.

Do 43º dia de operação, até o final da carreira 1 os efluentes dos filtros lentos e do seção FL13, tiveram valores de SST abaixo de 1 e próximos ou iguais a 0 mg/L, conforme tabela 16.

FIGURA 28 - Variações na concentração de sólidos suspensos totais em função do tempo de funcionamento, para água bruta e unidades de filtração na carreira 1

Fonte: TABELA 16

TABELA 16 - Resultados de sólidos suspensos totais em mg/L para água bruta e unidades de filtração durante a carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
22.02.00	8	12,63	4,43	4,09	2,25	2,84	1,62
29.02.00	15	29,23	9,78	2,72	3,34	3,84	1,40
09.03.00	24	31,15	6,68	3,43	4,13	3,77	2,26
15.03.00	30	9,97	3,04	1,26	1,74	0,46	0,45
21.03.00	36	11,05	7,12	2,76	3,56	3,66	2,51
28.03.00	43	11,57	4,47	1,19	0,78	0,82	0,46
03.04.00	49	7,58	3,17	0,42	0,00	0,00	0,00
06.04.00	52	10,60	4,31	0,73	0,06	0,20	0,05
10.04.00	56	10,63	3,76	1,00	0,00	0,00	0,00
13.04.00	59	11,05	8,68	1,33	0,15	0,31	0,38
17.04.00	63	8,10	3,53	0,79	0,09	0,16	0,13
19.04.00	65	10,39	3,54	1,08	0,13	0,27	0,12
24.04.00	70	8,59	3,17	0,94	0,21	0,35	0,18
27.04.00	74	7,98	2,77	1,07	0,20	0,12	0,11
04.05.00	80	8,41	5,05	0,83	0,24	0,30	0,19
08.05.00	84	4,21	2,27	0,31	0,00	0,08	0,00

5.1.4. Cor aparente

Não houve diferença significativa de remoção de cor aparente quando comparadas amostras dos diferentes filtros lentos. Pelos testes estatísticos (Teste-z) as amostras colhidas na seção FL11 foram melhores que as da seção FL13, e não se verificou diferenças comparando-se FL11 e FL21 e FL13 e FL21. (tabelas de A.14 a A.16). O PFD promoveu remoção média de 23,7%, o PFVA de 35,4%, o filtro lento 1 de 41,6%, o filtro lento 2 de 33,9% e o ponto FL13 de 27,5%. Na tabela 17 aprecia-se um resumo dos valores obtidos de cor aparente da água bruta, das unidades da FiME e do ponto FL13. A figura 29 demonstra a variação do parâmetro em tela, ao longo dos dias de operação na carreira 1. Nota-se que os “picos” ocorridos na água bruta refletiram-se nas demais unidades do sistema (tabela E.2).

TABELA 17 - Resumo de dados de cor aparente em uH carreira 1

Dados	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
Máximo	446	344	253	220	259	229
Médio	216,1	165,7	111,0	70,4	87,2	78,7
Mínimo	129	91	41	11	11	17

FIGURA 29 - Variações de cor aparente em função do tempo de operação para água bruta e unidades de filtração na carreira 1

Fonte: TABELA E.2

5.1.5. Cor verdadeira e Absorvância

Como já era esperado, o filtro lento 1 foi estatisticamente melhor na remoção de cor verdadeira e absorvância que o filtro lento 2. (COLLINS et al 1996). Avaliando-se os efluentes das seções FL11, FL13 e FL21, pelos métodos Anova e Teste - t, constatou-

se que houve diferença significativa entre as médias de remoção para ambos os parâmetros citados, sendo superior o desempenho da seção FL11 em relação às outras duas seções e que não houve diferença significativa entre as seções FL13 e FL21.(tabelas de A.17 a A.22 e de A.23 a A.28). Para cor verdadeira o PFD apresentou remoção média de 17,42%, o PFVA de 25,45%, o filtro lento 1 de 59,05% e filtro lento 2 de 40,30%. Na seção FL13 verificou-se remoção média de 39,52%. No que diz respeito a absorvância (254 nm) o filtro lento 1 removeu 58,31% e o filtro 2 15,25%, e foi verificada remoção de 22,18% para o efluente da seção FL13.

Na figura 30 pode-se observar a variação de cor verdadeira na carreira 1.

FIGURA 30 – Variações de cor verdadeira em função do tempo de operação para água bruta e unidades de filtração na carreira 1

Fonte: TABELA E.3

Fato interessante foi verificado, quando se correlacionou os dados de cor verdadeira e absorvância, uma vez que maior correlação foi encontrada para as seções FL13 e FL21, apesar da seção FL11 ter apresentado maior remoção para tais parâmetros. Isto pode ser comprovado pela tabela 18 e pelas figuras de B.1 a B.6.

TABELA 18 – Coeficientes de correlação entre cor verdadeira e absorvância

AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
0,56	0,21	0,79	0,75	0,94	0,91

A figura 31 permite apreciação dos dados de absorvância extraídos da carreira 1.

FIGURA 31 – Resultados de absorvância em função do tempo de operação para água bruta e unidades de filtração na carreira 1

Fonte: TABELA E.4

Os dados de cor verdadeira e absorvância são apresentados nas tabelas E.3 e E.4.

5.1.6. Carbono orgânico dissolvido

No que se refere a Carbono Orgânico Dissolvido - COD, não se verificou diferenças estatisticamente significantes entre os efluentes dos filtros lentos (FL11 e FL21).(tabela A.30) O filtro lento 1 foi estatisticamente melhor na remoção de COD que a FL13, uma vez que pelo Teste-t, $p < 0,05$ (tabela A.31), o que não foi encontrado para a seção FL21 (tabela A.32). A remoção média de COD encontrada para as seções FL11, FL13 e FL21, foram de 37,27, 6,9 e 19,46% respectivamente.(tabela A.28) A maioria dos dados de remoção obtidos para os efluentes do PFD e PFVA foram negativos, sendo também encontrados com esse sinal alguns dados nas seções FL11, FL13 e FL21. Isto ocorreu, possivelmente, porque não foi levado em consideração o tempo de detenção hidráulica em cada unidade da FiME na coleta de amostras.

Foi feita também correlação entre os dados de COD e absorvância, e pela tabela 19 constata-se que o mais baixo valor encontrado foi para o FL11, sendo pior a correlação entre os parâmetros citados para tal seção.(figuras de B.7 a B.12)

TABELA 19 – Coeficientes de correlação entre COD e absorvância

AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
0,58	0,61	0,41	0,13	0,65	0,66

A tabela 20 mostra os resultados de COD e na figura 32 pode ser vista a variação dos mesmos ao longo do tempo de operação da carreira 1

**TABELA 20 – Resultados de COD em mg/L para água bruta e unidades da FiME
carreira 1**

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
14/03/00	29	2,806	3,263	3,517	1,658	2,662	3,147
23/03/00	38	3,232	3,334	3,488	2,006	2,952	3,009
28/03/00	43	1,697	1,552	1,635	1,380	2,041	1,613
06/04/00	52	1,445	1,777	1,521	1,497	1,304	1,225
10/04/00	56	1,621	1,479	1,665	0,595	1,889	0,876
13/04/00	59	1,037	0,712	0,595	0,595	0,595	0,595
17/04/00	63	1,030	1,331	1,398	1,206	1,596	0,880
24/04/00	70	0,721	0,890	0,609	0,044	0,873	0,823
27/04/00	74	0,933	2,268	2,006	0,914	1,724	1,978
03/05/00	79	2,090	2,226	2,716	2,760	1,725	2,220
08/05/00	84	1,899	1,447	1,468	0,383	0,482	0,000

*TO : Tempo de Operação (d)

**FIGURA 32 – Variações de carbono orgânico dissolvido para água bruta e
unidades da FiME na carreira 1**

Fonte: TABELA 20

5.1.7. Oxigênio Consumido – OC e Oxigênio dissolvido - OD

Para oxigênio consumido o PFD apresentou remoção média de 33 %, o PFVA de 11,6 %, o FL11 de 77 %, o FL13 de 23 % e o FL21 de 10%. Estatisticamente a seção FL11 foi superior às seções FL13 e FL21 na remoção de OC (tabelas de A.34 a A.37).

O desempenho do filtro lento 1, em comparação com os demais pontos, pode ser visto na tabela 21 e na figura 33. Não foi encontrada diferença estatística de remoção entre as seções FL13 e FL21.(tabela A.38).

TABELA 21 – Resultados de oxigênio consumido para água bruta e unidades da FiME em mg/L na carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
23/03/00	38	4,00	2,90	2,35	1,10	1,90	1,85
28/03/00	43	3,60	2,60	2,20	1,00	2,20	2,30
06/04/00	52	2,50	1,90	1,90	0,60	1,50	0,70
12/04/00	58	3,20	1,40	0,80	0,00	0,60	0,80
19/04/00	65	2,05	0,60	1,10	0,00	0,20	1,20
26/04/00	72	1,25	0,85	0,70	0,05	0,55	0,55
03/05/00	79	2,00	2,15	0,65	0,20	0,70	0,80

*TO : Tempo de Operação (d)

FIGURA 33 - Variações de oxigênio consumido para água bruta e unidades da FiME durante a carreira 1

Fonte: TABELA 21

Relativo a oxigênio dissolvido o FL11 apresentou remoção média de 56,3%, valor este muito superior ao que foi observado para os outros pontos conforme tabela A.39. Na figura 34 nota-se a variação de OD na carreira 1 e a diferença brusca entre o FL11 e os demais pontos de coleta do sistema. Já na tabela 22 estão os dados de OD.

TABELA 22 - Resultados de oxigênio dissolvido em mg/L carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
22/03/00	37	6,2	6,0	6,1	3,2	6,0	6,0
28/03/00	43	7,4	7,4	7,4	3,6	7,4	7,2
04/04/00	50	7,5	7,2	7,1	4,8	7,3	7,3
11/04/00	57	7,9	7,1	7,0	2,7	6,9	6,7
17/04/00	63	7,5	7,2	7,4	3,3	7,4	7,4
26/04/00	72	7,9	7,7	7,6	3,3	7,5	7,4
03/05/00	79	7,8	7,5	7,4	2,0	7,1	7,0

*TO : Tempo de Operação (d)

FIGURA 34 - Variações de oxigênio dissolvido para água bruta e unidades da FiME durante a carreira 1

Fonte: TABELA 22

O PFD, PFVA, FL13 e FL21 praticamente não causaram variação de OD na água, pois as reduções médias de OD proporcionadas por estes pontos foram de 4,7, 0,3, 1,2 e 2,4 %, respectivamente. Pela tabela 22 nota-se que a remoção de OD causada pelo filtro lento 1 foi devida a presença da camada de carvão ativado granular, entre as camadas de areia, haja vista que no filtro lento 2 (leito filtrante somente de areia) e na seção FL13, locado no filtro lento 1 antes da camada de carvão ativado, não foram verificadas variações expressivas de OD.

5.1.8. Ferro total

Não houve diferenças estatísticas de remoção de ferro total entre os filtros lentos e a seção FL13.(tabela A.41). O FL11 apresentou remoção média de 54,6 %, o FL21 de 74 % e o efluente da seção FL13 de 70,5 %. (tabela A.40) No dia 27 de abril de 2000, foi encontrado no efluente do filtro lento 2 concentração de ferro total igual a 3,63 mg/L, fato que deve ter ocorrido em virtude de contaminação externa da amostra de água ou erro de leitura, e deste modo tal ponto foi excluído dos cálculos estatísticos. O PFD removeu 30% de ferro, entretanto para o PFVA a maioria dos dados de remoção obtidos foram negativos, devido provavelmente a diferença nos tempos de detenção hidráulica. O dados de ferro referentes a carreira 1 estão dispostos na tabela 23. Na figura 35 pode ser vista a variação de ferro nas unidades da FiME, na carreira 1.

TABELA 23 - Resultados de ferro total em mg/L para água bruta e unidades da FiME ao longo da carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
22/03/00	37	2,06	1,14	1,36	0,56	0,64	0,76
31/03/00	45	1,61	1,09	1,31	0,49	0,38	0,32
06/04/00	52	2,1	2,04	2,53	0,34	0,25	0,05
14/04/00	60	1,71	1,02	0,39	0,35	0,07	0,14
27/04/00	73	1,08	1,15	0,34	0,4	0,15	3,63

*TO : Tempo de Operação (d)

FIGURA 35 – Variações na concentração de ferro total em função do tempo de operação para a água bruta e unidades da FiME na carreira 1

Fonte: TABELA 23

5.1.9. Fosfato

Possivelmente devido a atividade microbiológica no meio filtrante, a maioria dos dados obtidos de fosfato, nos efluentes dos filtros lentos e da seção FL13, teve resultado superior aos valores encontrados no efluente do PFVA, o que sugere mineralização da matéria orgânica presente na água pré-filtrada, sendo tal matéria convertida a CO₂, nitratos e fosfatos.(DI BERNARDO, 1993). No efluente do filtro lento 1 este fenômeno ocorreu para todos os dados obtidos, sendo que o aumento médio na concentração de fosfato foi de 63 %, e o aumento máximo de 87,68 %. Para o efluente da seção FL13, em três coletas houve redução de fosfato em relação ao afluente e para o FL21 em quatro ocasiões o fosfato foi reduzido, ocorrendo aumento da concentração do parâmetro em questão nas demais coletas tanto para FL13 como para FL21. Pelo exposto, parece

que a atividade biológica no carvão ativado, ocorrida no filtro lento 1, foi mais intensa que no filtro lento 2 e ponto FL13. Na tabela 24 e na figura 36 podem ser apreciados os dados de fosfato conseqüentes da carreira 1.

TABELA 24 – Resultados de fosfato em mg/L para água bruta e unidades da FiME ao da carreira 1

DATA	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
14/03/00	29	0,1421	0,0892	0,0780	0,1609	0,0886	0,1127
28/03/00	43	0,1021	0,0851	0,0745	0,3061	0,0915	0,0786
04/04/00	50	0,1215	0,0762	0,0333	0,2703	0,0450	0,0651
11/04/00	57	0,1150	0,0833	0,0604	0,2938	0,0668	0,0592
19/04/00	65	0,1080	0,0851	0,0604	0,1797	0,0445	0,0457
24/04/00	70	0,0892	0,0674	0,0498	0,1427	0,0439	0,0427
03/05/00	79	0,0563	0,0663	0,0733	0,1533	0,0792	0,1151
08/05/00	84	0,0986	0,1221	0,0692	0,0945	0,0510	0,0275

*TO: tempo de operação (d)

FIGURA 36 – Variações na concentração de fosfato para água bruta e unidades da FiME em função do tempo de operação na carreira 1

Fonte: TABELA 24

5.1.10. Nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato

Em relação a nitrogênio amoniacal, o PFD removeu, em média, 24,04 %, o PFVA 38,18 %, o FL11 51,42 %, o FL13 31,73 % e o FL21 35,55 %. Efetuando-se testes estatísticos, não foram encontradas diferenças significativas de remoção entre os filtros lentos e A seção FL13.(tabela A.43). Na tabela 25 estão apresentados os dados de nitrogênio amoniacal e na figura 37 estão os dados em função do tempo de operação.

TABELA 25 – Resultados de Nitrogênio amoniacal em mg/L carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
13/03/00	28	0,3904	0,2562	0,1952	0,1708	0,2196	0,2074
28/03/00	43	0,305	0,244	0,1708	0,1464	0,1342	0,1464
03/04/00	49	0,2928	0,2318	0,1342	0,0488	0,0973	0,0854
10/04/00	56	0,25	0,2	0,09	0,01	0,03	0,03
16/04/00	62	0,2	0,15	0,09	0,02	0,04	0,03

FIGURA 37 – Variações na concentração de nitrogênio amoniacal em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME na carreira 1

Fonte: TABELA 25

Relativo a nitrito, as remoções médias no PFD e PFVA foram de 10,74 e 37,9 % respectivamente. Também não foram identificadas diferenças significativas de remoção de nitrito entre os filtros lentos e a seção FL13.(tabela A.45). O filtro lento 1 proporcionou remoção média de 64,5 %, o filtro lento 2 de 23,9 % e o efluente da seção FL13 apresentou remoção de 21,5 %. (tabela A.44)

TABELA 26 - Resultados de nitrito para água bruta e unidades de filtração em mg/L na carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
13/03/00	28	0,4	0,6	0,8	0	0,7	0,7
28/03/00	43	8,4	5,6	2,9	1,2	1,5	1,4
03/04/00	49	8,2	6,3	2,12	1,8	3,3	2,2
10/04/00	56	8,5	6,7	3,4	0,5	1,2	3,8
16/04/00	62	7,3	5,4	2,2	0,8	1,1	0,9

*TO: tempo de operação (d)

FIGURA 38 – Variações na concentração de nitrito para água bruta e unidades da FiME em função do tempo de operação na carreira 1

Fonte: TABELA 26

O filtro lento 1 foi significativamente melhor na remoção de nitrato que o filtro lento 2 e a seção FL13 (tabelas de A.47 a A.51), apresentando remoção média de 80 %. O efluente da seção FL13 apresentou remoção média de 13,2 %, o PFD, PFVA e FL21

apresentaram valores negativos de remoção média, o que pode ter sido causado por erros nos procedimentos laboratoriais. Os resultados de nitrato podem ser vistos na tabela 27 e na figura 39.

TABELA 27 - Resultados de Nitrato em mg/L carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
13/03/00	28	0,4619	0,5952	0,5258	0,114	0,4759	0,6944
28/03/00	43	0,4061	0,4908	0,5402	0,183	0,5216	0,6045
03/04/00	49	0,4447	0,4983	0,5621	0,1406	0,5113	0,5495
10/04/00	56	0,5113	0,522	0,5439	0,0628	0,4294	0,4606
16/04/00	62	0,4387	0,5272	0,495	0,0409	0,38	0,3935

*TO: tempo de operação (d)

FIGURA 39 – Variações na concentração de nitrato em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME durante a carreira 1

Fonte: TABELA 27

5.1.11. pH e alcalinidade

O pH da água bruta variou entre 6,10 e 7,9 e conforme os dados dispostos na tabela 28, as unidades da FiME não promoveram mudanças significativas de pH na água.

TABELA 28 – Resultados de pH carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
11/03/00	26	7,42	7,48	7,65	7,64	7,59	7,59
14/03/00	29	7,90	7,80	7,70	7,60	7,80	7,65
21/03/00	36	7,40	7,40	6,10	7,10	7,40	7,20
30/03/00	45	6,40	6,60	6,70	6,40	6,50	6,50
01/04/00	47	6,10	6,10	6,20	6,20	6,30	6,20
04/04/00	50	7,82	7,86	7,58	7,04	7,48	7,50
05/04/00	51	7,35	7,66	7,63	7,32	7,97	7,75
06/04/00	52	7,62	7,87	7,95	7,96	8,07	8,08
07/04/00	53	7,14	7,40	7,40	7,18	7,48	7,56
08/04/00	54	7,34	7,51	7,56	7,34	7,55	7,66
09/04/00	55	7,35	7,69	7,47	7,20	7,50	7,35
10/04/00	56	7,52	7,60	7,96	7,07	7,58	7,43
13/04/00	59	6,90	6,90	6,65	6,70	6,70	7,00

*TO: tempo de operação (d)

A alcalinidade da água bruta variou entre 6 e 8 mg/L e também para este parâmetro as unidades de filtração não influenciaram significativamente na mudança dos valores na água.

TABELA 29 – Resultados de alcalinidade em mgCaCO₃/L carreira 1

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
20/03/00	35	8,00	8,00	7,20	8,40	7,60	7,60
29/03/00	44	6,40	6,40	6,40	6,40	6,00	6,00
31/03/00	46	7,20	6,40	7,20	7,20	4,40	6,40
09//04/00	55	7,20	6,00	6,80	6,80	7,60	8,40
12/04/00	58	6,80	6,80	6,40	6,40	6,80	6,80
16/04/00	62	6,40	6,80	6,80	6,40	6,40	6,80
23/04/00	69	6,00	6,00	6,40	6,80	6,00	6,20
03/05/00	79	7,14	7,14	7,14	7,56	7,56	7,56
07/05/00	83	7,56	7,56	7,14	6,72	7,14	6,72

*TO: tempo de operação (d)

5.1.12. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica permite avaliar a quantidade de sólidos totais dissolvidos – STD, que representa a medida dos íons na água. Na carreira 1 o parâmetro em questão foi medido em quatro oportunidades e os resultados obtidos, que podem ser contemplados na tabela 30, demonstram que não houve grande diferença entre os valores da água bruta e dos efluentes das unidades de filtração. Tais resultados são indícios de baixa concentração de íons na água.

TABELA 30 – Resultados de condutividade elétrica em $\mu\text{S}/\text{cm}$ para água bruta e unidades da FiME na carreira 1

Data	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
21/03/00	17,67	16,76	18,5	15,44	16,32	16,78
06/04/00	17,87	18,15	18,23	17,79	18,59	16,32
10/04/00	17,05	15,24	18,25	16,82	16,63	16,96
13/04/00	16,89	15,04	16,33	14,28	15,2	16,92

5.1.13. Temperatura

As unidades filtrantes não causaram variação excessiva de temperatura, como pode ser observado na tabela E.5. Na tabela 31 pode ser visto um resumo dos dados de temperatura que são condizentes com a época do ano na cidade de São Carlos, uma vez que a carreira 1 foi realizada de fevereiro a maio de 2000.

TABELA 31 – Resumo de valores de temperatura em $^{\circ}\text{C}$ para água bruta e unidades da FiME na carreira 1

Valores	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
Mínimo	19,5	20,0	19,0	18,0	17,5	18,0
Médio	22,7	22,8	22,3	22,2	21,9	22,1
Máximo	26,0	28,0	28,0	28,5	30,0	27,0

5.1.14. Perda de carga

Nas figuras 39 e 40, abaixo, verifica-se o desenvolvimento da perda de carga nos filtros lentos . O término da carreira ocorreu primeiramente no filtro lento 1 e deste modo foi dada como encerrada a carreira de filtração em ambos os filtros lentos.

FIGURA 40 - Desenvolvimento da perda de carga no filtro lento 1 carreira 1

FIGURA 41 - Desenvolvimento da perda de carga no filtro lento 2 carreira 1

5.2. CARREIRA 3 DE FILTRAÇÃO

Com o objetivo de avaliar a remoção de substâncias húmicas, com e sem pré-ozonização antecedendo a filtração lenta, a carreira 3 foi iniciada no dia 21 de agosto de 2000 e terminada em 16 de novembro do mesmo ano. A aplicação do ozônio começou a ser feita praticamente no final da carreira de filtração 3, tendo sido iniciada no 60º dia da carreira em tela. No período compreendido entre o 65 e 78º dias de operação, não houve aplicação de ozônio pois o ozonizador apresentou pane, sendo retificado e recolocado em operação no 79º dia, permanecendo dosando sem demais problemas até o final da carreira de filtração. Deste modo o ozônio foi aplicado em apenas 11 dias de operação, intercalados por um período de 13 dias. Considerou-se nos cálculos estatísticos, os dados obtidos a partir do 4º dia, pois foi neste dia que passou-se a utilizar a taxa de 4 m/d nos filtros lentos.

Outro problema ocorrido prejudicou a determinação de cor verdadeira das amostras examinadas, haja vista que a centrífuga utilizada com parte de tal procedimento também entrou em pane, sendo que desta forma não foram feitas medidas do parâmetro em questão entre os dias 52 e 62º da carreira 3. Na carreira 3 por três vezes o sistema teve que ser paralizado para manutenção e troca das bombas centrífugas, e deste modo não houve medição de parâmetros nestes dias.

Foram feitas modificações no sistema de FiME e a introdução de três novos pontos de coleta de amostras, além dos já citados na carreira 1, sendo os seguintes: FL11 mont (afluente ao filtro lento1), FL21 mont (afluente ao filtro lento 2) e PFVAsh (efluente do PFVA com a solução de substâncias húmicas). As coletas no ponto PFVAsh, foram feitas a partir do 60º dia de operação, com o intuito de avaliar o efeito da ozonização na qualidade da água, antes da entrada nos filtros lentos. Também a partir 60º dia, deixou-se de coletar amostras no ponto FL21 mont, seguindo-se apenas com o ponto FL1mont, já que tratava-se da mesma água. Vale lembrar, que desde o início da presente carreira, foi injetada solução de substâncias húmicas no efluente do PFVA.

A qualidade água bruta mostrou-se em desacordo com o que estabelece DI BERNARDO et al (1999) para aplicação da tecnologia de FiME, uma vez que,

semelhante o ocorrido na carreira 1, a água não atendeu aos limites estabelecidos para cor verdadeira e coliformes totais, como pode ser visto na tabela 32.

TABELA 32 - Caracterização da água bruta na carreira 3

Parâmetro		Valor máximo	Valor mínimo	Média	Comparações
Turbidez (uT)		82,90	13,7	21,6	100%<100 100%<200
Cor verdadeira (uH)		118	34	58,7	0%<10 0%<25
Sólidos suspensos Totais (mg/L)		16,4	4,00	10,29	100%<100 100%<200
Coliformes (NMP/100mL)	totais	24192	4611	9646,8	63,6%<10000 91%<20000
Escherichia (NMP/100mL)	Coli	1669	200	537	100%<5000 100%<10000
Ferro total (mg/L)		1,9	0	1,31	100%<3 100%<5

5.2.1. Turbidez

Na carreira 3 o PFD apresentou remoção média de turbidez de 29,25 %, o PFVA de 44,54 %, o filtro lento 1 de 70,73 %, o filtro lento 2 de 59,54 % e o efluente da seção FL13 de 50,24 %.

Nos filtros lentos a percentagem de redução de turbidez variou entre 47 e 96,4 % no filtro lento 1 e entre 25,4 e 90 % no filtro lento 2, o que condiz com o que reportado por COLLINS et al (1992). O método Anova identificou que houveram diferenças significativas de remoção entre FL11, FL13 e FL21.(tabela C.2). Pelo teste-z: duas amostras para médias, verificou-se que o filtro lento 1 foi significativamente melhor na remoção de turbidez que o filtro lento 2 e a seção FL13 e que o filtro lento 2 foi melhor que a seção FL13 (tabelas C.3 e C.4).

TABELA 33 – Cálculos das distribuições de frequências de turbidez do efluente do filtro lento 1 na carreira 3.

Classe	Limite Inferior(uT)	Limite Superior(uT)	Excel	Frequência absoluta	Frequência relativa(%)	Frequência acumulada(%)
1	0	2	1,9	38	48,72	48,72
2	2	4	3,9	34	43,59	92,31
3	4	6	5,9	4	5,13	97,44
4	6	8	8	2	2,56	100
				78	100	

Pela tabela 33 constata-se que na carreira 3 48,72 % dos dados de turbidez efluente do filtro lento 1, foram menor que 2 uT e que 43,59 % estiveram compreendidos entre 2 e 4 uT. Com a função estatística frequência do EXCEL 97, verificou-se que em 97,44 % dos dias de operação a água apresentou turbidez menor que 5 uT. A figura 42 mostra a frequência acumulada dos dados em função das faixas de turbidez.

FIGURA 42 – Histograma de turbidez do efluente do filtro lento 1 durante desenvolvimento da carreira 3

Fonte: TABELA 33

Já para o efluente do filtro lento 2 em apenas 7,69 % dos dados a água apresentou turbidez menor que 2 uT, porém a maioria dos valores obtidos, 80,77 %, situou-se na faixa de 2 a 4 uT. Em 92,31% dos casos a água apresentou turbidez menor que 5. Deste modo o filtro lento 2 forneceu água de pior qualidade que o filtro lento 1, no que tange a turbidez (Ver figura 43). Na tabela 34 podem ser visualizados os cálculos das distribuições de frequência referentes ao filtro lento 2.

TABELA 34 – Cálculos das distribuições de frequências de turbidez do efluente do filtro lento 2 carreira 3.

Classe	Limite Inferior(uT)	Limite Superior(uT)	Excel	Frequência absoluta	Frequência Relativa(%)	Frequência Acumulada(%)
1	0	2	1,9	6	7,69	7,69
2	2	4	3,9	63	80,77	88,46
3	4	6	5,9	3	3,85	92,31
4	6	8	7,9	4	5,13	97,44
5	8	10	9,9	0	0,00	97,44
6	10	12	12	2	2,56	100,00
				78	100,00

FIGURA 43 - Histograma de turbidez do efluente do filtro lento 2 durante desenvolvimento da carreira 3

Fonte: TABELA 34

A injeção da solução de substância húmica não causou variação significativa da turbidez no efluente do PFVA, como pode ser observado pela figura 44. Nota-se na referida figura a variação da turbidez no PFVA e nos pontos imediatamente a jusante do

mesmo, o FL1mont e o FL21mont. Conforme dito anteriormente, após o 60º dia de operação deixou-se de coletar água no ponto FL21 mont.

FIGURA 44 – Variações de turbidez nos efluentes do PFVA, FL1 mont e FL2 mont ao longo da carreira 3

Fonte: TABELA F.1

Os dados de turbidez da carreira 3 podem ser apreciados na tabela F.1 e na figura 45.

FIGURA 45 – Variações da turbidez em função do tempo de operação para água bruta e efluentes das unidades da FiME durante a carreira 3

Fonte: TABELA F.1

5.2.2. Coliformes totais e *Escherichia Coli*

Em se tratando de coliformes totais o PFD promoveu remoção média de 55,43 % e o PFVA de 84,47 %. As maiores médias de remoções em pré-filtros dinâmicos encontradas por VERAS (1999) foram de 67,6 e 41%. VISSCHER et al (1996), afirmam que um PFVA em camadas, operando com taxas de filtração de 7 a 18 m/d, pode alcançar remoção de coliformes totais na faixa de 70 a 98 %.

Os filtros lentos 1 e 2, apresentaram médias de remoção iguais a 98,7 e 93 %, sendo verificada remoção de 96,8 % no efluente da seção FL13. A elevada remoção de CT no ponto FL13 evidencia a importância do “schmutzdecke” na redução de microrganismos, visto que tal ponto estava situado entre o começo da camada de carvão e o final da camada de areia, que tinha espessura de 30 cm no início da carreira 1. No final da carreira 1 e da carreira 2, a camada de areia acima do ponto FL13 foi raspada

para limpeza do filtro, sendo removidos cerca de três centímetros de areia em cada limpeza. Destarte, sobraram na carreira 3, em torno de 24 cm de camada de areia, que foram responsáveis, pela alta remoção média apresentada, comprovando que a atividade biológica é mais pronunciada no topo do meio filtrante.

O filtro lento 1 foi estatisticamente melhor que o filtro lento 2 na remoção de CT e não foram encontradas diferenças significativas entre FL11 e FL13 e FL13 e FL21. (tabelas de C.7 a C.11).

Pela tabela 35, pode-se notar a eficiência das unidades da FiME e da seção FL13 na redução de coliformes.

TABELA 35 – Resultados de coliformes totais em NMP/100 mL carreira 3

Data	*TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
31.08.00	9	4884	3130	547,5	10,9	44,8	16,1
14.09.00	23	6131	1067	488,4	4,1	31,1	13,5
21.09.00	29	5794	3255	461,1	31,3	25,9	5,2
28.09.00	36	4611	2419,2	183,5	4,1	5,2	3,1
05.10.00	43	10462,4	4884	461,1	5,2	20,1	14,8
11.10.00	49	6810	1968	328,2	2,0	11,0	12,1
19.10.00	57	6867	3441	272,3	1,0	3,1	19,9
27.10.00	65	12033,1	2987	344,1	1,0	2,0	23,8
01.11.00	70	8800	2613	461,1	0	4,1	43,5
09.11.00	78	15530,7	8664	613,1	0	8,6	135,4
13.11.00	82	24192	15530,7	2419,2	0	18,9	387,3

*TO: tempo de operação (d)

Os dados da tabela 35 estão plotados na figura 46. Para melhor visualização, os dados de coliformes foram colocados em escala logarítmica.

FIGURA 46 – Variações de coliformes totais em função do tempo de operação para água bruta e efluentes das unidades da FiME durante a carreira 3

Fonte: TABELA 35

Os resultados de E.Coli, foram coerentes com o que é geralmente citado pela literatura, haja vista que se verificou alta redução do parâmetro em tela nas unidades de filtração lenta. VERAS (1999) encontrou na filtração lenta percentuais médios de remoção acima de 99 %. Não se identificou diferenças estatísticas significativas de remoção de E.Coli entre FL11, FL13 e FL21 (tabelas C.12 e C.13). No PFD a remoção média alcançada foi de 61,3 % e no PFVA de 78,2 %. No filtro lento 1, na seção FL13 e no filtro lento 2, as remoções variaram nas faixas de 94,3 - 100, 89,7 - 100 e 78,8 - 100 %, respectivamente. Na tabela 36, pode ser detectada a importância da maturidade biológica do filtro lento na remoção de microrganismos, uma vez que após nove dias de operação o filtro lento 1 produziu água sem E.Coli, com exceção do 57º dia. O valor máximo de E.Coli encontrado no efluente do ponto FL13 foi 2 NMP/100mL e no filtro lento 2 de 3,1 NMP/100mL.

TABELA 36 – Resultados de *Escherichia Coli* para a água bruta e efluentes das unidades da FiME em NMP/100mL na carreira 3

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
31.08.00	9	262,0	73,8	29,4	0,0	2,0	1,0
14.09.00	23	200,0	97,0	14,6	0,0	0,0	3,1
21.09.00	29	203,0	122,3	20,9	0,0	1,0	0,0
28.09.00	36	209,0	86,0	18,7	0,0	0,0	0,0
05.10.00	43	860,0	228,0	86,0	0,0	1,0	0,0
11.10.00	49	410,0	156,0	30,5	0,0	1,0	1,0
19.10.00	57	368,0	135,0	17,5	1,0	0,0	0,0
27.10.00	65	402,0	161,6	33,1	0,0	0,0	0,0
01.11.00	70	310,0	111,2	19,5	0,0	2,0	0,0
09.11.00	78	1014,0	325,5	27,2	0,0	0,0	0,0
13.11.00	82	1669,0	2359,0	686,7	0,0	0,0	0,0

Na figura 47 estão os dados de E.Coli em função do tempo de operação

FIGURA 47 – Variações de *Escherichia Coli* em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME ao longo da carreira 3

Fonte: TABELA 36

É importante ressaltar que a Portaria Nº 1469, de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências, em seu capítulo IV, do padrão de potabilidade, Art. 11, estabelece que :

⇒ A água potável, na saída do sistema de tratamento, deve ter ausência de coliformes totais em 100 mL.

A mesma portaria, no mesmo capítulo citado, Art. 12, estabelece que:

⇒ Para garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, o valor máximo permitido de

turbidez, em 95 % das amostras, para tratamento de água por filtração lenta deverá ser de 2 uT.

DI BERNARDO et al (1999) recomendam que o efluente do filtro lento apresente turbidez menor que 5 uT, e valores do NMP/100 mL para coliformes totais e E.Coli inferiores, respectivamente, a 100 e 25, para que o mesmo seja encaminhado para etapa de desinfecção, pois a qualidade bacteriológica da água é mais importante que o parâmetro turbidez. Os dados obtidos na carreira 3 reforçam as afirmações dos autores e questionam o que é estabelecido, para turbidez, pela Portaria Nº 1469, uma vez que mesmo não tendo atendido o estabelecido para o referido parâmetro, os filtros promoveram alta remoção de coliformes totais e E.Coli, e não houve etapa subsequente de desinfecção.

5.2.3. *Bactérias heterotróficas*

Efetuando-se cálculos estatísticos, não foram constatadas diferenças significativas de remoção de bactérias heterotróficas - BH entre os filtros lentos e o efluente da seção FL13.(tabela C.15).

O PFD apresentou remoção média de 44% e o PFVA de 62 %. O filtro lento 1, filtro lento 2 e a seção FL13, promoveram remoção média de 35,5, 50 e 10 %. Na tabela 37, os dados de BH podem ser observados.

TABELA 37 – Resultados de bactérias heterotróficas em UFC/100 ml carreira 3

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
31.08	9	7380	355	28,70	12,00	37,20	17,70
21.09	29	372	239	35,50	15,60	27,60	4,50
05.10	43	738	738	50,70	18,30	50,70	28,70
19.10	57	372	29,9	50,7	28,7	33,9	19,5
27.10	65	507	555	35,5	44	23,1	16,6
01.11	70	738	355	73,8	62,3	73,8	62,3

A figura 48 mostra os dados de BH em função do tempo de operação do sistema.

FIGURA 48 – Variações no número de bactérias heterotróficas em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA 37

5.2.4. Sólidos suspensos totais

Não se verificou diferenças estatísticas significativas entre os filtros lentos e a seção FL13, na remoção de sólidos suspensos totais.(tabela C.17).

O PFD e o PFVA removeram em média 56 e 48 %. Na filtração lenta, médias de remoção iguais a 76,8, 79,74 e 71,45 %, foram encontradas para o filtro lento 1, filtro lento 2 e seção FL13, nesta ordem.(tabela C. 16).

Na tabela 38 é apresentado um resumo dos valores de SST. Todos os dados de SST procedentes da carreira 3 podem ser apreciados na tabela F.2 e na figura 49

TABELA 38 – Resumo dos valores de sólidos suspensos totais (mg/l) para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Valores	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
Máximo	4,00	0,72	0,29	0,03	0,00	0,00
Médio	10,29	4,35	1,97	0,39	0,54	0,36
Mínimo	16,40	8,67	5,80	0,74	1,77	1,48

FIGURA 49 – Variações na concentração de sólidos suspensos totais em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA F.2

5.2.5. Cor aparente

A introdução da solução de substância húmica causou um aumento médio de 29,7 % na cor aparente do efluente do PFVA. Essa constatação foi possível comparando-se os dados do efluente do PFVA, com os dados do FL1 mont até o 60º, e a partir daí

passou-se a comparar os dados do PFVA, com os dados do PFVAsh, por causa da injeção de ozônio, visto que a coluna de ozonização estava situada a montante dos pontos FL11 mont e FL21 mont e a jusante do ponto PFVAsh. O aumento da cor aparente no efluente do PFVA pode ser visto na figura 49.

FIGURA 50 - Aumento de cor aparente no efluente do PFVA em função do tempo de operação na carreira 3

Fonte: TABELA F.3

Os testes estatísticos revelaram que o filtro lento 1 foi significativamente melhor na remoção de cor aparente que o filtro lento 2 e a seção FL13 e que o filtro lento 2 foi melhor que a seção FL13. (tabelas de C.19 a C.22). De um modo geral, incluindo-se os dias em que houve dosagem de ozônio, o filtro lento 1 ocasionou remoção média de 73,9 %, o efluente da seção FL13 apresentou remoção de 49,6 % e o filtro lento 2 removeu 57,65 %. BAUER et al (1996) estudando filtros lentos com carvão ativado encontraram redução da ordem de 60 – 70 %. O PFD produziu remoção média de 22,53 e o PFVA de 43,4 %. A redução na cor aparente da água afluyente aos filtros lentos e a seção FL13,

pode ser apreciada na figura 51, onde estão plotados os dados de FL11, FL13, FL21, FL11 mont e FL21 mont.

FIGURA 51 - Variações de cor aparente nos efluentes dos filtros lentos e seção FL13 em função do tempo de operação na carreira 3

Fonte: TABELA F.3

A dosagem de ozônio, por si só, acarretou remoção média de 29 % e em apenas dois dias verificou-se remoção negativa, o que pode ter ocorrido por falhas experimentais.(tabela 39). Na tabela 39, podem ser vistos os dados de remoção com ozônio. Os dados negativos foram excluídos do cálculo da média de remoção.

TABELA 39 – Resultados de remoção de cor aparente por ozonização na carreira 3

TO	PFVAsh (uH)	FL11 mont (uH)	Remoção %
60	67	54	19,4
61	74	59	20,3
62	74	42	43,2
63	83	50	39,76
64	92	69	25
79	82	52	36,6
81	342	415	-17,6
82	188	184	2,1
83	223	123	44,8
84	155	173	-10,4
85	148	105	29

Na tabela 40 pode ser verificado um resumo dos dados de cor aparente obtidos da carreira 3.

TABELA 40 - Resumo dos valores de cor aparente em uH carreira 3

Valores	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1 mont	FL21 Mont	PFVA sh
Mínimo	100	87	50	7	15	12	42	54	67
Médio	173	135	85	26	51	42	103	101,8	112
Máximo	521	521	342	72	114	95	415	189	342

Na tabela F.3, estão inclusos todos os dados de cor aparente provenientes da carreira 3. A figura 52., mostra a variação do parâmetro em tela ao longo dos dias de operação do sistema de FiME .

FIGURA 52- Variações de cor aparente em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA F.3

5.2.6. Cor verdadeira e absorvância

No que diz respeito a cor verdadeira, a introdução da solução de substância húmica, causou um aumento médio de 44,53 % no efluente do PFVA, o que resultou numa água com cor verdadeira média de 65 uH. ODEGAARD (1996) estudando um processo de ozonização/biofiltração para remoção de substâncias húmicas, utilizou em seus experimentos um concentrado húmico natural, regenerado de uma instalação de troca iônica, que resultou na água de estudo cor verdadeira típica de 50 uH. O aumento da cor verdadeira na água efluente do PFVA, decorrente da introdução de substâncias húmicas, pode ser visto na figura 53.

FIGURA 53 - Valores de cor verdadeira no efluente do PFVA em função do tempo de operação na carreira 3

Fonte: TABELA F.4

Estatisticamente o filtro lento 1(incluindo-se nos cálculos os dados dos dias onde houve dosagem de ozônio) foi melhor na remoção de cor que o filtro lento 2 e a seção FL13, evidenciando a superioridade do carvão ativado granular inserido como leito “sanduíche” no processo de filtração lenta, em relação ao leito homogêneo de areia. (tabelas de C.23 a C.27). Tal resultado condiz com o que é apresentado pela literatura.(COLLINS et al 1996). Considerando-se todos os dados obtidos, com e sem aplicação de O_3 , o PFD e o PFVA apresentaram remoções médias de 14,14 % e 28,20 %, já o filtro lento 1, filtro lento 2 e a seção FL13 foram responsáveis por reduções médias na cor verdadeira de 70,48, 51,02 e 42,90 %. Na figura 54 pode ser visualizado a diferença entre o desempenho do filtro lento 1, o os outros dois pontos de coleta.

FIGURA 54 - Variações de cor verdadeira nos efluentes dos filtros lentos e seção FL13 em função do tempo de operação na carreira 3

Fonte: TABELA F.4

A aplicação de ozônio causou remoção que variou na faixa de 24,65 a 58,16 % (média de 43,09 %), conforme tabela 41.

TABELA 41 – Remoção de cor verdadeira por aplicação de ozônio na carreira 3

TO (d)	PFVA sh (uC)	FL11 mont(uC)	Remoção O3 (%)
64	57	31	45,61
79	61	27	55,73
81	112	83	25,89
82	73	55	24,65
83	98	41	58,16
84	81	46	43,21
85	91	47	48,35

Pode-se observar (tabela 42) pequenas diferenças de remoção para os filtros lentos e seção FL13, quando se compara os valores máximos, médios e mínimos, dos dados de remoção obtidos com e sem aplicação de ozônio. Parece que a dosagem de ozônio incrementou sensivelmente a remoção.

TABELA 42 – Dados de remoção mínima, média e máxima de cor verdadeira nos pontos FL11, FL13 e FL21, com e sem aplicação de ozônio.

Pontos	Remoção mínima (%)		Remoção média (%)		Remoção máxima (%)	
	O ₃		O ₃		O ₃	
FL11	52,05	60,9	70,22	74,75	83,61	90,32
FL13	19,30	26,08	42,79	45,18	59,32	71,08
FL21	28,21	15,21	51,10	49,02	67,16	78,31

É importante salientar que do 52º ao 64º dia de operação, não foi possível a determinação do parâmetro em questão, por falhas na centrífuga de bancada, por este motivo deixou-se de obter dados de cor em três dos onze dias onde houve uso do ozônio.

Na tabela 43 é apresentado um resumo dos dados de cor verdadeira da carreira 3, sendo que todos podem ser observados na tabela F.4 e na figura 55.

TABELA 43 – Resumo dos valores de cor verdadeira em uH da carreira 3

Valores	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 Mont	FL21 Mont	PFVA sh
Mínimo	34	32	20	3	10	9	27	39	43
Médio	59	51	37	18	36	31	62	66	66
Máximo	118	96	83	39	70	60	96	97	112

FIGURA 55 – Variações de cor verdadeira em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA F.4

Os resultados estatísticos mostraram que não houve diferença significativa entre os filtros lentos e que ambos foram melhores que a seção FL13 na redução de absorvância - 254 nm. (tabelas C.28 a C.33) Alguns resultados de redução, encontrados para PFD, PFVA e FL13 tiveram sinal negativo, o que sugere erros experimentais. Tais dados foram excluídos dos cálculos das médias.

Levando-se em conta, também, os dias onde houve injeção de ozônio, de um modo geral o PFD proporcionou remoção média de 3,53 %, o PFVA de 13,11 %, o filtro lento 1 de 74,39 %, o ponto FL13 de 32,87 % e o filtro lento 2 de 73,9 %. BAUER et al (1996) citam redução de 50 % na absorvância -254 nm, em filtro lento com carvão ativado sem aplicação de O_3

Em apenas três oportunidades determinou-se a absorvância de amostras ozonizadas, e os resultados encontrados demonstram redução média de 27,2 %. (tabela 44).

TABELA 44– Redução de absorvância pela aplicação de ozônio na carreira 3

TO	PFVAsh (uC)	FL11 mont (uC)	Remoção %
61	0,104	0,078	25
64	0,112	0,084	25
82	0,174	0,119	31,6092

Na tabela F.5, onde estão apresentados os dados de absorvância consequentes da carreira 3, nota-se, no 36º dia de operação, a presença de dois dados suspeitos iguais a 0,79 e 0,73 cm^{-1} , respectivamente na água bruta e no efluente do PFD. Esses dados foram excluídos dos cálculos estatísticos e da confecção gráfica apresentada na figura 56, pois os mesmos devem ser resultados de erros de leitura no equipamento.

Foram obtidos altos coeficientes de correlação linear positiva entre os dados de cor verdadeira e absorvância, reforçando o que diz a literatura sobre a importância de tais parâmetros como indicativos do conteúdo de material orgânico. Pelas figuras de D.1 a D.8, verifica-se que o aumento de cor verdadeira representou aumento da absorvância. Os coeficientes de correlação constam na tabela 45.

TABELA 45 - Coeficientes de correlação entre cor verdadeira e absorvância carreira 3

AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11mont	PFVA sh
0,81	0,87	0,91	0,83	0,80	0,81	0,81	0,77

FIGURA 56 – Variações de absorvância para água bruta e unidades de filtração na carreira 3

Fonte: TABELA F.5

5.2.7. Carbono orgânico dissolvido – COD

Resultados de remoção com sinal negativo foram encontrados para PFD, PFVA, FL13 e FL21, o que provavelmente ocorreu por erros nos procedimentos experimentais ou contaminação externa. Excluindo -se tais dados do cálculos, verifica-se que o PFD apresentou remoção média de 15,84 % e o PFVA de 28,82 %. Pelo método Anova, foram identificadas diferenças significativas de remoção de carbono orgânico dissolvido($p < 0,05$) entre os pontos FL11, FL13 e FL21. (tabela C.35). Tal é resultado é confirmado pela aplicação do teste-t : duas amostras para médias presumindo variâncias equivalentes, onde se verificou que o filtro lento 1, foi melhor que o filtro lento 2 (tabela C.37) e seção FL13 (tabela C.38) e que não houve diferença estatística entre os desempenhos de FL13 e FL21. (tabela C.39)

BAUER et al (1996) encontraram remoção de carbono orgânico total, em filtro lento com carvão ativado virgem como leito sanduíche, inicialmente na faixa de 90 %, declinando gradualmente ao longo do tempo e estabilizando na faixa de 30 - 40 %. Enquanto isso o filtro lento de controle, sem carvão ativado, operado pelos autores em paralelo nas mesmas condições removeu de 15 a 20 % de COT. Remoções de carbono orgânico dissolvido e absorvância da ordem de 70 ± 15 %, são reportadas por COLLINS et al (1996), em filtro lento piloto com carvão ativado sem pré-ozonização.

O filtro lento 1 acarretou remoção média de 62,15 % de COT, enquanto o filtro lento 2, sem carvão ativado, removeu 25,07 % e o ponto FL13, no filtro lento 1 antes da camada de carvão ativado, removeu 23,08 %, sendo mais uma vez aqui confirmada a eficiência do sistema carvão ativado sanduíche na remoção de conteúdo orgânico e a relativa ineficiência da filtração lenta em areia para remoção de COD.

GRAHAM (1999) afirma que em contraste com o que ocorre para cor, o COD não é substancialmente removido por ozônio diretamente, entretanto com a combinação de O_3 e filtração lenta em areia, valores de redução total acima de 50 % são reportados. Em apenas três ocasiões (61º, 64º e 82º dias de operação) foi determinado COD de amostras ozonizadas. Particularmente no dia 82º dia de operação, verificou-se que a aplicação de ozônio promoveu remoção de 3,37 % de COD, haja vista que o valor determinado para a amostra do PFVA sh (antes da coluna de ozonização) foi de 4,44 mgCOD/L e para amostra do FL11 mont (após a coluna de ozonização) foi de 4,29 mgCOD/L. Todavia quando se avalia os resultados obtidos nos efluentes do FL11, FL13 e FL21, verifica-se remoções totais de 88,7 %, 39 % e 46,1 % respectivamente, pois as análises revelaram valores de COD nesses pontos iguais a 0,5, 2,7 e 2,4 mg/L, fato que condiz com o que é reportado pelo último autor supracitado.

Com exceção filtro lento 1 e do ponto FL11 mont, os demais pontos de coleta mostraram fortes correlações positivas entre COD e absorvância (figuras de D.9 a D.15), conforme tabela 46.

TABELA 46 - Coeficientes de correlação entre carbono orgânico dissolvido e absorvância 254 nm carreira 3

AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont
0,82	0,82	0,70	0,43	0,77	0,79	0,36

Um resumo dos dados de COD é mostrado na tabela 47. Todos os resultados das determinações do parâmetro em tela da carreira 3 podem ser vistos na tabela F.6, e figura 57.

TABELA 47 – Resumo dos valores médios de carbono orgânico total em mg/L carreira 3

Valores	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont	PFVA sh
Máximo	5,03	5,03	4,63	1,67	3,60	4,65	4,30	4,44
Médio	2,37	2,28	2,17	0,93	2,09	2,12	2,25	3,26
Mínimo	1,05	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	2,08

FIGURA 57 – Variações de carbono orgânico dissolvido em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME carreira 3

Fonte: TABELA F.6

5.2.8. Oxigênio consumido – OC e Oxigênio dissolvido - OD

No caso de remoção de oxigênio consumido - OC, o filtro lento 1 foi significativamente melhor que o filtro lento 2 e a seção FL13, conforme é mostrado pelas tabelas de C.41 a C.44. O PFD e o PFVA acarretaram remoções médias de 25,5 e 23,51 %, respectivamente. O FL11, FL13 e FL21 removeram em média 80,27, 41,05 e 44,9 %.(tabela C.40)

Resultados muito interessantes foram encontrados quando se correlacionaram os dados de oxigênio consumido e absorvância, haja vista que conforme tabela 48 e figuras de D.16 a D.23 , com exceção do ponto FL11 mont, os demais dados dos pontos apresentaram forte correlação linear positiva. É importante ressaltar que os coeficientes de correlação determinados para água bruta e efluentes do PFD e PFVA, foram valores

muito próximos de 1, sendo portanto mais forte ainda a correlação entre os referidos parâmetros (figuras D.16, D.17 e D.18).

TABELA 48 - Coeficientes de correlação entre oxigênio consumido e absorvância – 254 nm carreira 3.

AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont	PFVA sh
0,93	0,95	0,95	0,84	0,76	0,79	0,58	0,94

Também encontrou-se fortes correlações entre OC e COD, como aprecia-se na tabela 49 e nas figuras de D.24 a D.30, menos para o FL11. Os dados de OC podem ser apreciados na tabela F.7 e na figura 58.

TABELA 49 - Coeficientes de correlação entre oxigênio consumido e carbono orgânico dissolvido carreira 3.

AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont
0,86	0,83	0,72	0,43	0,67	0,62	0,71

FIGURA 58 – Variações na concentração de oxigênio consumido em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME carreira 3

Fonte: TABELA F.7

Semelhante o que ocorreu na carreira 1, o filtro lento 1 causou redução expressiva na concentração de oxigênio dissolvido presente na água, o que pode ser atribuído a alguma reação química com o carvão ativado granular. Tal fenômeno não foi identificado no estudo realizado por VERAS (1999), entretanto é importante frisar que a autora usou carvão ativado com características diferentes. A redução de OD ocorreu até o final da carreira de filtração, o que permite concluir que até o referido momento não havia terminado a capacidade do CAG de adsorver impurezas. O filtro lento 1 ocasionou remoção média de OD igual 64,22 %. Os efluentes da seção FL13 e do filtro lento 2, apresentaram remoção média de 11,89 e 6,28 % respectivamente, provavelmente em decorrência da atividade biológica do meio aeróbio nos filtros.(tabela C.46) Na tabela 50 e na figura 59, pode-se verificar que o PFD e o PFVA não causaram alteração significativa da quantidade de OD na água.

TABELA 50 - Resultados de oxigênio dissolvido em mg/L para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

TO*	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21
9	8,2	8	8	8	7,5	7,7
23	7,6	7,3	7,6	2,7	6,2	6,9
27	7,7	7,4	7,4	2,7	6,6	6,9
33	7,7	7,6	7,6	3,1	7	7,3
40	7,9	7,2	7,5	2,3	6,9	7,3
49	6,3	6,1	6,3	2,5	5,7	5,9
54	7,1	7,6	7,5	2,1	6,5	7
61	7,3	7	6,9	0,2	7,3	7,2
68	7,6	7,3	7,4	1	6,8	7,2
75	7,2	6,9	6,9	1,2	5,2	5,9
82	7,4	7,6	7,2	3,5	7,8	7,7

*TO : Tempo de operação (d)

FIGURA 59 – Variações na concentração de oxigênio dissolvido em função do tempo de operação para a água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA 50

5.2.9. Ferro total

Relativo a ferro total, não foram constatadas diferenças significativas de remoção entre o filtro lento 1, filtro lento 2 e efluente da seção FL13. (tabela C.48). O filtro lento 1 removeu em média 74,50 %, o filtro lento 2 62,9 % e o efluente da seção FL13 apresentou remoção média de 57 %. Remoções médias iguais a 28,56 e 50,45 % foram encontradas para PFD e PFVA. O resultados de ferro são apresentados na tabela 51 e na figura 60.

TABELA 51 – Resultados de Ferro total em mg/L para água bruta e efluentes das unidades de filtração na carreira 3

Data	TO*	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont	PFVA sh
31.08	9	1,23	1,01	0,56	0,12	0,21	0,15	0,4	0
08.09	17	0	0	0	0	0	0	0	0
14.09	23	1,53	1,21	0,84	2,85	0,64	0,51	0,64	0
21.09	29	1,9	1,75	0,69	0,35	0,27	0,12	1,47	0
28.09	36	1,18	0,74	0,57	0,19	0,21	0,21	1,1	0
05.10	43	1,58	1,08	5,69	0,25	0,36	0,3	0,73	0
19.10	57	1,04	0,46	0,36	0	0	2,08	0,11	0,63
26.10	64	1,65	3,16	0,86	0,2	0,26	0,46	0,42	0,63
10.11	80	1,72	2,18	0	0	0	0,33	0	0

FIGURA 60 –Variações na concentração de ferro total em função do tempo de operação para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA 51

5.2.10 Fosfato

Alguns resultados de fosfato obtidos da carreira 3 mostraram-se suspeitos, o que pode ter ocorrido por falhas nas determinações experimentais, talvez por isso os testes estatísticos tenham revelado que o efluente da seção FL13 foi significativamente melhor em relação a remoção de fosfato que o filtro lento 1, e que não houve diferenças nos desempenhos de remoção entre FL11 e FL21 e entre FL13 e FL21.(tabelas de C.52 a C.54). Ao contrário do que ocorreu na carreira 1, não foi observado aumento da concentração de fosfato no efluente do filtro lento 1.

Verificou-se remoção média de 35 % no PFD e de 41,16 %, no PFVA. O filtro lento 1 removeu em média 31,70 %, o filtro lento 2 59,12 % e o efluente da seção FL13 apresentou remoção média de 67,22 %. O dados de fosfato são demonstrados na tabela 52 e na figura 61. Nesta última pode-se notar que os dados parecem confusos.

TABELA 52 – Resultados de fosfato em mg/L para água bruta e unidades de filtração na carreira 3

*TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont
9	0,0974	0,0686	0,0463	0,0574	0,0398	0,0345	
13	0,0857	0,0645	0,0269	0,0504	0,0222	0,0569	0,0563
23	0,1156	0,0857	0,0974	0,0486	0,0404	0,0551	
27	0,0904	0,0686	0,0392	0,0621	0,0457	0,0345	0,0674
33	0,0915	0,068	0,0398	0,051	0,0416	0,0363	0,0786
40	0,0333	0,0357	0,0404	0,0475	0,0739	0,1057	0,0704
47	0,0592	0,0345	0,0927	0,0175	0	0	0,0251
54	0,1027	0,0516	0,0457	0,021	0,0028	0,0116	0,0222
61	0,1098	0,0504	0,0316	0,0386	0,011	0,0216	0,0392
68	0,171	0,0589	0,027	0,0041	0,0047	0,0476	0,094
75	0,0821	0,0651	0,0286	0,0522	0,0298	0,028	
82	0,1786	0,1374	0,0874	0,0569	0,0957	0,0522	0,1697

FIGURA 61 – Variações na concentração de fosfato da água bruta e das unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA 52

5.2.11. Nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato

O filtro lento 1 foi significativamente melhor na remoção de nitrogênio amoniacal que o filtro lento 2 e a seção FL13. (tabelas C.58 e C.59). Não houve diferença entre os efluentes do filtro lento 2 e da seção FL13 (tabela C.60), na remoção do parâmetro em questão. O PFD promoveu remoção média de 19,87 % e PFVA de 32,05 %.

Remoções médias, iguais a 71,52, 47,89 e 44,56 %, foram encontradas nos efluentes do filtro lento 1, seção FL13 e filtro lento 2, nesta ordem. A injeção de substâncias húmicas causou um aumento médio de 28,5 % na concentração de nitrogênio amoniacal no efluente do PFVA. A tabela 53 permite a visualização dos dados oriundos da carreira 3.

TABELA 53 – Resultados de nitrogênio amoniacal em mg/L para água bruta e unidades de filtração na carreira 3

TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont	PFVA Sh
9	0,23	0,18	0,11	0,05	0,1	0,09	-	-
13	0,33	0,33	0,22	0,14	0,22	0,24	0,34	-
23	0,29	0,27	0,2	0,07	0,14	0,15	-	-
27	0,28	0,23	0,17	0,08	0,14	0,13	0,23	-
33	0,2	0,18	0,1	0,07	0,1	0,12	0,17	-
40	0,24	0,15	0,11	0,02	0,08	0,07	0,16	-
47	0,22	0,19	0,12	0,05	0,09	0,11	0,18	-
54	0,26	0,19	0,12	0,06	0,08	0,1	0,17	-
61	0,26	0,16	0,09	0,01	0,05	0,04	0,15	-
68	0,26	0,17	0,12	0,02	0,09	0,08	-	0,14
75	0,26	0,18	0,12	0,04	0,07	0,05	-	0,17
82	0,44	0,44	0,4	0,31	0,09	0,19	-	0,42

Na figura 62 os dados de nitrogênio amoniacal estão dispostos em função do tempo de operação do sistema.

FIGURA 62 – Variações da concentração de nitrogênio amoniacal em função do tempo de operação para água bruta e unidades de filtração na carreira 3

Fonte: TABELA 53

Relativo a nitrito o PFD garantiu remoção média de 32,7 % e o PFVA de 44,7 %. Com base nos resultados estatísticos verificou-se que o filtro lento 2 foi significativamente melhor na remoção de nitrito que o filtro lento 1, e que não houve diferenças entre FL13 e FL21 e FL11 e FL13 (tabela de C.62 a C.66). As remoções médias observadas no FL11, FL13 e FL21 foram de 43,45, 54,28 e 64,2 %. A injeção da solução de substância causou um aumento médio de 40,49 % na concentração de nitrito na água efluente do PFVA.

Pode observar os dados de nitrito na tabela 54 na figura 63.

TABELA 54 – Resultados de nitrito em mg/l carreira 3

TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1 mont	PFVA sh
9	-	-	0,0052	0,0006	0,0016	0,0008	-	-
13	0,0118	0,0082	0,0052	0,0022	0,0042	0,003	0,0073	-
23	0,0109	0,0088	0,0052	0,0026	0,0034	0,02	-	-
27	0,0086	0,0071	0,0037	0,024	0,0032	0,002	0,0056	-
33	0,0077	0,0056	0,0029	0,002	0,0022	0,0016	0,0051	-
40	0,077	0,0062	0,004	0,0018	0,022	0,018	0,0051	-
47	0,072	0,059	0,026	0,022	0,022	0,026	0,045	-
54	0,0101	0,0068	0,0032	0,0039	0,0021	0,0023	0,0057	-
61	0,0102	0,0063	0,0026	0,003	0,0016	0,0012	0,004	-
68	0,0133	0,0107	0,0048	0,0041	0,003	0,0016	0,0074	-
75	-	0,0068	0,0038	0,006	0,0025	0,0017	0,006	0,0021
82	0,0094	0,0112	0,0094	0,0018	0,0045	0,0039	-	0,049

FIGURA 63 –Variações na concentração de nitrito para água bruta e unidades de filtração na carreira 3

Fonte: TABELA 54

A respeito da remoção de nitrato, mas uma vez o filtro lento 1 foi estatisticamente melhor que o filtro lento 2 e o ponto FL 13, como pode-se apreciar nas tabelas de C.67 a C.72. Não foi encontrada diferença significativa de remoção entre FL13 e FL21. As remoções médias de nitrato encontradas para FL11, FL13 e FL21, foram de 42,45, 23,95 e 24,19 %. Para o PFD, os dados obtidos revelaram aumento da concentração de nitrato, entretanto tal fato deve ter ocorrido por erros experimentais. No PFVA verificou-se remoção média de 8,17 %

Os dados de nitrato resultantes da carreira 3, são mostrados na tabela 55. A dosagem da solução de substância húmica, resultou em um aumento médio de 17,66 % na concentração de nitrato. Na figura 64 podem ser observados os dados de nitrato em função do tempo.

TABELA 55 – Resultados de nitrato em mg/L para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont	PFVA sh
9	0,7307	0,7587	0,7026	0,5351	0,7302	0,6473		
13	1,1075	1,2202	1,2328	0,754	1,3232	1,3604	1,2392	
23	0,8867	0,883	0,8774	0,4736	0,8532	0,808	1,0255	
27	0,8076	0,8257	0,6441	0,8928	0,8066	1,0143		
33	0,733	0,7028	0,679	0,6362	0,7	0,6459	0,8653	
40	0,6743	0,679	0,6422	0,4182	0,6035	0,577	0,7889	
47	0,6827	0,679	0,6552	0,5733	0,6399	0,5961	0,8271	
54	0,6082	0,6087	0,563	0,5816	0,6012	0,5565	0,1531	
61	0,4764	0,5337	0,4424	0,4154	0,2822	0,3353	0,4699	
68	0,5784	0,6292	0,5877	0,244	0,5779	0,7042	0,7922	
75	0,495	0,5141	0,4564	0,373	0,5318	0,5095	0,6893	0,4582
82	1,0479	1,0582	1,0037	0,4065	0,7815	0,7177	0,9743	1,217

FIGURA 64 – Variações na concentração de nitrato para água bruta e unidades da FiME na carreira 3

Fonte: TABELA 55

5.2.12 pH e acalindade

A adição da solução substâncias húmicas causou aumento do pH do efluente do PFVA, que variou na faixa de 0,14 a 8,9 % (média de 2,53 %), o que foi atribuído ao uso de NaOH na preparação da referida solução, conforme citado anteriormente. (Materiais e métodos).

Quando se avalia separadamente os dias em que houve a introdução de ozônio, percebe-se que o mesmo causou diminuição do pH, que variou entre 0,61 e 4,62 %.(média de 2,58 %).

Como pode ser observado na tabela F.8, onde estão apresentados os resultados da carreira 3, o PFD e PFVA não causaram variações expressivas no pH da água bruta. Nota-se também que as unidades de filtração lenta promoveram decréscimos no potencial hidrogênionico, fato que foi observado por VERAS (1999) e que supostamente

ocorreu pela respiração aeróbia de bactérias com conseqüente introdução de CO₂ na massa líquida. Essa diminuição do pH (figura 65), ocasionado pela filtração lenta, foi mais acentuada no filtro lento 1, o que sugere maior atividade biológica no mesmo e talvez alguma reação química com carvão ativado.

A alcalinidade do efluente do PFVA sofreu um aumento médio de 13,21 % com a injeção da substância húmica. Pelos dados locados na tabela 56, pode notar que as unidades de pré-filtração e filtração lenta não causaram variação excessiva da alcalinidade.

TABELA 56 – Resultados de alcalinidade em mg/L para água bruta e unidades de filtração na carreira 3

TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1 mont
9	7,36	6,67	5,98	7,36	2,30	6,90	7,82
13	5,98	5,98	5,98	8,28	8,28	7,36	7,82
23	6,90	6,90	7,82	8,28	8,74	9,20	8,93
27	7,36	6,90	7,36	8,28	5,52	8,74	6,90
33	8,28	7,59	7,82	6,90	8,97	8,05	8,28
40	6,90	6,90	6,90	7,36	8,05	8,28	7,36
47	8,97	8,05	8,51	8,28	8,51	9,43	9,66
54	6,67	6,67	7,82	6,44	8,97	8,74	8,28
61	9,89	10,58	12,19	14,72	7,82	7,82	12,42
68	7,13	6,90	7,13	6,79	7,71	6,90	7,71
75	6,90	7,82	6,44	5,98	8,28	6,90	8,28
82	4,14	3,22	4,14	9,66	6,90	6,90	5,52

FIGURA 65 –Variações do valores de pH nos efluentes dos filtros lentos e seção FL13 na carreira 3

Fonte: TABELA F.8

5.2.13. Condutividade elétrica

Os dados de condutividade oriundos da carreira 3, que podem ser vistos na tabela F.9, assemelham-se aos resultados da carreira 1. Também neste caso não se nota variações consideráveis do parâmetro citado, quando se compara os dados de água bruta e dos efluentes das unidades da FiME.

5.2.14. Temperatura

Na carreira 3 foram encontradas temperaturas mais baixas que na carreira 1, como pode ser visto na tabela 68, entretanto tal situação foi verificada apenas no 12º dia de operação (tabela F.10) e não chegou a afetar a eficiência das unidades de filtração, como foi observado por MOLL et al. (1999), que estudaram filtros lentos em escala de

bancada, operados em paralelo nas temperaturas de 5, 20 e 35 °C, tratando água de fonte superficial. Os pesquisadores concluíram que a remoção de matéria orgânica foi significativamente menor no filtro operado a 5 °C, em comparação com os filtros operados a 20 e 35 °C que tiveram resultados similares. Na tabela 68 um resumo dos dados de temperatura da carreira 3 pode ser visualizado.

TABELA 57 – Resumo dos valores de temperatura em °C carreira 3

Valores	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1 mont	FL2 mont	PFVA sh
Máximo	30,0	29,0	32,0	32,0	32,0	33,0	32,0	32,0	30,0
Média	23,0	23,6	24,5	24,3	24,5	24,3	24,8	24,3	25,5
Mínimo	16,0	17,0	14,0	15,0	13,0	14,0	14,0	15,0	20,0

5.2.15 Perda de carga

Não foi possível averiguar que interferência o ozônio poderia causar no desenvolvimento da perda de carga dos filtros lentos, haja vista que o mesmo começou a ser aplicado literalmente no final da carreira 3 e além disso o processo foi prejudicado por problemas técnicos no equipamento de ozonização.

Opostamente ao que ocorreu que na carreira 1, a carga hidráulica disponível para o filtro lento 2 acabou primeiro que a do filtro lento 1 e assim deu-se por encerrada a carreira para ambos os filtros. (ver figuras 66 e 67).

FIGURA 66 – Desenvolvimento da perda de carga do filtro lento 1 na carreira 3

FIGURA 67 – Desenvolvimento da perda de carga no filtro lento 2 na carreira 3

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos, relativos à carreira 1, concluiu-se que:

- a) Não houve diferenças significativas entre os filtros lentos com relação a remoção de turbidez, coliformes totais, *Escherichia Coli*, sólidos suspensos totais, cor aparente, carbono orgânico dissolvido, ferro total, nitrogênio amoniacal e nitrito;
- b) O filtro lento 1, dotado de meio filtrante composto de carvão ativado granular e areia, foi superior na remoção de cor verdadeira, absorvância, oxigênio consumido e nitrato em relação ao filtro lento 2, com meio filtrante de areia apenas;
- c) Os dados amostrais do filtro lento 2 e da seção FL13, apresentaram correlações entre cor verdadeira e absorvância mais fortes que o filtro lento 1, apesar deste ter apresentado maior remoção dos referidos parâmetros;
- d) A camada de carvão ativado no filtro lento 1 causou remoção média de 56% na concentração de oxigênio dissolvido, o que sugere alguma reação química com o CAG, haja visto que tal fato não foi verificado nas outras unidades do sistema;
- e) A unidades da FiME não causaram variação expressiva de pH, temperatura, alcalinidade e condutividade elétrica, em relação à água bruta.

Com relação à carreira 3, concluiu-se que:

- a) Não houve diferenças significativas entre os filtros lentos na remoção de *Escherichia Coli*, bactérias heterotróficas, sólidos suspensos totais, ferro total e absorvância;
- b) O filtro lento 1 foi estatisticamente melhor na remoção de turbidez que o filtro lento 2 e o ponto FL13. Em 97,44 % dos dias a turbidez do efluente do filtro lento 1 foi consistentemente menor que 5 uT, em 48,72 % menor que 2 uT e em 43,59 % esteve compreendida entre 2 e 4. Todavia no filtro lento 2 92,31 % dos dados oriundos do efluente do mesmo estiveram abaixo de 5 uT, 7,69 % foram menores que 2 uT e 80,77 % ficaram na faixa de 2 a 4 uT;
- c) Para coliformes totais, cor aparente, cor verdadeira, carbono orgânico dissolvido, oxigênio consumido, nitrogênio amoniacal e nitrato o filtro lento 1 também apresentou melhor desempenho que o filtro lento 2. A camada de carvão ativado granular presente no filtro lento 1 deve ter sido a causadora da eficiência superior do mesmo em relação ao filtro lento 2;
- d) O fato dos filtros lentos não terem atendido o que preconiza a Portaria Nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, do Ministério da Saúde, para o parâmetro turbidez, não significou depreciação da qualidade bacteriológica da água efluente;
- e) Com exceção de FL11 e FL11 mont, os demais pontos apresentaram fortes correlações positivas entre COD e absorvância. Entre oxigênio consumido e COD também verificou-se fortes correlações, exceto para FL11;
- f) O decréscimo significativo na concentração de oxigênio dissolvido ocorrido no filtro lento 1 indica que até o final da carreira não havia terminado a capacidade adsortiva do CAG;

- g) A introdução da solução de substância húmica no efluente do PFVA causou aumento médio de 29,7 % na cor aparente, 44,53 % na cor verdadeira e de 2,53 % no pH;
- h) A unidades da FiME não causaram alterações significativas nos valores de alcalinidade, temperatura e condutividade elétrica.
- i) A aplicação de ozônio causou remoção média de cor verdadeira de 43,09 % e parece ter incrementado sensivelmente a remoção do referido parâmetro nos efluentes dos filtros lentos. O ozônio também promoveu redução de 27,2 % na absorvância e quando combinado com a filtração lenta mostrou melhores resultados na remoção de COD.

Com base no trabalho realizado recomenda-se que:

- a) No começo das pesquisas seja sempre realizada uma carreira de filtração sem adição de produtos químicos ou oxidantes, uma vez que a carreira 1 desenvolvida neste trabalho mostrou-se, de importância capital para as carreiras subseqüentes;
- b) cuidado na manipulação das amostras nas unidades laboratoriais para evitar possível contaminação nas mesmas, principalmente no que se refere a determinação de ferro total, COD e fosfato
- c) estudar o fenômeno da variação de fosfato nos efluentes dos filtros lentos
- d) que o material húmico a ser utilizado seja preparado no mínimo com dois meses de antecedência ao início da parte experimental e que sejam

caracterizadas as substâncias húmicas, diferenciando-se tamanho das moléculas e grupos funcionais;

- e) sejam efetuadas carreiras inteiras de filtração lenta com aplicação de diferentes dosagens de ozônio, avaliando-se o desenvolvimento da perda de carga e a interferência da temperatura;
- f) sejam estudadas as questões de adsorção no CAG utilizado, concomitantemente com o desenvolvimento do trabalho
- g) que se pesquise a introdução de uma unidade de CAG posteriormente às unidades de filtração lenta
- h) a Portaria Nº 1469 do Ministério da Saúde seja reformulada no que se refere ao parâmetro turbidez, para que o limite estabelecido para filtração lenta seja de 5 uT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, M.N. (1948). The Quest for Pure Water. *Journal AWWA*, v.1

BAUER, M.J. et al. (1996). GAC Enhanced slow sand filtration (GAC Sandwich).
In: ADVANCES IN SLOW SAND AND ALTERNATIVE BIOLOGICAL
FILTRATION. John Wiley and Sons, England, april, 1996

BELLAMY, W.D.; HENDRICKS, D. W.; LOGSDON, G.S. (1985). Slow Sand
Filtration: Influences of Some Selected Process Variables. *Journal American
Water Works Association*, v.77, n.12, p. 62-66, december.

CAMEL, V.; BERMOND, A.(1998). The use of ozone and associated oxidation
processes in drinking water treatment. *Water Research*, v.32, n.11, p.3208-
3222.

CANEPA, L. (1982). *Filtros de Arena en Acueductos Rurales*. Informe Final.
CEPIS/OMS/OPS. Lima, Peru.

CLESCERL, S. L et al. (1985). *Standard Methods for the Examination of Water and
Wastewater*. 16 Th edition, APHA, AWWA and WEF, Whashington D.C.

COLLAZOS, A.E.A.P.(1990). *Pré-filtração de pedregulho e areia grossa de fluxo
descendente como pré-tratamento de filtro lento de areia*. São Carlos.
Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de
São Paulo.

- COLLINS, R.M. et al.(1992). Removing natural organic matter by conventional slow sand filtration. *Journal American Water Works Association*. v.84, n.5, p.80-90. May.
- COLLINS, R.M. et al.(1996). Using granular media amendments to enhance NOM removal. *Journal American Water Works Association*. v.88, n.12, p. 48-61, december
- DI BERNARDO, L. (1993). *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro, ABES, v.2, p.281-401.
- DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. (1999). *Tratamento de Águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas*. Rio de Janeiro, ABES.
- DI BERNARDO, L.; ROCHA, O. (1990). Remoção de algas em pré-filtro de fluxo ascendente com meio granular e pedregulho de areia grossa. In: IV SIMPÓSIO LUSO –BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Belo Horizonte, Brasil.
- FOGEL, D. et al. (1993). Removing Giardia and Cryptosporidium by slow sand Filtration. *Journal of American Water Works Association*, v.85, n.11, p.77-85.
- GALVIS, G.; FERNÁNDEZ, J.;VISSCHER, J.T.(1992). Comparative study of different pretreatment alternatives. In: ROUGHING FILTRATION IN WATER TREATMENT. June, Zurich, Switzerland.
- GALVIS, G.;DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.(1998). Filtração em múltiplas etapas no tratamento de águas de abastecimento. In: SIMPÓSIO LUSO –BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

- GALVIS, G.;LATORRE, J.; VISSCHER, J.T.(1999). *Filtración en múltiples etapas: Tecnología innovativa para el tratamiento de agua*. Santiago de Cali, Artes gráficas de Univalle.
- GRAHAM, N.J.D.(1999). Removal of humic substances by oxidation/biofiltration processes – A review. *Water Science & Technology*, v.40, n.9, p.141- 48.
- HAARHOFF, J.; CLEASBY, J.L.(1991). Biological and physical mechanisms in slow sand filtration. In: LOGSDON, G.S.(ed.) *SLOW SAND FILTRATION*, ASCE, New York.
- HAZEN, A. (1913). *The Filtration of Water Public Supplies*. 3.ed. New York, Jhon Wiley and Sons
- HESPANHOL, I. (1969). *Investigação sobre o comportamento e aplicabilidade de filtros lentos no Brasil*. São Paulo, 163p. Tese (Doutorado) Faculdade de Higiene e Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- HUISMAN,L.; WOOD, W.E.; (1974). *Slow Sand Filtration*. Geneva. World Health Organization.
- LAPPONI, JUAN CARLOS (1997).*Estatística usando Excel 5 e 7*. São Paulo, Lapponi Treinamento e Editora.
- LATORRE, J.;GALVIS. J.; VISSCHER, J.T. (1996). Performance evaluation of dynamic roughing filtration. In: *ADVANCES IN SLOW SAND AND ALTERNATIVE BIOLOGICAL FILTRATION*. John Wiley and Sons, England, april, 1996.
- LLOYD, B. (1996). La vigilância y control de la calidad del agua: El desarrollo de una herramienta de gestión en el sector. In: *CONFERENCIA*

INTERNACIONAL SOBRE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA. Cali, de 30 de abril a 4 de maio, Colômbia.

MALLEY, J.P. et al.(1993). The performance and microbiology of ozone-enhanced biological filtration. *Journal American Water Works Association*. v.85, n.12,p. 47-57, december

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria Nº 1469 de 29 de dezembro de 2000.*Diário Oficial nº 1, Brasília, 02/01/01*.Seção 1, pág.19 e *Diário Oficial nº7, Brasília, 10/01/01*.Seção 1, pág.26.

MOLL, D.M. (1999). Impact of temperature on drinking water biofilter performance and microbial community structure .*Environmental Science & Technology*,v.33, n.14, p.2377-2382.

OWEN, D.M. et al.(1995). NOM characterization and treatability. *Journal American Water Works Association*. v.87, n.1, p. 46-63, january.

RICE, R.G. et al.(1981). Uses of ozone in drinking water treatment. *Journal American Water Works Associaton*. v.73, n.1, p.44-56.January.

SINGER, P.C.(1999). Humic substances as precursors for potentially harmful disinfection by-products. *Water Science & Technology*, v.40, n.9, p.25-30.

TOLEDO, A. P. P. (1973). *Contribuição ao estudo físico-químico de ácido húmico extraído de sedimento*. São Paulo. 112p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo.

TOMINAGA, M.Y.; MIDIO, A .F. (1999). Exposição humana a trialometanos presentes em água tratada. *Revista de Saúde Pública*, v.33, n.4, p.413-21, agosto.

- VERAS, L.R.V.(1999). *Tratamento de água superficial por meio de diferentes alternativas da tecnologia de filtração em múltiplas etapas*. São Carlos. 246 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- VISSCHER, J.T.; GALVIS, G.; LATORRE, J.(1996). Filtración en multiples etapas –FiME: bondades e limitaciones. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA. Cali, de 30 de abril a 4 de maio, Colômbia.
- WEBER, W.J.J.; JODELLAH, A.M.(1985). Removing humic substances by chemical treatment and adsorption. *Journal American Water Works*, v.77, n.4 p.132-37. April.

ANEXO A
Resultados Estatísticos
Carreira 1

TABELA A.1 – Cálculos da médias de remoção de turbidez para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	77	3195,8	41,503	521,37
R%FL13	77	2044,1	26,546	526,34
R%FL21	77	3033	39,389	432,83

TABELA A.2 – Análise de variância para remoção de turbidez (FL11, FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	10090	2	5045,1	10,223	6E-05	3,0354
Dentro dos grupos	112522	228	493,52			
Total	122612	230				

TABELA A.3 – Teste z para turbidez

	R%FL11	R%FL21
Média	41,503	39,389
Variância conhecida	521,37	432,83
Observações	77	77
Hipótese	0	
Z	0,6006	
P(Z<=z) uni-caudal	0,2741	
z crítico uni-caudal	1,6449	
P(Z<=z) bi-caudal	0,5481	
z crítico bi-caudal	1,96	

TABELA A.4 – Teste -z para turbidez

	R%FL11	R%FL13
Média	41,503	26,546
Variância conhecida	521,37	526,34
Observações	77	77
Hipótese	0	
Z	4,0548	
P(Z<=z) uni-	3E-05	
z crítico uni-	1,6449	
P(Z<=z) bi-caudal	5E-05	
z crítico bi-caudal	1,96	

TABELA A.5 – Teste -z para turbidez

	R%FL21	R%FL13
Média	39,389	26,546
Variância conhecida	432,83	526,34
Observações	77	77
Hipótese	0	
Z	3,6388	
P(Z<=z) uni-caudal	0,0001	
z crítico uni-caudal	1,6449	
P(Z<=z) bi-caudal	0,0003	
z crítico bi-caudal	1,96	

TABELA A.6 – Cálculos da médias de remoção de coliformes totais para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	11	885,0733	80,46121	362,604
R%FL13	11	812,4837	73,86216	661,8072
R%FL21	11	910,1704	82,74276	293,9175

TABELA A.7– Análise de variância para remoção de coliformes totais para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

ANOVA:fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	467,9329	2	233,9665	0,532416	0,59263	3,315833
Dentro dos grupos	13183,29	30	439,4429			
Total	13651,22	32				

TABELA A.8 – Cálculos da médias de remoção de E.Coli para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	11	937,4129	85,21935	138,421
R%FL13	11	740,3534	67,30485	713,3803
R%FL21	11	877,7869	79,79881	268,0694

TABELA A.9 – Análise de variância para remoção de E.Coli para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1856,838	2	928,419	2,487124	0,100137	3,315833
Dentro dos grupos	11198,71	30	373,2902			
Total	13055,54	32				

TABELA A.10 – Cálculos da médias de remoção de SST para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	16	858,1833	53,63646	2680,119
R%FL13	16	836,0578	52,25362	1983,756
R%FL21	16	1162,858	72,67864	659,0082

TABELA A.11 – Análise de variância para remoção de SST para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	Gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	4169,058	2	2084,529	1,174849	0,318159	3,20432
Dentro dos grupos	79843,26	45	1774,295			

TABELA A.12 – Cálculos da médias de remoção de cor aparente para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	37	1537,557	41,55559	424,9016
R%FL13	37	1017,1	27,48919	413,2286
R%FL21	37	1253,176	33,86961	450,0747

TABELA A.13 – Análise de variância para remoção de cor aparente para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	3670,987	2	1835,494	4,274538	0,016346	3,080388
Dentro dos grupos	46375,38	108	429,4016			
Total	50046,36	110				

TABELA A.14– Teste –z para cor aparente

	R%FL11	R%FL21
Média	41,55559	33,86961
Variância conhecida	424,9016	450,0747
Observações	37	37
Hipótese da	0	
Z	1,580527	
P(Z<=z) uni-caudal	0,056993	
Z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0,113986	

TABELA A.15 – Teste –z para cor aparente

	R%FL11	R%FL13
Média	41,55559	27,48919
Variância conhecida	424,9016	413,2286
Observações	37	37
Hipótese	0	
Z	2,95548	
P(Z<=z) uni-	0,001561	
z crítico uni-	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0,003122	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA A.16 – Teste –z para cor aparente

	R%FL13	R%FL21
Média	27,48919	33,86961
Variância conhecida	413,2286	450,0747
Observações	37	37
Hipótese da diferença de média	0	
Z	-1,3209	
P(Z<=z) uni-caudal	0,093268	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0,186536	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA A.17 – Cálculos das médias de remoção de cor verdadeira para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	14	826,6892	59,04923	238,9323
R%FL13	14	553,2587	39,51848	174,5861
R%FL21	14	564,2286	40,30204	191,1405

TABELA A.18 – Análise de variância para remoção de cor verdadeira(FL11,FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	3423,098	2	1711,549	8,491806	0,000868	3,2381
Dentro dos grupos	7860,566	39	201,553			
Total	11283,66	41				

TABELA A.19 – Testes –F para cor verdadeira na carreira 1

	R%FL11	R%FL13		R%FL11	R%FL21		R%FL21	R%FL13
Média	59,04923	39,51848	Média	59,04923	40,30204	Média	40,30204	39,51848
Variância	238,9323	174,5861	Variância	238,9323	191,1405	Variância	191,1405	174,5861
Observações	14	14	Observações	14	14	Observações	14	14
gl	13	13	Gl	13	13	Gl	13	13
F	1,368564		F	1,250035		F	1,094821	
P(F<=f) uni-caudal	0,289868		P(F<=f) uni-caudal	0,34669		P(F<=f) uni-caudal	0,43637	0
F crítico uni-caudal	2,576925		F crítico uni-caudal	2,576925		F crítico uni-caudal	2,576925	

TABELA A.20 – Teste –T para cor verdadeira
Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL21
Média	59,04923	40,30204
Variância	238,9323	191,1405
Observações	14	14
Variância agrupada	215,0364	
Hipótese	0	
Gl	26	
Stat t	3,382432	
P(T<=t) uni-caudal	0,001142	
t crítico uni-caudal	1,705616	
P(T<=t) bi-caudal	0,002284	

TABELA A.21 – Teste –T para cor verdadeira
Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL13
Média	59,04923	39,51848
Variância	238,9323	174,5861
Observações	14	14
Variância agrupada	206,7592	
Hipótese	0	
Gl	26	
Stat t	3,593647	
P(T<=t) uni-	0,000668	
t crítico uni-	1,705616	
P(T<=t) bi-l	0,001336	

TABELA A.22 – Teste –T para cor verdadeira (FL13 e FL21)
Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL13	R%FL21
Média	39,51848	40,30204
Variância	174,5861	191,1405
Observações	14	14
Variância agrupada	182,8633	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	26	
Stat t	-0,15331	
P(T<=t) uni-caudal	0,43967	
t crítico uni-caudal	1,705616	
P(T<=t) bi-caudal	0,879341	
t crítico bi-caudal	2,055531	

TABELA A.23 – Cálculos das médias de remoção de absorvância para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	10	583,0634678	58,30635	264,4262
R%FL13	10	221,8679509	22,1868	140,1013
R%FL21	10	152,5690272	15,2569	376,8709

TABELA A.24 – Análise de variância para remoção de absorvância (FL11, FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	10686,33	2	5343,167	20,5138	3,82E-06	3,354131
Dentro dos grupos	7032,586	27	260,4661			

TABELA A.25– Testes –F para absorvância

	R%FL21	R%FL11		R%FL21	R%FL13		R%FL11	R%FL13
Média	17,475	59,884	Média	17,47599	23,09217	Média	59,8849	23,0921
Variância	339,33	230,165	Variânc	339,3318	119,264	Variânci	230,165	119,264
Observações	12	12	Observa	12	12	Observa	12	12
gl	11	11	gl	11	11	gl	11	11
F	1,4742		F	2,845207		F	1,92987	
P(F<=f)	0,2652		P(F<=f)	0,048504		P(F<=f)	0,14533	
uni-caudal			uni-caudal			uni-caudal		
F crítico	2,81792		F crítico	2,817927		F crítico	2,81792	
			caudal					

TABELA A.26– Testes –T para absorvância

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	%RFL21
Média	59,88491862	17,47599
Variância	230,1652779	339,3319
Observações	12	12
Variância agrupada	284,7485805	
Hipótese	0	
Gl	22	
Stat t	6,15605	
P(T<=t) uni-caudal	1,69584E-06	
t crítico uni-caudal	1,717144187	
P(T<=t) bi-caudal	3,39167E-06	

TABELA A.27– Testes –T para absorvância

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL13
Média	59,88491862	23,09217
Variância	230,1652779	119,2644
Observações	12	12
Variância	174,7148252	
Hipótese	0	
Gl	22	
Stat t	6,81825082	
P(T<=t)	3,76309E-07	
t crítico uni-	1,717144187	
P(T<=t) bi-	7,52618E-07	

TABELA A.28– Testes –T para absorvância

Presumindo-se variâncias diferentes

	R%FL13	R%FL21
Média	23,09217051	17,47599
Variância	119,2643724	339,3319
Observações	12	12
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	18	
Stat t	0,908482155	
P(T<=t) uni-caudal	0,187813562	
t crítico uni-caudal	1,734063062	
P(T<=t) bi-caudal	0,375627125	

TABELA A.29- Cálculo das médias de remoção de COD para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	11	410,0203	37,27457	1091,60036
R%FL13	11	75,85781	6,896165	942,522824
R%FL21	11	214,0126	19,45569	1170,46133

TABELA A.30- Análise de variância para remoção de COD (FL11, FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA:fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5126,373	2	2563,187	2,39954961	0,107969	3,315833
Dentro dos grupos	32045,85	30	1068,195			
Total	37172,22	32				

TABELA A.31 – Teste – T para COD

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL21
Média	37,27457	19,4556864
Variância	1091,6	1170,46133
Observações	11	11
Variância agrupada	1131,031	
Hipótese	0	
Gl	20	
Stat t	1,242581	
P(T<=t) uni-caudal	0,114197	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,228395	
t crítico bi-caudal	2,085962	

TABELA A.32 – Teste – T para COD

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL13
Média	37,27457	6,896165
Variância	1091,6	942,5228
Observações	11	11
Variância	1017,062	
Hipótese	0	
Gl	20	
Stat t	2,233946	
P(T<=t) uni-	0,018533	
t crítico uni-	1,724718	
P(T<=t) bi-	0,037066	
t crítico bi-	2,085962	

TABELA A.33 – Teste – T para remoção de COD

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL13	R%FL21
Média	6,896165	19,45569
Variância	942,5228	1170,461
Observações	11	11
Variância agrupada	1056,492	
Hipótese	0	
Gl	20	
Stat t	-0,90619	
P(T<=t) uni-caudal	0,187811	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,375622	
t crítico bi-caudal	2,085962	

TABELA A.34- Cálculo das médias de remoção de OC para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	7	538,246	76,8923	419,0631
R%FL13	7	160,756	22,9651	825,9467
R%FL21	7	69,1498	9,87854	808,9247

TABELA A.35- Análise de variância para remoção de OC (FL11,FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	17663,88	2	8831,94	12,90003	0,000334	3,55456109
Dentro dos grupos	12323,61	18	684,645			

TABELA A.36- Testes –F para remoção de OC na carreira 1

	R%FL13	%RFL11		R%FL13	R%FL21		R%FL21	%RFL11
Média	22,96514	76,89227	Média	22,96514	9,878539	Média	9,878539	76,89227
Variânci	825,9467	419,0631	Variânci	825,9467	808,9247	Variânci	808,9247	419,0631
Observa	7	7	Observa	7	7	Observa	7	7
Gl	6	6	gl	6	6	Gl	6	6
F	1,970936		F	1,021043		F	1,930317	
P(F<=f)	0,214731		P(F<=f)	0,49024		P(F<=f)	0,221758	s
F crítico	4,283862		F crítico	4,283862		F crítico	4,283862	

TABELA A.37 – Teste – T para OC

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%RFL11	R%FL21
Média	76,89227	9,878539
Variância	419,0631	808,9247
Observações	7	7
Variância agrupada	613,9939	
Hipótese	0	
Gl	12	
Stat t	5,059596	
P(T<=t) uni-caudal	0,00014	
t crítico uni-caudal	1,782287	
P(T<=t) bi-caudal	0,00028	
t crítico bi-caudal	2,178813	

TABELA A.38 – Teste – T para e OC

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%RFL11	R%FL13
Média	76,89227	22,9651447
Variância	419,0631	825,946680
Observação	7	7
Variância	622,5049	
Hipótese da	0	
Gl	12	
Stat t	4,043616	
P(T<=t) uni-	0,000814	
t crítico	1,782287	
P(T<=t) bi-	0,001629	
t crítico bi-	2,178813	

TABELA A.39 – Teste – T para OC (FL13 e FL21)

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL13	R%FL21
Média	22,9651	9,87854
Variância	825,947	808,925
Observações	7	7
Variância agrupada	817,436	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	12	
Stat t	0,85632	
P(T<=t) uni-caudal	0,2043	
t crítico uni-caudal	1,78229	
P(T<=t) bi-caudal	0,4086	
t crítico bi-caudal	2,17881	

TABELA A.40- Cálculo das médias de remoção de OD para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
rf11%	7	377,6726	53,95323	156,5509737
rf13%	7	5,620858	0,80298	4,386070175
rf121%	7	13,84784	1,978263	7,507210537

TABELA A.41- Cálculo das médias de remoção de ferro para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	4	218,2366	54,55916	1023,212
R%FL13	4	296,1034	74,02585	259,0496
R%FL21	4	281,8164	70,45411	506,7442

TABELA A.42- Análise de variância para remoção de ferro (FL11,FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	859,1455	2	429,5727	0,720355	0,512633	4,256492
Dentro dos grupos	5367,016	9	596,3351			
Total	6226,162	11				

TABELA A.43- Cálculo das médias de remoção de nitrogênio amoniacal para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	5	257,0887	51,41775	1285,403
R%FL13	5	158,6471	31,72941	967,1411
R%FL21	5	177,7327	35,54654	1034,141

TABELA A.44- Análise de variância para remoção de nitrogênio amoniacal (FL11,FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	Gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1090,161	2	545,0803	0,497535	0,620034	3,88529
Dentro dos grupos	13146,74	12	1095,562			
Total	14236,9	14				

TABELA A.45- Cálculo das médias de remoção de nitrito para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	5	322,6455	64,5291	1042,218
R%FL13	5	119,8214	23,96427	2350,076
R%FL21	5	107,7768	21,55535	1038,214

TABELA A.46- Análise de variância para remoção de nitrito (FL11,FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA: fato único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5830,086	2	2915,043	1,973843	0,18151	3,88529
Dentro dos grupos	17722,03	12	1476,836			
Total	23552,12	14				

TABELA A.47- Cálculo das médias de remoção de nitrato para FL11, FL13 e FL21 na carreira 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	5	399,6202011	79,92404	107,4291
R%FL13	5	66,25499464	13,251	72,14171
R%FL21	5	-5,906463162	-1,18129	455,7341

TABELA A.48- Análise de variância para remoção de nitrato (FL11,FL13 e FL21) na carreira 1

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	Gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	18719,43415	2	9359,717	44,1979	2,916E-06	3,88529
Dentro dos grupos	2541,219327	12	211,7683			
Total	21260,65348	14				

TABELA A.49- Testes –F para nitrato (FL11,FL13 e FL21) na carreira 1

	R%FL21	R%FL11		R%FL21	R%FL13		R%FL11	R%FL13
Média	-1,18129	79,92404	Média	-1,18129	13,251	Média	79,92404	13,251
Variânci	455,7341	107,4291	Variância	455,7341	72,14171	Variância	107,4291	72,14171
Observa	5	5	Observaç	5	5	Observaç	5	5
Gl	4	4	Gl	4	4	gl	4	4
F	4,242186		F	6,317206		F	1,489139	
P(F<=f)	0,095285		P(F<=f)	0,050926		P(F<=f)	0,354515	
uni-caudal			uni-caudal			uni-caudal		
F crítico	6,388234		F crítico	6,388234		F crítico	6,388234	

TABELA A.50 – Teste – T para nitrato

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL21
Média	79,924040	-1,1812926
Variância	107,4290	455,7340
Observações	5	5
Variância agrupada	281,5815	
Hipótese	0	
Gl	8	
Stat t	7,6421808	
P(T<=t) uni-caudal	3,030E-05	
t crítico uni-caudal	1,85954	
P(T<=t) bi-caudal	6,061E-05	
t crítico bi-caudal	2,306005	

TABELA A.51 – Teste – T para nitrato

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL13
Média	79,92404022	13,251
Variância	107,4290547	72,14171
Observações	5	5
Variância	89,78538239	
Hipótese	0	
Gl	8	
Stat t	11,12544656	
P(T<=t) uni-	1,90404E-06	
t crítico uni-	1,85954832	
P(T<=t) bi-	3,80809E-06	
t crítico bi-	2,306005626	

TABELA A.52 – Teste – T para nitrato

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL13	R%FL21
Média	13,251	-1,181292632
Variância	72,14171	455,734067
Observações	5	5
Variância agrupada	263,9379	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	1,404606	
P(T<=t) uni-caudal	0,098877	
t crítico uni-caudal	1,859548	
P(T<=t) bi-caudal	0,197755	

ANEXO B
Gráficos de correlação
Carreira 1

FIGURA B.1 – Correlação entre cor verdadeira e absorvância para água bruta na carreira 1

Fonte: Tabelas E.3 e E.4

FIGURA B.2 – Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do PFD na carreira 1

Fonte: Tabelas E.3 e E.4

FIGURA B.3 – Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do PFVA na carreira 1

Fonte: Tabelas E.3 e E.4

FIGURA B.4 – Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do filtro lento 1 na carreira 1

Fonte : Tabelas E.3 e E.4

FIGURA B.5 – Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente da seção FL13 na carreira 1

Fonte: Tabelas E.3 e E.4

FIGURA B.6 – Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do filtro lento 2 na carreira 1

Fonte: Tabelas E.3 e E.4

FIGURA B.7 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para água bruta na carreira 1
Fonte: Tabelas E.4 e 20

FIGURA B.8– Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente do PFD na carreira 1
Fonte: Tabelas E.4 e 20

FIGURA B.9 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente do PFVA na carreira 1
Fonte: Tabelas E.4 e 20

FIGURA B.10 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente do filtro lento 1 na carreira 1
 Fonte: Tabelas E.4 e 20

FIGURA B.11 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente da seção FL13 na carreira 1
 Fonte: Tabelas E.4 e 20

FIGURA B.12 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente do filtro lento 2 na carreira 1
 Fonte: Tabelas E.4 e 20

ANEXO C
Resultados Estatísticos
Carreira 3

TABELA C.1 – Cálculos da médias de remoção de turbidez para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	78	5516,84	70,73	97,84
R%FL13	78	3918,88	50,24	187,45
R%FL21	78	4644,05	59,54	124,72

TABELA C.2 – Análise de variância para remoção de turbidez (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	16414,9425	2	8207,47123	60,0539968	9,972E-22	3,0349198
Dentro dos grupos	31570,3526	231	136,668193			
Total	47985,2951	233				

TABELA C.3 – Teste z para turbidez

	R%FL11	R%FL21
Média	70,7286631	59,53908
Variância conhecida	97,8353536	124,7151
Observações	78	78
Hipótese da diferença	0	
Z	6,62440662	
P(Z<=z) uni-caudal	1,7525E-11	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	3,5049E-11	
z crítico bi-caudal	1,95996108	

TABELA C.4 – Teste z para turbidez

	R%FL11	R%FL13
Média	70,72866307	50,24203
Variância conhecida	97,8353536	187,4541
Observações	78	78
Hipótese da	0	
z	10,71210913	
P(Z<=z) uni-caudal	0	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0	
z crítico bi-caudal	1,959961082	

TABELA C.5 – Teste z para turbidez

	R%FL13	R%FL21
Média	50,2420317	59,53908
Variância conhecida	187,454108	124,7151
Observações	78	78
Hipótese	0	
Z	-4,6472635	
P(Z<=z) uni-caudal	1,6836E-06	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	3,3674E-06	
z crítico bi-caudal	1,95996108	

TABELA C.6 – Cálculos da médias de remoção de coliformes totais para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	11	1085,7101	98,7009181	3,90384936
R%FL13	11	1064,49526	96,7722965	6,77239468
R%FL21	11	1022,82904	92,9844585	43,7185882

TABELA C.7 – Análise de variância para remoção de coliformes totais(FL11, FL13 e FL21)

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	186,065765	2	93,0328824	5,13097726	0,01211703	3,31583294
Dentro dos grupos	543,948322	30	18,1316107			
Total	730,014087	32				

TABELA C.8 – Testes –F para coliformes totais

	R%FL21	R%FL11		R%FL21	R%FL13		R%FL13	R%FL11
Média	92,98446	98,70092	Média	92,98446	96,7723	Média	96,7723	98,70092
Variância	43,71859	3,903849	Variância	43,71859	6,772395	Variância	6,772395	3,903849
		a			a			
Observações	11	11	Observações	11	11	Observações	11	11
gl	10	10	gl	10	10	gl	10	10
F	11,19884	F	6,455411	F	1,734799			
P(F<=f)	0,000352	P(F<=f)	0,003414	P(F<=f)	0,199217			
F crítico	2,97824	F crítico	2,97824	F crítico	2,97824			

TABELA C.9 – Teste – t para coliformes totais
Presumindo-se variâncias diferentes

	R%FL11	R%FL21
Média	98,70092	92,98446
Variância	3,903849	43,71859
Observações	11	11
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	12	
Stat t	2,747373	
P(T<=t) uni-caudal	0,008844	
t crítico uni-caudal	1,782287	
P(T<=t) bi-caudal	0,017688	
t crítico bi-caudal	2,178813	

TABELA C.10 – Teste – t para CT
Presumindo-se variâncias diferentes

	R%FL21	R%FL13
Média	92,98446	96,7723
Variância	43,71859	6,772395
Observações	11	11
Hipótese da diferença de média	0	
gl	13	
Stat t	-1,76799	
P(T<=t) uni-caudal	0,050254	
t crítico uni-caudal	1,770932	
P(T<=t) bi-caudal	0,100508	
t crítico bi-caudal	2,160368	

TABELA C.11 – Teste – t para coliformes

Presumindo-se variâncias equivalentes

	R%FL11	R%FL13
Média	98,70092	96,7723
Variância	3,903849	6,772395
Observações	11	11
Variância agrupada	5,338122	
Hipótese da	0	
Gl	20	
Stat t	1,957646	
P(T<=t) uni-caudal	0,032186	
t crítico uni-caudal	1,724718	
P(T<=t) bi-caudal	0,064372	
t crítico bi-caudal	2,085962	

TABELA C.12 – Cálculos da médias de remoção de E.Coli para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	11	1094,28571	99,4805195	2,96846011
R%FL13	11	1073,7147	97,6104273	12,3655461
R%FL21	11	1072,08707	97,4624613	40,2323976

TABELA C.13 – Análise de variância para remoção de E.Coli (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA:fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	27,8362242	2	13,918112	0,75143132	0,48036187	3,31583294
Dentro dos grupos	555,664038	30	18,522134			
Total	583,500262	32				

TABELA C.14 – Cálculos da médias de remoção de bactérias heterotróficas para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
FL11	6	213,1813	35,53022	1147,343
FL13	6	60,70247	10,11708	615,2628
FL21	6	299,4045	49,90075	580,2214

TABELA C.15 – Análise de variância para remoção de Bactérias heterotróficas(FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4870,162	2	2435,08	3,11813	0,073722	3,682317
Dentro dos grupos	11714,13	15	780,942			
Total	16584,3	17				

TABELA C.16 – Cálculos da médias de remoção de SST para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	21	1612,892	76,80436	123,0517
R%FL13	21	1500,387	71,44699	253,9269
R%FL21	21	1674,54	79,74002	436,7988

TABELA C.17 – Análise de variância para remoção de SST(FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	742,6582	2	371,3291	1,36890	0,262214	3,150411
Dentro dos grupos	16275,55	60	271,2591			
Total	17018,21	62				

TABELA C.18 – Cálculos da médias de remoção de cor aparente para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	77	5693,352	73,93964	50,70641
R%FL13	77	3821,592	49,63107	94,23339
R%FL21	77	4439,206	57,65203	73,35296

TABELA C.19 – Análise de variância para remoção de cor aparente (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	23626,91	2	11813,46	162,3525	1,45E-44	3,035438567
Dentro dos grupos	16590,25	228	72,76426			
Total	40217,16	230				

TABELA C.20 – Teste- z para cor aparente

	R%FL11	R%FL21
Média	73,93964	57,65203
Variância conhecida	50,70641	73,35296
Observações	77	77
Hipótese	0	
Z	12,83182	
P(Z<=z) uni-caudal	0	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA C.21 – Teste- z para cor aparente

	R%FL11	R%FL13
Média	73,93964	49,63107
Variância	50,70641	94,23339
Observações	77	77
Hipótese	0	
z	17,71785	
P(Z<=z) uni-caudal	0	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA C.22 – Teste- z para cor aparente

	R%FL13	R%FL21
Média	49,63107	57,6520251
Variância conhecida	94,23339	73,35296
Observações	77	77
Hipótese	0	
Z	-5,43691	
P(Z<=z) uni-caudal	2,72E-08	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	5,43E-08	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA C.23 – Cálculos da médias de remoção de cor verdadeira para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	66	4666,134	70,69899	61,54757
R%FL13	66	2840,965	43,04492	98,23029
R%FL21	66	3357,889	50,87711	101,4948

TABELA C.24 – Análise de variância para remoção de cor verdadeira (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	26817,96	2	13408,98	153,9653	7,60912E-41	3,042231
Dentro dos grupos	16982,72	195	87,09089			
Total	43800,68	197				

TABELA C.25 – Teste- z para cor verdadeira

	R%FL11	R%FL21
Média	70,69899	50,87711
Variância conhecida	61,54757	101,4948
Observações	66	66
Hipótese da	0	
z	12,6115	
P(Z<=z) uni-caudal	0	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA C.26 – Teste- z para cor verdadeira

	R%FL11	R%FL13
Média	70,69899	43,04492
Variância conhecida	61,54757	98,23029
Observações	66	66
Hipótese da	0	
z	17,77349	
P(Z<=z) uni-caudal	0	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	0	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA C.27 – Teste- z para cor verdadeira

	R%FL13	R%FL21
Média	43,04492	50,87711
Variância conhecida	98,23029	101,4948
Observações	66	66
Hipótese da	0	
z	-4,50234	
P(Z<=z) uni-caudal	3,363E-06	
z crítico uni-caudal	1,644853	
P(Z<=z) bi-caudal	6,727E-06	
z crítico bi-caudal	1,959961	

TABELA C.28 – Cálculos da médias de remoção de absorvância para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
% R FL11	18	1338,954	74,38633	48,59549
% R FL13	17	558,8759	32,87505	142,7242
% R FL21	18	1330,286	73,90475	1545,397

TABELA C.29 – Análise de variância para remoção de absorvância (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	19669,84	2	9834,92	16,73661	2,73E-06	3,182606179
Dentro dos grupos	29381,45	50	587,629			
Total	49051,29	52				

TABELA C.30 – Testes-F para absorvância

	%RFL21	%RFL13		%RFL21	%RFL11		%RFL13	% R FL11
Média	73,90475	32,87505	Média	73,90475	74,38632	Média	32,87505	74,386327
Variânci	1545,397	142,7241	Variânci	1545,397	48,59549	Variânci	142,7242	48,595491
Observa	18	17	Observaç	18	18	Observaç	17	18
gl	17	16	gl	17	17	gl	16	17
F	10,82785		F	31,80123		F	2,936984	
P(F<=f)	8,84E-06		P(F<=f)	1,32E-09		P(F<=f)	0,016923	
uni-caudal			uni-caudal			uni-caudal		
F crítico	2,316725		F crítico	2,271893		F crítico	2,2888	

TABELA C.31 – Teste – t para absorvância

Presumindo-se variâncias diferentes

	% R FL11	% R FL21
Média	74,38632781	73,90475
Variância	48,59549124	1545,397
Observações	18	18
Hipótese da	0	
gl	18	
Stat t	0,051175033	
	P(T<=t) uni-caudal	0,479875
	t crítico uni-caudal	1,734063
	P(T<=t) bi-caudal	0,95975
	t crítico bi-caudal	2,100924

TABELA C.32 – Teste – t para absorvância

Presumindo-se variâncias diferentes

	% R FL11	% R FL13
Média	74,3863278	32,87505
Variância	48,5954912	142,7242
Observações	18	17
Hipótese da	0	
gl	25	
Stat t	12,4622589	
	P(T<=t) uni-caudal	1,59E-12
	t crítico uni-caudal	1,70814
	P(T<=t) bi-caudal	3,18E-12
	t crítico bi-caudal	2,059537

TABELA C.33 – Teste – t para absorvância

Presumindo-se variâncias diferentes

	% R FL13	% R FL21
Média	32,87505	73,9047516
Variância	142,7242	1545,39653
Observações	17	18
Hipótese da	0	
gl	20	
Stat t	-4,22625	
	P(T<=t) uni-caudal	0,000207
	t crítico uni-caudal	1,724718
	P(T<=t) bi-caudal	0,00041
	t crítico bi-caudal	2,085962

TABELA C.34 – Cálculos da médias de remoção de COD para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
%R FL11	16	994,3285	62,14553	297,2153
%R FL13	13	299,9974	23,07672	175,9071
%R FL21	10	250,7245	25,07245	210,9959

TABELA C.35 – Análise de variância para remoção de COD (FL11, FL13 e FL21)

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	13792,55	2	6896,274	29,31785	2,78263E-08	3,259444
Dentro dos grupos	8468,078	36	235,2244			
Total	22260,63	38				

TABELA C.36 – Testes- F para COD na carreira 3

	%R FL11	%R FL13		%R FL11	%R FL21		%R FL21	%R FL13
Média	62,14553	23,07672	Média	62,14553	25,07245	Média	25,07245	23,07672
Variânc	297,2153	175,9071	Variânc	297,2153	210,9959	Variância	210,9959	175,9070
				4				
Observ	16	13	Observa	16	10	Observaç	10	13
gl	15	12	Gl	15	9	gl	9	12
F	1,689615	F	1,4086311	F	1,199473			
P(F<=f)	0,182588	P(F<=f)	0,3074312	P(F<=f)	0,376056			
F crítico	2,616851	F	3,0061073	F crítico	2,796376			
uni-		crítico		uni-	caudal			
		uni-						

TABELA C.37 – Teste – t para COD

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL11	%R FL21
Média	62,14553235	25,07245
Variância	297,2153342	210,9959
Observações	16	10
Variância agrupada	264,8830296	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	24	
Stat t	5,650735786	
P(T<=t) uni-caudal	4,04493E-06	
t crítico uni-caudal	1,710882316	
P(T<=t) bi-caudal	8,08987E-06	
t crítico bi-caudal	2,063898137	

TABELA C.38 – Teste – t para COD

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL11	%R FL13
Média	62,14553	23,07672
Variância	297,2153	175,9071
Observações	16	13
Variância agrupada	243,3006	
Hipótese	0	
gl	27	
Stat t	6,707973	
P(T<=t) uni-caudal	1,68E-07	
t crítico uni-caudal	1,703288	
P(T<=t) bi-caudal	3,35E-07	
t crítico bi-caudal	2,051829	

TABELA C.39- Teste-t para COD

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL13	%R FL21
Média	23,07672	25,07245
Variância	175,9071	210,9959
Observações	13	10
Variância agrupada	190,9451	
Hipótese	0	
gl	21	
Stat t	-0,34336	
P(T<=t) uni-caudal	0,367369	
t crítico uni-caudal	1,720744	
P(T<=t) bi-caudal	0,734739	
t crítico bi-caudal	2,079614	

TABELA C.40 – Cálculos da médias de remoção de OC para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	19	1525,176	80,27244	211,3026
R%FL13	19	779,9265	41,04876	613,0205
R%FL21	17	763,7625	44,9272	536,7304

TABELA C.41 – Análise de variância para remoção de OC (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	17523,1832	2	8761,59	19,44901	4,9394E-07	3,175145
Dentro dos grupos	23425,5009	52	450,490			
Total	40948,6841	54				

TABELA C.42 – Testes –F para oxigênio consumido na carreira 3

	%FL13	%FL11		%FL13	%FL21		%FL21	%FL11
Média	41,04876	80,27244	Média	41,04876	44,92720	Média	44,9272	80,27243
Variânci	613,0204	211,3026	Variânci	613,0205	536,7303	Variânci	536,7304	211,3025
	6			6			8	
Observa	19	19	Observaç	19	17	Observaç	17	19
gl	18	18	Gl	18	16	Gl	16	18
F	2,901149		F	1,142139		F	2,540103	
	7							
P(F<=f)	0,014649		P(F<=f)	0,397639		P(F<=f)	0,029769	
uni-			uni-			uni-c		
F crítico	2,217198		F crítico	2,30164		F crítico	2,249585	
uni-	7		uni-			uni-		
caudal			caudal			caudal		

TABELA C.43– Teste – t para OD

Presumindo-se variâncias equivalentes
equivalentes

	R%FL11	R%FL21
Média	80,2724361	44,9272
Variância	211,302586	536,7304
Observações	19	17
Hipótese da diferença de média	0	
gl	26	
Stat t	5,40940681	
P(T<=t) uni-caudal	5,7222E-06	
t crítico uni-caudal	1,70561634	
P(T<=t) bi-caudal	1,1444E-05	
t crítico bi-caudal	2,05553079	

TABELA C.44 – Teste – t para OD

Presumindo-se variâncias

	R%FL13	R%FL11
Média	41,04876	80,27244
Variância	613,0205	211,3026
Observações	19	19
Hipótese da diferença de média	0	
gl	29	
Stat t	-5,95493	
P(T<=t) uni-caudal	9,01E-07	
t crítico uni-caudal	1,699127	
P(T<=t) bi-caudal	1,8E-06	
t crítico bi-caudal	2,045231	

TABELA C.45 – Teste-t para OD

Presumindo-se variâncias diferentes

	R%FL13	R%FL21
Média	41,04876	44,92720
Variância	613,0205	536,7303
Observações	19	17
Variância agrupada	577,1192	
Hipótese da diferença	0	
gl	34	
Stat t	-0,48359	
P(T<=t) uni-caudal	0,31589	
t crítico uni-caudal	1,690923	
P(T<=t) bi-caudal	0,631779	
t crítico bi-caudal	2,032243	

TABELA C.46 – Cálculos da médias de remoção de OD para FL11, FL13 e FL21 na carreira

3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
% R FL11	11	706,434	64,22128	633,1539
%R FL13	9	106,9795	11,88661	36,4014
%R FL21	9	56,54265	6,282516	14,26427

TABELA C.47 – Cálculos da médias de remoção de ferro para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R%FL11	6	447,0521	74,50869	261,36
R%FL13	7	398,8219	56,97456	1127,321
R%FL21	5	314,4624	62,89249	747,871

TABELA C.48 – Análise de variância para remoção de ferro (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1010,365	2	505,1824	0,685011	0,519176	3,682317
Dentro dos grupos	11062,21	15	737,4808			
Total	12072,58	17				

TABELA C.49 – Cálculos da médias de remoção de fosfato para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
%R FL11	9	285,3094	31,70105	991,4404
%R FL13	8	537,7705	67,22132	644,2366
% R FL21	7	413,8771	59,1253	389,1269

TABELA C.50 – Análise de variância para remoção de fosfato (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fato único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5912,244	2	2956,122	4,201327	0,029191	3,466795
Dentro dos grupos	14775,94	21	703,6162			
Total	20688,18	23				

TABELA C.51 – Testes F para fosfato na carreira 3

	%RFL11	%RFL13		%RFL11	%RFL21		%RFL13	%RFL21
Média	31,70105	67,22132	Média	31,70105	59,1253	Média	67,22132	59,1253
Variância	991,4404	644,2366	Variância	991,4404	389,1269	Variância	644,2366	389,1269
Observaç	9	8	Observaç	9	7	Observaç	8	7
gl	8	7	Gl	8	6	gl	7	6
F	1,538938		F	2,547859		F	1,655595	
P(F<=f)	0,291697		P(F<=f)	0,135387		P(F<=f)	0,277859	
uni-caudal			uni-caudal			uni-caudal		
F crítico	3,725717		F crítico	4,146813		F crítico	4,206669	
uni-caudal			uni-caudal			uni-caudal		

TABELA C.52– Teste – t para fosfato

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL11	% R FL21
Média	31,70105	59,1253
Variância	991,4404	389,1269
Observações	9	7
Variância agrupada	733,306	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	14	
Stat t	-2,00957	
P(T<=t) uni-caudal	0,032079	
t crítico uni-caudal	1,761309	
P(T<=t) bi-caudal	0,064158	
t crítico bi-caudal	2,144789	

TABELA C.53– Teste – t para fosfato

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL11	%R FL13
Média	31,70105	67,22132
Variância	991,4404	644,2366
Observações	9	8
Variância agrupada	829,4119	
Hipótese	0	
gl	15	
Stat t	-2,53824	
P(T<=t) uni-caudal	0,011361	
t crítico uni-caudal	1,753051	
P(T<=t) bi-caudal	0,022721	
t crítico bi-caudal	2,131451	

TABELA C.54– Teste – t para fosfato

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL13	% R FL21
Média	67,22132	59,1253
Variância	644,2366	389,1269
Observações	8	7
Variância agrupada	526,4936	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	13	
Stat t	0,681747	
P(T<=t) uni-caudal	0,253682	
t crítico uni-caudal	1,770932	
P(T<=t) bi-caudal	0,507363	
t crítico bi-caudal	2,160368	

TABELA C.55 – Cálculos da médias de remoção de nitrogênio amoniacal para FL11, FL13 e FL21

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
%R FL11	9	382,0861	42,45401	310,4952
%R FL13	8	191,6729	23,95911	51,50037
% R FL21	8	193,5276	24,19095	32,93185

TABELA C.56 – Análise de variância para remoção de nitrogênio amoniacal (FL11, FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1945,867	2	972,9337	6,960855	0,004547	3,443361
Dentro dos grupos	3074,987	22	139,7722			
Total	5020,855	24				

TABELA C.57 – Testes –F para nitrogênio amoniacal na carreira 3

	%RFL11	%RFL13		%RFL11	%RFL21		%RFL13	%RFL21
Média	42,45401	23,95911	Média	42,45401	24,19095	Média	23,95911	24,19095
Variânci	310,4952	51,50037	Variância	310,4952	32,93185	Variância	51,50037	32,93185
a								
Observa	9	8	Observaç	9	8	Observaç	8	8
ção			õ			õ		
gl	8	7	gl	8	7	gl	7	7
F	6,028991		F	9,428417		F	1,563847	
P(F<=f)	0,01426		P(F<=f)	0,003902		P(F<=f)	0,284823	
uni-			uni-			uni-		
caudal			caudal			caudal		
F crítico	3,725717		F crítico	3,725717		F crítico	3,787051	
uni-			uni-			uni-		
caudal			caudal			caudal		

TABELA C.58– Teste – t para N.amoniacal

Presumindo-se variâncias diferentes

	%R FL11	%R FL13
Média	42,45401	23,95911
Variância	310,4952	51,50037
Observações	9	8
Hipótese da diferença	0	
de média		
gl	11	
Stat t	2,890639	
P(T<=t) uni-caudal	0,007345	
t crítico uni-caudal	1,795884	
P(T<=t) bi-caudal	0,014689	
t crítico bi-caudal	2,200986	

TABELA C.59– Teste – t para N.amoniacal

Presumindo-se variâncias diferentes

	%R FL11	% R FL21
Média	42,45401	24,19095
Variância	310,4952	32,93185
Observações	9	8
Hipótese da diferença	0	
de média		
Gl	10	
Stat t	2,938936	
P(T<=t) uni-caudal	0,007406	
t crítico uni-caudal	1,812462	
P(T<=t) bi-caudal	0,014812	
t crítico bi-caudal	2,228139	

TABELA C.60– Teste – t para N.amoniacal

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL13	% R FL21
Média	23,95911	24,19095
Variância	51,50037	32,93185
Observações	8	8
Variância agrupada	42,21611	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	14	
Stat t	-0,07136	
P(T<=t) uni-caudal	0,472059	
t crítico uni-caudal	1,761309	
P(T<=t) bi-caudal	0,944117	
t crítico bi-caudal	2,144789	

TABELA C.61 – Cálculos da médias de remoção de nitrito para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
%R FL11	8	347,6379	43,45473	554,1668
%R FL13	8	434,2474	54,28093	63,08032
% R FL21	8	513,7337	64,21671	120,2578

TABELA C.62 – Análise de variância para remoção de nitrito (FL11,FL13 e FL21) na carreira 3

ANOVA: fator único						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1725,296	2	862,6478	3,509052	0,048439	3,466795
Dentro dos grupos	5162,535	21	245,835			
Total	6887,83	23				

TABELA C.63 – Testes-F para nitrito

	%RFL11	%RFL13		%RFL11	%RFL21		%RFL21	%RFL13
Média	43,45473	54,28093	Média	43,45473	64,21671	Média	64,21671	54,28093
Variância	554,1668	63,08032	Variância	554,1668	120,2578	Variância	120,2578	63,08032
Observaç	8	8	Observaç	8	8	Observaç	8	8
õ		õ			õ			
gl	7	7	gl	7	7	gl	7	7
F	8,785098	F	4,608157	F	1,906423			
P(F<=f)	0,00517	P(F<=f)	0,030778	P(F<=f)	0,206967			
uni-caudal		uni-caudal		uni-caudal				
F crítico	3,787051	F crítico	3,787051	F crítico	3,787051			
uni-caudal		uni-caudal		uni-caudal				

TABELA C.64– Teste – t para nitrito

Presumindo-se variâncias diferentes

	%R FL11	%R FL13
Média	43,45473	54,28093
Variância	554,1668	63,08032
Observações	8	8
Hipótese da diferença de média	0	
gl	9	
Stat t	-1,23251	
P(T<=t) uni-caudal	0,124491	
t crítico uni-caudal	1,833114	
P(T<=t) bi-caudal	0,248983	
t crítico bi-caudal	2,262159	

TABELA C.65– Teste – t para nitrito

Presumindo-se variâncias diferentes

	%R FL11	% R FL21
Média	43,45473	64,21671
Variância	554,1668	120,2578
Observações	8	8
Hipótese da diferença de média	0	
gl	10	
Stat t	-2,26124	
P(T<=t) uni-caudal	0,023634	
t crítico uni-caudal	1,812462	
P(T<=t) bi-caudal	0,047269	
t crítico bi-caudal	2,228139	

TABELA C.66– Teste – t para nitrito
Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL13	% R FL21
Média	54,28093	64,21671
Variância	63,08032	120,2578
Observações	8	8
Variância agrupada	91,66906	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	14	
Stat t	-2,07549	
P(T<=t) uni-caudal	0,028425	
t crítico uni-caudal	1,761309	
P(T<=t) bi-caudal	0,056849	
t crítico bi-caudal	2,144789	

TABELA C.67 – Cálculos da médias de remoção de nitrato para FL11, FL13 e FL21 na carreira 3

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
%R FL11	9	382,0861	42,45401	310,4952
%R FL13	8	191,6729	23,95911	51,50037
% R FL21	8	193,5276	24,19095	32,93185

TABELA C.68 – Análise de variância para remoção de nitrato (FL11,FL13 e FL21)

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1945,867	2	972,9337	6,960855	0,004547	3,443361
Dentro dos grupos	3074,987	22	139,7722			

TABELA C.69 – Testes-F para nitrato na carreira 3

	%RFL11	%RFL13		%RFL11	%RFL21		%RFL13	%RFL21
Média	42,45401	23,95911	Média	42,45401	24,19095	Média	23,95911	24,19095
Variância	310,4952	51,50037	Variância	310,4952	32,93185	Variância	51,50037	32,93185
Observaç	9	8	Observaç	9	8	Observaç	8	8
õ		õ			õ			
gl	8	7	gl	8	7	gl	7	7
F	6,028991	F	9,428417	F	1,563847			
P(F<=f)	0,01426	P(F<=f)	0,003902	P(F<=f)	0,284823			
uni-caudal		uni-caudal		uni-caudal				
F crítico	3,725717	F crítico	3,725717	F crítico	3,787051			
uni-caudal		uni-caudal		uni-caudal				

TABELA C.70– Teste – t para nitrato

Presumindo-se variâncias diferentes

	%R FL11	% R FL21
Média	42,45401	24,19095
Variância	310,4952	32,93185
Observações	9	8
Hipótese da diferença de média	0	
gl	10	
Stat t	2,938936	
P(T<=t) uni-caudal	0,007406	
t crítico uni-caudal	1,812462	
P(T<=t) bi-caudal	0,014812	
t crítico bi-caudal	2,228139	

TABELA C.71– Teste – t para nitrato

Presumindo-se variâncias diferentes

	%R FL11	%R FL13
Média	42,45401	23,95911
Variância	310,4952	51,50037
Observações	9	8
Hipótese da diferença de média	0	
gl	11	
Stat t	2,890639	
P(T<=t) uni-caudal	0,007345	
t crítico uni-caudal	1,795884	
P(T<=t) bi-caudal	0,014689	
t crítico bi-caudal	2,200986	

TABELA C.72– Teste – t para nitrato

Presumindo-se variâncias equivalentes

	%R FL13	% R FL21
Média	23,95911	24,19095
Variância	51,50037	32,93185
Observações	8	8
Variância agrupada	42,21611	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	14	
Stat t	-0,07136	
P(T<=t) uni-caudal	0,472059	
t crítico uni-caudal	1,761309	
P(T<=t) bi-caudal	0,944117	
t crítico bi-caudal	2,144789	

ANEXO D
Gráficos de correlação
Carreira 3

FIGURA D.1- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para água bruta na carreira 3

Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.2- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do PFD na carreira 3

Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.3- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do PFVA na carreira 3

Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.4- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do filtro lento 1 na carreira 3
Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.5- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente da seção FL13 na carreira 3
Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.6- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente do filtro lento 2 carreira 3
Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.7- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente da seção FL11mont na carreira 3
Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.8- Correlação entre cor verdadeira e absorvância para o efluente da seção PFVash na carreira 3
Fonte: Tabelas F.4 e F.5

FIGURA D.9 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para água bruta na carreira 3
Fonte: Tabelas F.5 e F.6

FIGURA D.10 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente do PFD na carreira 3
Fonte: Tabelas F.5 e F.6

FIGURA D.11 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente do PFVA na carreira 3
Fonte: Tabelas F.5 e F.6

FIGURA D.12 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para efluente do filtro lento 1 na carreira 3
Fonte: Tabelas F.5 e F.6

FIGURA D.13 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente da seção FL13 na carreira
Fonte: Tabelas F.5 e F.6

FIGURA D.14 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente do filtro lento 2 carreira 3
Fonte: Tabelas F.5 e F.6

FIGURA D.15 – Correlação entre absorvância e carbono orgânico dissolvido para o efluente da seção FL11mont na carreira 3
Fonte: Tabelas F.5 e F.6

FIGURA D.16 – Correlação entre absorvância e OC para água bruta na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.17 – Correlação entre absorvância e OC para o efluente do PFD na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.18 – Correlação entre absorvância e OC para o efluente do PFVA na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.19 – Correlação entre absorvância e OC para o efluente do filtro lento 1 na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.20 – Correlação entre absorvância e OC para o efluente da seção FL13 na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.21 – Correlação entre absorvância e OC para o efluente do filtro lento 2 na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.22 – Correlação entre absorvância e OC para o efluente da seção FL11mont na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.23 – Correlação entre absorvância e OC para o efluente da seção PFVAsh na carreira 3

Fonte: Tabelas F.5 e F.7

FIGURA D.24 – Correlação entre COD e OC para água bruta na carreira 3

Fonte: Tabelas F.6 e F.7

FIGURA D.25 – Correlação entre COD e OC para o efluente do PFD na carreira 3

Fonte: Tabelas F.6 e F.7

FIGURA D.26 – Correlação entre COD e OC para o efluente do PFVA na carreira 3

Fonte: Tabelas F.6 e F.7

FIGURA D.27 – Correlação entre COD e OC para o efluente do filtro lento 1 na carreira 3

Fonte: Tabelas F.6 e F.7

FIGURA D.28 – Correlação entre COD e OC para o efluente da seção FL13 na carreira 3

Fonte: Tabelas F.6 e F.7

FIGURA D.29 – Correlação entre COD e OC para o efluente do filtro lento 2 na carreira 3

Fonte: Tabelas F.6 e F.7

FIGURA D.30 – Correlação entre COD e OC para o efluente da seção FL11mont na carreira 3

Fonte: Tabelas F.6 e F.7

ANEXO E

Tabelas com resultados de turbidez, sólidos suspensos totais, cor aparente, cor verdadeira, absorvância, e temperatura da carreira 1.

TABELA E.1 – Resultados de turbidez em uT e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	r%PFD	%PFVA	r%FL11	r%FL13	r%FL21
20.02	6	28,4	23,5	16,9	15,6	16,1	16,7	17,25	28,09	7,69	4,73	1,18
21.02	7	22,20	18,70	14,70	8,67	14,60	13,80	15,77	21,39	41,02	0,68	6,12
22.02	8	27,80	18,10	13,90	11,20	12,00	14,40	34,89	23,20	19,42	13,67	-3,60
23.02	9	24,90	16,70	12,50	9,97	10,80	12,20	32,93	25,15	20,24	13,60	2,40
24.02	10	24,90	16,30	11,80	9,64	10,80	10,10	34,54	27,61	18,31	8,47	14,41
26.02	12	55,90	42,60	22,20	3,14	23,10	4,45	23,79	47,89	85,86	-4,05	79,95
27.02	13	39,20	31,80	19,90	14,80	18,00	14,20	18,88	37,42	25,63	9,55	28,64
28.02	14	37,20	26,60	16,60	12,20	15,40	11,70	28,49	37,59	26,51	7,23	29,52
29.02	15	98,90	77,30	23,90	14,80	20,60	15,30	21,84	69,08	38,08	13,81	35,98
01.03	16	56,30	45,10	40,40	46,50	52,50	44,70	19,89	10,42	-15,10	-29,95	-10,64
02.03	17	42,80	32,20	26,40	28,40	30,90	26,20	24,77	18,01	-7,58	-17,05	0,76
03.03	18	32,60	22,60	19,60	20,30	22,90	18,80	30,67	13,27	-3,57	-16,84	4,08
04.03	19	30,90	18,20	15,00	14,10	16,60	12,60	41,10	17,58	6,00	-10,67	16,00
05.03	20	25,50	17,00	14,40	11,70	14,50	10,30	33,33	15,29	18,75	-0,69	28,47
06.03	21	26,20	16,30	12,70	9,51	10,70	8,16	37,79	22,09	25,12	15,75	35,75
07.03	22	29,70	17,10	13,20	8,54	10,20	6,94	42,42	22,81	35,30	22,73	47,42
08.03	23	50,10	27,00	14,70	9,81	10,60	8,63	46,11	45,56	33,27	27,89	41,29
09.03	24	43,60	30,10	20,40	20,50	19,20	19,40	30,96	32,23	-0,49	5,88	4,90
10.03	25	34,50	20,60	16,00	15,80	16,80	14,90	40,29	22,33	1,25	-5,00	6,88
11.03	26	44,20	28,70	12,20	10,40	12,30	9,76	35,07	57,49	14,75	-0,82	20,00
12.03	27	27,90	20,00	14,40	10,80	12,50	10,30	28,32	28,00	25,00	13,19	28,47
13.03	28	24,50	15,50	12,60	10,80	11,70	10,10	36,73	18,71	14,29	7,14	19,84
14.03	29	21,90	14,70	12,10	9,75	11,00	9,25	32,88	17,69	19,42	9,09	23,55
15.03	30	21,50	14,10	11,40	6,83	2,31	6,00	34,42	19,15	40,09	79,74	47,37
16.03	31	14,16	13,99	10,76	9,46	11,50	8,81	1,20	23,09	12,08	-6,88	18,10
17.03	32	21,00	17,58	13,91	9,18	11,80	9,10	16,29	20,88	33,98	15,17	34,57
18.03	33	20,98	17,14	12,91	8,45	8,78	7,50	18,30	24,68	34,55	31,99	41,91
19.03	34	22,70	17,70	13,10	8,44	11,00	7,74	22,03	25,99	35,57	16,03	40,92

Continuação da TABELA E.1 – Resultados de turbidez em uT e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	r%PFD	%PFVA	r%FL11	r%FL13	r%FL21
21.03	36	25,79	21,71	18,55	20,95	19,40	20,23	15,82	14,56	-12,94	-4,58	-9,06
22.03	37	21,46	15,76	10,75	7,55	8,21	8,41	26,56	31,79	29,77	23,63	21,77
23.03	38	21,40	16,37	10,34	6,69	7,53	7,33	23,50	36,84	35,30	27,18	29,11
24.03	39	20,72	15,34	10,08	6,27	8,47	7,62	25,97	34,29	37,80	15,97	24,40
25.03	40	21,55	14,90	9,28	6,49	7,42	6,69	30,86	37,72	30,06	20,04	27,91
26.03	41	20,11	14,84	9,71	6,42	7,88	6,33	26,21	34,57	33,84	18,85	34,85
27.03	42	27,73	19,35	17,01	7,81	10,80	7,41	30,22	12,09	54,07	36,51	56,44
28.03	43	19,10	13,27	8,78	6,85	7,59	6,95	30,52	33,84	21,98	13,55	20,84
29.03	44	21,99	12,75	8,03	5,25	9,64	5,39	42,02	37,02	34,62	-20,05	32,88
30.03	45	18,02	14,51	8,90	6,28	7,15	6,23	19,48	38,66	29,44	19,66	30,00
31.03	46	32,46	27,82	12,72	6,51	11,10	6,60	14,29	54,28	48,81	12,74	48,15
01.04	47	24,30	17,10	9,72	5,82	9,16	5,95	29,63	43,16	40,12	5,76	38,79
02.04	48	19,20	15,60	9,04	4,27	6,04	4,82	18,75	42,05	52,77	33,19	46,68
03.04	49	19,98	13,84	7,33	3,48	3,99	4,16	30,73	47,02	52,54	45,58	43,26
04.04	50	19,80	15,30	7,97	4,49	5,27	4,63	22,73	47,91	43,66	33,88	41,91
05.04	51	18,60	13,50	7,25	3,18	4,05	3,74	27,42	46,30	56,14	44,14	48,41
06.04	52	17,60	13,60	7,15	2,81	3,71	3,35	22,73	47,43	60,70	48,11	53,15
07.04	53	17,10	13,40	7,48	2,42	3,93	3,30	21,64	44,18	67,65	47,46	55,88
08.04	54	18,40	14,40	8,00	2,50	4,20	3,33	21,74	44,44	68,75	47,50	58,38
09.04	55	19,00	13,80	7,79	2,73	3,42	3,12	27,37	43,55	64,96	56,10	59,95
10.04	56	22,10	14,00	7,54	2,49	3,37	2,95	36,65	46,14	66,98	55,31	60,88
11.04	57	21,80	14,70	7,46	2,61	3,22	3,13	32,57	49,25	65,01	56,84	58,04
12.04	58	19,50	14,90	8,28	2,63	4,18	3,04	23,59	44,43	68,24	49,52	63,29
13.04	59	20,80	15,80	8,05	2,87	3,51	3,08	24,04	49,05	64,35	56,40	61,74
14.04	60	19,40	13,50	6,73	1,74	3,53	2,71	30,41	50,15	74,15	47,55	59,73
15.04	61	17,90	13,80	6,98	2,24	2,97	2,53	22,91	49,42	67,91	57,45	63,75
16.04	62	18,00	12,90	6,62	2,49	3,25	2,67	28,33	48,68	62,39	50,91	59,67

Continuação da TABELA E.1 – Resultados de turbidez em uT e % deremoções nos pré-filtros e filtros lentos na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	r%PFD	%PFVA	r%FL11	r%FL13	r%FL21
17.04	63	16,70	12,30	6,38	2,17	2,98	2,46	26,35	48,13	65,99	53,29	61,44
18.04	64	19,30	14,60	6,58	2,04	3,05	2,50	24,35	54,93	69,00	53,65	62,01
19.04	65	19,80	13,70	7,95	2,59	3,81	2,70	30,81	41,97	67,42	52,08	66,04
20.04	66	19,70	13,70	6,82	2,90	3,97	2,69	30,46	50,22	57,48	41,79	60,56
21.04	67	18,00	12,20	6,44	2,63	3,78	2,73	32,22	47,21	59,16	41,30	57,61
22.04	68	17,50	11,50	6,09	2,57	3,90	2,65	34,29	47,04	57,80	35,96	56,49
23.04	69	15,80	10,70	6,05	2,84	3,83	2,69	32,28	43,46	53,06	36,69	55,54
24.04	70	16,8	11,6	5,57	2,46	3,13	2,56	30,95	51,98	55,83	43,81	54,04
25.04	71	17,5	11,8	5,51	2,42	3,11	2,63	32,57	53,31	56,08	43,56	52,27
26.04	72	17	11,2	5,6	2,46	3,32	2,49	34,12	50,00	56,07	40,71	55,54
27.04	74	16,9	11,1	5,33	2,45	3,33	2,67	34,32	51,98	54,03	37,52	49,91
29.04	75	17,9	11,4	5,52	2,74	3,87	2,73	36,31	51,58	50,36	29,89	50,54
30.04	76	14,5	11	5,61	2,37	3,3	2,42	24,14	49,00	57,75	41,18	56,86
01.05	77	17,4	11,1	5,52	2,49	3,51	2,52	36,21	50,27	54,89	36,41	54,35
02.05	78	16,9	11,2	5,43	2,49	3,12	2,23	33,73	51,52	54,14	42,54	58,93
03.05	79	18,4	11,9	5,23	2,45	2,95	2,2	35,33	56,05	53,15	43,59	57,93
04.05	80	16,4	10,6	5,33	2,14	3,08	3,41	35,37	49,72	59,85	42,21	36,02
05.05	81	16,7	11	4,89	1,87	3,32	2,78	34,13	55,55	61,76	32,11	43,15
06.05	82	16,9	10,7	4,87	1,97	3,32	2,78	36,69	54,49	59,55	31,83	42,92
07.05	83	14,4	10,5	4,95	2,13	3,34	2,28	27,08	52,86	56,97	32,53	53,94
09.05	85	15,5	10,2	4,69	1,55	3,29	1,82	34,19	54,02	66,95	29,85	61,19

TABELA E.2 – Resultados de cor aparente em uH e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	%rPFD	%rPFVa	%rFL11	%rFL13	%rFL21
	0	280	199	224	153	190	196	28,93	-12,56	31,70	15,18	12,50
	1	260	231	202	160	192	199	11,15	12,55	20,79	4,95	1,49
	4	275	234	184	129	157	155	14,91	21,37	29,89	14,67	15,76
	5	216	191	149	122	133	141	11,57	21,99	18,12	10,74	5,37
21.02	7	215	177	139	104	121	122	17,67	21,47	25,18	12,95	12,23
22.02	8	206	160	117	84	103	111	22,33	26,88	28,21	11,97	5,13
25.02	11	428	344	174	39	168	24	19,63	49,42	77,59	3,45	86,21
26.02	12	335	281	169	111	142	115	16,12	39,86	34,32	15,98	31,95
29.03	15	446	313	253	220	259	229	29,82	19,17	13,04	-2,37	9,49
08.03	23	328	237	170	126	155	140	27,74	28,27	25,88	8,82	17,65
09.03	24	266	173	130	111	134	115	34,96	24,86	14,62	-3,08	11,54
12.03	27	198	138	112	83	107	86	30,30	18,84	25,89	4,46	23,21
13.03	28	211	140	109	90	117	95	33,65	22,14	17,43	-7,34	12,84
14.03	29	184	130	102	54	49	54	29,35	21,54	47,06	51,96	47,06
15.03	30	183	143	99	98	80	75	21,86	30,77	1,01	19,19	24,24
19.03	34	380	320	234	89	112	86	15,79	26,88	61,97	52,14	63,25
20.03	35	220	185	151	139	148	154	15,91	18,38	7,95	1,99	-1,99
22.03	37	184	140	92	56	65	61	23,91	34,29	39,13	29,35	33,70
24.03	39	177	130	79	45	58	56	26,55	39,23	43,04	26,58	29,11
25.03	40	193	138	88	53	64	55	28,50	36,23	39,77	27,27	37,50
26.03	41	222	170	95	68	71	81	23,42	44,12	28,42	25,26	14,74
27.04	42	185	134	79	54	60	57	27,57	41,04	31,65	24,05	27,85
28.03	43	178	125	77	46	54	52	29,78	38,40	40,26	29,87	32,47
29.03	44	174	142	82	47	51	50	18,39	42,25	42,68	37,80	39,02
31.03	46	196	156	86	44	59	52	20,41	44,87	48,84	31,40	39,53
02.04	48	161	124	72	36	43	39	22,98	41,94	50,00	40,28	45,83
03.04	49	177	132	69	36	44	42	25,42	47,73	47,83	36,23	39,13

Continuação da TABELA E.2 – Resultados de cor aparente em uH e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	%rPFD	%rPFVa	%rFL11	%rFL13	%rFL21
08.04	54	169	132	78	31	40	42	21,89	40,91	60,26	48,72	46,15
09.04	55	196	156	86	44	59	52	20,41	44,87	48,84	31,40	39,53
10.04	56	180	127	62	17	27	22	29,44	51,18	72,58	56,45	64,52
12.04	58	163	128	62	16	23	23	21,47	51,56	74,19	62,90	62,90
16.04	62	132	103	49	11	11	21	21,97	52,43	77,55	77,55	57,14
18.04	64	147	123	57	18	31	26	16,33	53,66	68,42	45,61	54,39
23.04	69	137	95	47	18	27	22	30,66	50,53	61,70	42,55	53,19
26.04	72	133	91	44	17	24	19	31,58	51,65	61,36	45,45	56,82
02.05	78	129	94	41	14	22	17	27,13	56,38	65,85	46,34	58,54
03.05	79	132	96	44	20	28	25	27,27	54,17	54,55	36,36	43,18

TABELA E.3 - Resultados de cor verdadeira em uH e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	%rPFD	%rPFVA	%rFL11	%rFL13	%rFL21
23.03	38	58	47	36	24	31	30	18,97	23,40	33,33	13,89	16,67
28.03	43	59	54	40	26	31	34	8,47	25,93	35,00	22,50	15,00
30.03	45	65	47	38	23	29	27	27,69	19,15	39,47	23,68	28,95
03.04	49	49	46	36	19	23	24	6,12	21,74	47,22	36,11	33,33
06.04	52	38	21	32	7	14	13	44,74	-52,38	78,13	56,25	59,38
10.04	56	49	41	29	10	17	20	16,33	29,27	65,52	41,38	31,03
11.04	57	48	36	26	9	16	14	25,00	27,78	65,38	38,46	46,15
13.04	59	38	38	27	9	12	13	0,00	28,95	66,67	55,56	51,85
17.04	63	34	28	19	4	8	8	17,65	32,14	78,95	57,89	57,89
18.04	64	42	34	23	5	11	11	19,05	32,35	78,26	52,17	52,17
24.04	70	36	31	20	8	12	11	13,89	35,48	60,00	40,00	45,00
27.04	74	34	27	17	6	10	10	20,59	37,04	64,71	41,18	41,18
03.05	79	37	35	18	7	11	10	5,41	48,57	61,11	38,89	44,44
04.05	80	40	32	17	8	11	10	20,00	46,88	52,94	35,29	41,18

TABELA E.4 – Resultados de absorvância – 254 nm (cm⁻¹) e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	r%PFD	r%PFVA	r%FL11	%rFL13	%rFL21
14.03	29	0,055	0,068	0,063	0,011	0,060	0,081	-23,64	7,35	82,54	4,76	-28,57
23.03	38	0,108	0,114	0,109	0,062	0,086	0,096	-5,56	4,39	43,12	21,10	11,93
28.03	43	0,053	0,056	0,075	0,040	0,074	0,081	-5,66	-33,93	46,67	1,33	-8,00
03.04	49	0,058	0,064	0,079	0,037	0,068	0,068	-10,34	-23,44	53,16	13,92	13,92
06.04	52	0,072	0,080	0,070	0,025	0,052	0,053	-11,11	12,50	64,29	25,71	24,29
10.04	56	0,076	0,071	0,060	0,019	0,041	0,046	6,58	15,49	68,33	31,67	23,33
13.04	59	0,048	0,049	0,064	0,047	0,046	0,047	-2,08	-30,61	26,56	28,13	26,56
17.04	63	0,054	0,057	0,056	0,017	0,037	0,038	-5,56	1,75	69,64	33,93	32,14
24.04	70	0,046	0,056	0,049	0,020	0,036	0,036	-21,74	12,50	59,18	26,53	26,53
27.04	74	0,053	0,05	0,046	0,014	0,03	0,032	5,66	8,00	69,57	34,78	30,43
03.05	79	0,044	0,052	0,042	0,014	0,03	0,032	-18,18	19,23	66,67	28,57	23,81
08.05	84	0,05	0,042	0,045	0,014	0,033	0,03	16,00	-7,14	68,89	26,67	33,33

TABELA E.5 – Medidas de temperatura em °C na carreira 1

Data	TO	AB	PFD	PFVA	F11	F13	F21
17/02/00	3	22,5	21,5	22,0	21,0	19,0	21,0
19/02/00	5	23,0	23,0	22,0	20,0	20,0	20,0
25/03/00	40	25,5	28,0	28,0	25,0	26,0	26,0
01/04/00	47	26,0	26,0	25,0	25,0	24,0	24,0
03/04/00	49	23,0	20,0	21,0	20,5	20,0	19,0
04/04/00	50	22,0	23,0	22,5	21,0	20,0	20,0
05/04/00	51	23,5	22,0	23,0	21,5	23,0	22,0
06/04/00	52		24,0	22,5	21,0	20,0	20,5
08/04/00	54	24,0	25,5	24,0	26,0	25,0	24,0
09/04/00	55	24,0	22,5	23,5	22,0	21,5	24,0
10/04/00	56	23,0	23,0	22,5	22,5	23,0	23,0
11/04/00	57	24,0	24,0	23,0	24,0	24,5	23,5

Continuação da TABELA E.5 – Medidas de temperatura em °C na carreira 1

12/04/00	58	24,5	23,5	23,0	23,0	22,5	24,0
13/04/00	59	24,0	22,5	22,5	23,0	23,0	22,0
15/04/00	61	25,0	27,0	25,0	27,0	27,0	27,0
16/04/00	62	22,0	23,0	21,0	22,5	21,5	22,5
17/04/00	63	22,0	22,0	21,0	21,0	21,0	21,0
18/04/00	64	24,0	23,0	24,5	23,0	23,0	24,5
19/04/00	65	22,5	24,0	22,0	24,0	23,5	22,0
20/04/00	66	22,5	20,5	22,0	20,0		
21/04/00	67	21,0	22,0	19,5	18,5	19,0	19,0
22/04/00	68	22,0	21,0	21,5	19,5	20,0	19,0
23/04/00	69	21,0	21,5	20,0	18,0	17,5	18,0
24/04/00	70	20,0	22,0	20,0	21,0	19,0	21,0
25/04/00	71	19,5	20,0	21,0	19,0	19,0	21,0
26/04/00	72	21,5	20,5	21,0	21,5	19,5	20,0
27/04/00	73	20,5	22,0	20,0	21,5	19,0	21,0
28/04/00	74	20,0	20,5	21,5	20,5	21,0	21,5
30/04/00	76	22,5	21,5	21,0	22,5	22,0	21,0
01/05/00	77	22,0	24,0	22,5	24,0	24,0	23,0
02/05/00	78	22,0	23,5	21,5	22,0	22,5	23,5
03/05/00	79	23,5	22,5	22,5	22,0	23,0	24,0
04/05/00	80	22,0	22,0	23,5	24,0	22,0	24,0
05/05/00	81	25,0	27,0	27,0	28,5	30,0	27,0
06/05/00	82	24,5	24,0	24,5	25,0	23,0	21,5
07/05/00	83	22,0	20,0	19,0	20,0	20,0	19,0
08/05/00	84	22,0	20,5	19,5	19,5	20,0	21,0

ANEXO F

Tabelas com resultados de turbidez, sólidos suspensos totais, cor aparente, cor verdadeira, absorvância, COD, OC, pH, condutividade elétrica e temperatura da carreira 3.

TABELA F.1- Resultados de turbidez em uT e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFVa	R%FL11	R%FL13	R%FL21
23.08	1	13,70	10,00	6,24	0,37	2,84	1,11	7,08	6,68						
23.04	1,5	13,00	10,30	6,03	1,21	2,85	1,97	5,99	6,32						
25.08	3	15,60	9,84	6,17	1,31	3,22	1,81	6,61	6,55						
26.08	4	15,3	11,2	6,32	2,67	3,92	2,57	6,71	6,47		26,80	43,57	57,75	37,97	59,34
27.08	5	11,5	9,41	6,31	2,41	3,52	2,55	6,37	6,49		18,17	32,94	61,81	44,22	59,59
28.08	6	11,3	9,52	6,33	2,38	3,53	2,56	6,38	6,51		15,75	33,51	62,40	44,23	59,56
29.08	7	31,9	22,2	12	3,45	5,05	3,11	12,3	13,1		30,41	45,95	71,25	57,92	74,08
30.08	8	17,6	13,2	9,06	3,69	5,68	3,77	9,18	8,92		25,00	31,36	59,27	37,31	58,39
31.08	9	16,9	11,4	7,17	2,07	3,83	2,2	6,95	6,97		32,54	37,11	71,13	46,58	69,32
01.09	10	14,4	10,8	6,33	1,7	3,17	2,15	6,39	6,48		25,00	41,39	73,14	49,92	66,03
02.09	11	32,6	15,2	7,97	1,8	2,96	1,95	8,28	8,05		53,37	47,57	77,42	62,86	75,53
03.09	12	30	21,1	16,7	6,57	9,86	6,29	17	17,5		29,67	20,85	60,66	40,96	62,34
04.09	13	24,8	18,2	13,7	6,66	8,54	6,61	13,6	13,8		26,61	24,73	51,39	37,66	51,75
05.09	14	19,8	14,4	10	4,6	6,81	4,65	10,2	10,2		27,27	30,56	54,00	31,90	53,50
06.09	15	22,5	14,6	10,5	2,18	3,86	2,9	10,9	9,85		35,11	28,08	79,24	63,24	72,38
07.09	16	20,6	17,1	9,39	2,57	4,27	3,06	9,48	9,61		16,99	45,09	72,63	54,53	67,41
08.09	17	17,9	12,1	9,05	2,3	4,12	2,74	9,04	9,17		32,40	25,21	74,59	54,48	69,72
09.09	18	18,5	13,8	8,7	2,41	3,91	2,75	8,72	8,79		25,41	36,96	72,30	55,06	68,39
11.09	20	16,6	15,6	8,44	1,9	7,75	2,1	8,86	8,65		6,02	45,90	77,49	8,18	75,12
12.09	21	18,5	13,2	8,23	2,03	4,53	2,59	8,3	8,75		28,65	37,65	75,33	44,96	68,53
13.09	22	50,4	43,7	11,8	2,24	3,96	2,51	11,9	12,8		13,29	73,00	81,02	66,44	78,73
14.09	23	21,3	16,8	11,9	3,78	6,36	4,47	11,7	11,7		21,13	29,17	68,24	46,55	62,44
15.09	24	17,6	12,9	8,32	1,9	4,42	2,91	8,15	8,03		26,70	35,50	77,16	46,88	65,02
16.09	25	16,6	11,9	7,19	2,08	4,05	2,57	7,31	7,39		28,31	39,58	71,07	43,67	64,26
18.09	26	34,1	23,8	12,6	3,29	6,05	3,27	13,6	12,9		30,21	47,06	73,89	51,98	74,05
19.09	27	21,2	14,7	9,02	4,78	6,77	4,54	11,3	9,18		30,66	38,64	47,01	24,94	49,67
20.09	28	20,2	14,5	7,16	3,62	5,19	3,68	7,28	7,19		28,22	50,62	49,44	27,51	48,60

Continuação da TABELA F.1- Resultados de turbidez em uT e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFVa	R%FL11	R%FL13	R%FL21
21.09	29	18	14,4	6,9	3,28	4,51	3,3	7,2	7,31		20,00	52,08	52,46	34,64	52,17
22.09	30	18,9	12,7	6,33	2,73	4,38	3,7	6,27	6,32		32,80	50,16	56,87	30,81	41,55
23.09	31	13,9	12,9	6,29	2,08	4,35	3,11	7,04	6,2		7,19	51,24	66,93	30,84	50,56
24.09	32	28,8	17,1	7,22	2,86	4,68	3,46	7,4	7,2		40,63	57,78	60,39	35,18	52,08
25.09	33	17,1	11,8	6,86	3,32	4,42	3,83	7,06	6,99		30,99	41,86	51,60	35,57	44,17
26.09	34	17	12,6	6,64	3,42	4,56	3,82	6,7	6,67		25,88	47,30	48,49	31,33	42,47
27.09	35	16,6	11,3	5,95	2,76	4,12	3,2	6,1	6,18		31,93	47,35	53,61	30,76	46,22
28.09	36	15,6	10,3	5,77	2,48	3,24	2,81	5,99	5,97		33,97	43,98	57,02	43,85	51,30
29.09	37	14,8	10,5	5,66	1,73	3,15	2,93	5,56	5,53		29,05	46,10	69,43	44,35	48,23
30.09	38	15,2	10,4	5,66	1,8	3,04	2,8	5,9	6,13		31,58	45,58	68,20	46,29	50,53
01.10	39	16	13,1	7,23	1,8	3,33	2,93	7,34	7,4		18,13	44,81	75,10	53,94	59,47
02.10	40	17,7	12	6,41	2,18	3,19	2,83	6,8	7,34		32,20	46,58	65,99	50,23	55,85
03.10	41	17,6	10,8	5,68	1,78	3,09	2,85	6,01	5,89		38,64	47,41	68,66	45,60	49,82
04.10	42	20,6	13	5,99	2,39	2,99	3	5,93	6,07		36,89	53,92	60,10	50,08	49,92
05.10	43	20,8	13,4	8,71	2,36	3,37	2,85	9,18	8,88		35,58	35,00	72,90	61,31	67,28
06.10	44	17	14,2	5,34	1,52	3,09	2,77	5,43	5,63		16,47	62,39	71,54	42,13	48,13
07.10	45	16,1	12,3	7,06	1,83	3,51	3,26	7,47	7,34		23,60	42,60	74,08	50,28	53,82
08.10	46	14	10,2	6,22	2,22	3,42	3,52	6,84	6,33		27,14	39,02	64,31	45,02	43,41
09.10	47	16,6	12,1	6,4	1,99	2,93	2,86	6,8	6,87		27,11	47,11	68,91	54,22	55,31
10.10	48	18,4	12,03	6,65	2,26	2,71	2,91	7,79	6,73		34,62	44,72	66,02	59,25	56,24
11.10	49	17	12,8	6,96	1,93	2,81	2,93	7,29	6,93		24,71	45,63	72,27	59,63	57,90
12.10	50	16,4	11,4	6,03	1,86	2,4	2,59	5,98	5,99		30,49	47,11	69,15	60,20	57,05
13.10	51	17,5	11,1	5,78	1,54	2,73	3,07	5,85	6,01		36,57	47,93	73,36	52,77	46,89
14.10	52	18,5	12,6	6	1,7	2,37	2,61	6,21	6,21		31,89	52,38	71,67	60,50	56,50
15.10	53	18,7	13	5,53	1,62	2,47	2,6	5,81	5,8		30,48	57,46	70,71	55,33	52,98
16.10	54	18	11,6	6,05	1,66	2,35	2,45	5,94	5,95		35,56	47,84	72,56	61,16	59,50
17.10	55	21,5	12,3	6,12	1,61	2,42	2,39	5,85	5,96		42,79	50,24	73,69	60,46	60,95
18.10	56	19,9	10,7	6,32	1,37	4,04	2,43	6,03	5,64		46,23	40,93	78,32	36,08	61,55

Continuação da TABELA F.1- Resultados de turbidez em uT e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFVa	R%FL11	R%FL13	R%FL21
19.10	57	18,5	10,8	5,97	1,24	2,14	2,7	5,79	5,66		41,62	44,72	79,23	64,15	54,77
20.10	58	19,5	11,3	5,15	1,21	1,83	1,95	5,65	5,29		42,05	54,42	76,50	64,47	62,14
22.10	60	18,6	11	5,04	1,34	1,97	2,01	4,91	4,78	5,04	40,86	54,18	73,41	60,91	60,12
23.10	61	19,9	10,9	4,9	1	1,66	1,65	5,19		4,74	45,23	55,05	79,59	66,12	66,33
24.10	62	19,1	11,1	5,13	1,06	1,5	1,34	4,57		4,97	41,88	53,78	79,34	70,76	73,88
25.10	63	19,5	11,3	6,41	1,08	1,84	1,8	6,17		6	42,05	43,27	83,15	71,29	71,92
26.10	64	20	12,7	6,46	0,99	1,98	1,91	6,91		7,01	36,50	49,13	84,67	69,35	70,43
27.10	65	61,2	49,8	12	2,66	2,99	3,07	12		12,4	18,63	75,90	77,83	75,08	74,42
28.10	66	21,1	11,6	6,67	1,88	3,49	3,76	6,28		5,94	45,02	42,50	71,81	47,68	43,63
29.10	67	15,8	12,2	5,94	1,69	3,05	3,14	6,36		6,56	22,78	51,31	71,55	48,65	47,14
30.10	68	18,6	12,4	6,7	1,56	2,64	2,68	6,41		6,52	33,33	45,97	76,72	60,60	60,00
31.10	69	17,9	11	5,92	1,53	2,82	2,48	6,21		5,92	38,55	46,18	74,16	52,36	58,11
01.11	70	17,5	10,8	5,99	1,54	2,49	2,3	5,84		5,77	38,29	44,54	74,29	58,43	61,60
02.11	71	15,6	10,6	5,9	1,05	2,28	2,55	5,51		4,96	32,05	44,34	82,20	61,36	56,78
03.11	72	18,3	12,3	5,84	0,96	3,24	1,89	5,75		5,75	32,79	52,52	83,56	44,52	67,64
04.11	73	15,8	10,7	5,24	1,29	3,43	2,29	5,61		5,03	32,28	51,03	75,38	34,54	56,30
05.11	74	14,8	10,6	5,76	1,29	2,92	2,17	5,82		5,22	28,38	45,66	77,60	49,31	62,33
06.11	75	19,3	18,1	11,8	1,58	2,37	1,97	6,29		6,29	6,22	34,81	86,61	79,92	83,31
07.11	76	18,5	11,8	6,39	1,77	3,58	2,41	6,19		6,21	36,22	45,85	72,30	43,97	62,28
09.11	78	19,2	12,8	6,59	1,13	2,23	1,78	6,35		6,04	33,33	48,52	82,85	66,16	72,99
10.11	79	18,1	13,5	5,93	1,81	2,53	1,66	6,8		6,71	25,41	56,07	69,48	57,34	72,01
12.11	81	56,1	47,3	38,6	1,38	7,72	3,88	53		38,2	15,69	18,39	96,42	80,00	89,95
13.11	82	37,4	30,5	21,4	4,81	10,2	10,5	24,9		21,4	18,45	29,84	77,52	52,34	50,93
14.11	83	82,9	81	28,3	2,64	8,19	7,67	17,5		25,8	2,29	65,06	90,67	71,06	72,90
15.11	84	28,7	21,3	16,1	4,67	11,4	12	23,5		14,3	25,78	24,41	70,99	29,19	25,47
16.11	85	25,5	20,7	12,8	3,2	7,99	7,54	11,8		12,8	18,82	38,16	75,00	37,58	41,09

TABELA F.2 – Resultados de sólidos suspensos totais (mg/L) e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	R%PFD	R%PFV	R%FL11	R%FL13	R%FL21
31.08	9	9,54	3,20	1,12	0,46	0,48	0,03	66,45	65,00	58,93	57,14	96,89
04.09	12	11,00	5,33	4,40	0,72	1,77	1,48	51,52	17,50	83,64	59,74	66,36
11.09	19	7,20	4,21	2,32	0,22	0,54	0,07	41,52	44,90	90,52	76,67	96,92
14.09	23	10,40	5,69	3,52	0,54	0,74	0,24	45,27	38,16	84,55	78,90	93,18
19.09	27	12,60	4,53	2,07	0,74	0,91	0,65	64,02	54,41	64,19	56,13	68,67
21.09	29	13,17	8,27	2,17	0,29	0,71	0,31	37,22	73,73	86,84	67,49	85,77
25.09	33	9,82	0,72	1,93	0,55	0,85	0,37	92,67	-168,23	71,40	55,93	80,67
28.09	36	7,72	3,16	1,28	0,21	0,57	0,21	59,05	59,49	83,77	55,33	83,25
02.10	40	9,84	4,11	2,18	0,51	0,35	0,24	58,27	46,85	76,53	84,15	89,01
05.10	43	11,76	4,76	2,08	0,40	0,48	0,27	59,52	56,30	80,92	77,12	86,95
09.10	47	4,00	4,84	1,31	0,31	0,52	0,85	-21,00	72,85	76,35	60,46	35,69
11.10	49	10,70	5,87	2,90	0,57	0,71	0,67	45,17	50,64	80,40	75,55	76,85
16.10	54	7,80	2,53	0,29	0,03	0,02	0,06	67,52	88,72	88,80	93,33	80,00
19.10	57	9,40	2,93	1,37	0,27	0,38	0,27	68,79	53,25	80,56	72,22	80,56
23.10	61	10,80	2,59	0,47	0,10	0,00	0,00	75,99	82,00	78,57	100,00	100,00
26.10	64	11,00	4,00	1,66	0,33	0,35	0,12	63,64	58,57	79,89	78,76	92,85
30.10	68	10,60	4,40	1,09	0,54	0,09	0,15	58,49	75,32	50,15	92,11	86,35
01.11	70	10,20	2,67	0,69	0,25	0,44	0,60	73,86	74,29	63,89	36,11	12,50
06.11	75	11,40	4,53	1,89	0,61	0,38	0,03	60,23	58,40	67,68	79,80	98,23
09.11	78	10,75	4,27	0,91	0,27	0,40	0,20	60,31	78,57	70,83	56,25	78,12
13.11	82	16,40	8,67	5,80	0,32	0,74	0,83	47,15	33,08	94,48	87,19	85,71

TABELA F.3 – Resultados de cor aparente em uH e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFV	R%FL11	R%FL13	R%FL21
23.08	1	148	101	63	9	33	12	78	73						
23.08	1,50	110	94	54	9	28	16	76	77						
24.08	2	129	93	59	11	34	17	79	81						
27.08	5	142	101	58	29	49	36	88	88		28,87	42,57	67,05	44,32	59,09
28.08	6	100	89	59	27	45	31	81	89		11,00	33,71	66,67	44,44	61,73
29.08	7	275	217	115	38	70	48	142	137		21,09	47,00	73,24	50,70	66,20
30.08	8	153	126	86	42	77	57	112	114		17,65	31,75	62,50	31,25	49,11
31.08	9	146	116	74	34	62	43	97	101		20,55	36,21	64,95	36,08	55,67
01.09	10	123	100	63	18	51	34	91	92		18,70	37,00	80,22	43,96	62,64
02.09	11	234	140	71	22	45	32	97	96		40,17	49,29	77,32	53,61	67,01
03.09	12	250	204	162	64	114	79	180	189		18,40	20,59	64,44	36,67	56,11
04.09	13	205	169	136	72	113	89	165	167		17,56	19,53	56,36	31,52	46,06
05.09	14	165	136	97	49	85	67	124	126		17,58	28,68	60,48	31,45	45,97
06.09	15	165	127	87	23	55	40	116	116		23,03	31,50	80,17	52,59	65,52
07.09	16	184	158	91	25	63	49	120	121		14,13	42,41	79,17	47,50	59,17
08.09	17	150	116	89	30	67	50	121	121		22,67	23,28	75,21	44,63	58,68
09.09	18	147	126	86	29	63	40	113	112		14,29	31,75	74,34	44,25	64,60
11.09	19	145	145	88	27	78	39	116	111		0,00	39,31	76,72	32,76	66,38
12.09	20	155	123	83	26	58	36	111	115		20,65	32,52	76,58	47,75	67,57
13.09	21	372	336	106	28	61	42	143	141		9,68	68,45	80,42	57,34	70,63
14.09	22	181	155	116	41	77	63	142	144		14,36	25,16	71,13	45,77	55,63
15.09	23	162	130	79	19	49	39	108	107		19,75	39,23	82,41	54,63	63,89
16.09	24	146	122	81	32	64	48	110	114		16,44	33,61	70,91	41,82	56,36
18.09	25	242	192	107	30	73	47	139	141		20,66	44,27	78,42	47,48	66,19
19.09	27	178	142	88	45	76	54	121	121		20,22	38,03	62,81	37,19	55,37
20.09	28	175	136	71	34	39	51	105	103		22,29	47,79	67,62	62,86	51,43
21.09	29	162	126	72	32	62	43	91	91		22,22	42,86	64,84	31,87	52,75
22.09	30	166	126	65	38	61	50	94	94		24,10	48,41	59,57	35,11	46,81

Continuação da TABELA F.3 – Resultados de cor aparente em uH e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFV	R%FL11	R%FL13	R%FL21
23.09	31	133	123	60	24	56	41	96	94		7,52	51,22	75,00	41,67	57,29
24.09	32	214	156	70	32	63	49	100	100		27,10	55,13	68,00	37,00	51,00
25.09	33	142	115	71	39	62	49	100	99		19,01	38,26	61,00	38,00	51,00
26.09	34	145	115	69	43	63	58	98	98		20,69	40,00	56,12	35,71	40,82
27.09	35	134	102	60	35	55	48	94	89		23,88	41,18	62,77	41,49	48,94
28.09	36	133	95	57	28	50	41	87	87		28,57	40,00	67,82	42,53	52,87
29.09	37	123	96	53	19	41	36	84	85		21,95	44,79	77,38	51,19	57,14
30.09	38	129	96	56	23	42	38	85	86		25,58	41,67	72,94	50,59	55,29
01.10	39	140	117	68	20	47	42	101	103		16,43	41,88	80,20	53,47	58,42
02.10	40	146	110	65	26	46	43	92	91		24,66	40,91	71,74	50,00	53,26
03.10	41	149	103	56	22	44	42	87	87		30,87	45,63	74,71	49,43	51,72
04.10	42	168	121	57	26	46	42	93	93		27,98	52,89	72,04	50,54	54,84
05.10	43	167	120	84	30	49	46	116	117		28,14	30,00	74,14	57,76	60,34
06.10	44	141	112	56	22	45	44	84	89		20,57	50,00	73,81	46,43	47,62
07.10	45	139	121	72	20	46	42	109	106		12,95	40,50	81,65	57,80	61,47
08.10	46	123	100	63	32	51	52	98	97		18,70	37,00	67,35	47,96	46,94
09.10	47	149	119	69	29	50	45	97	96		20,13	42,02	70,10	48,45	53,61
10.10	48	153	126	69	24	51	44	112	100		17,65	45,24	78,57	54,46	60,71
11.10	49	143	116	64	25	43	39	96	99		18,88	44,83	73,96	55,21	59,38
12.10	50	142	114	65	23	35	38	82	86		19,72	42,98	71,95	57,32	53,66
13.10	51	149	113	60	19	37	38	90	88		24,16	46,90	78,89	58,89	57,78
14.10	52	163	111	56	17	33	32	82	82		31,90	49,55	79,27	59,76	60,98
15.10	53	155	121	54	22	39	39	86	88		21,94	55,37	74,42	54,65	54,65
16.10	54	153	108	58	24	42	38	90	93		29,41	46,30	73,33	53,33	57,78
17.10	55	163	118	53	19	38	36	83	83		27,61	55,08	77,11	54,22	56,63
18.10	56	162	110	51	23	35	36	80	81		32,10	53,64	71,25	56,25	55,00
19.10	57	147	98	50	17	36	34	84	84		33,33	48,98	79,76	57,14	59,52
20.10	58	164	106	52	15	34	28	64	64		35,37	50,94	76,56	46,88	56,25

Continuação da TABELA F.3 – Resultados de cor aparente em uH e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFV	R%FL11	R%FL13	R%FL21
22.10	60	144	101	48	13	22	18	54	54	67	29,86	52,48	75,93	59,26	66,67
23.10	61	145	105	46	11	19	18	59		74	27,59	56,19	81,36	67,80	69,49
24.10	62	150	104	49	11	15	14	42		74	30,67	52,88	73,81	64,29	66,67
25.10	63	159	103	51	15	20	19	50		83	35,22	50,49	70,00	60,00	62,00
26.10	64	176	119	62	18	27	22	69		92	32,39	47,90	73,91	60,87	68,12
27.10	65	426	338	95	19	44	39	128		125	20,66	71,89	85,16	65,63	69,53
28.10	66	166	105	54	18	39	45	83		79	36,75	48,57	78,31	53,01	45,78
29.10	67	142	114	56	17	40	35	81		84	19,72	50,88	79,01	50,62	56,79
30.10	68	153	109	62	25	41	40	89		73	28,76	43,12	71,91	53,93	55,06
31.10	69	154	108	59	21	42	37	85		85	29,87	45,37	75,29	50,59	56,47
01.11	70	139	96	56	24	43	42	84		82	30,94	41,67	71,43	48,81	50,00
02.11	71	120	87	44	16	35	39	72		75	27,50	49,43	77,78	51,39	45,83
03.11	72	146	104	59	21	46	35	90		85	28,77	43,27	76,67	48,89	61,11
04.11	73	134	97	48	21	46	33	90		90	27,61	50,52	76,67	48,89	63,33
05.11	74	129	96	50	23	46	35	93		83	25,58	47,92	75,27	50,54	62,37
06.11	75	162	138	58	25	43	37	94		118	14,81	57,97	73,40	54,26	60,64
07.11	76	155	101	52	25	53	36	92		89	34,84	48,51	72,83	42,39	60,87
09.11	78	141	107	49	14	33	23	79		86	24,11	54,21	82,28	58,23	70,89
10.11	79	144	113	53	7	23	15	52		82	21,53	53,10	86,54	55,77	71,15
12.11	81	475	358	314	23	53	40	415		342	24,63	12,29	94,46	87,23	90,36
13.11	82	251	219	166	26	79	73	184		188	12,75	24,20	85,87	57,07	60,33
14.11	83	521	521	201	19	61	75	123		223	0,00	61,42	84,55	50,41	39,02
15.11	84	218	196	119	39	85	95	173		155	10,09	39,29	77,46	50,87	45,09
16.11	85	199	164	111	23	68	67	105		148	17,59	32,32	78,10	35,24	36,19

TABELA F.4 – Resultados de cor verdadeira em uH e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFVa	R%FL11	R%FL13	R%FL21
23.08	1	40	34	28	2	15	6	41	42						
23.08	1,50	38	36	27	6	15	9	44	46						
25.08	2	45	36	28	7	20	11	48	49				R%FL11	R%FL13	R%FL21
26.08	4	40	39	27	19	30	24	55	57		2,50	30,77	65,45	45,45	56,36
28.08	5	34	32	27	14	28	19	48	49		5,88	15,63	70,83	41,67	60,42
29.08	6	92	64	48	21	40	28	70	71		30,43	25,00	70,00	42,86	60,00
30.08	7	59	53	40	25	47	38	65	68		10,17	24,53	61,54	27,69	41,54
31.08	8	46	41	31	16	41	31	61	61		10,87	24,39	73,77	32,79	49,18
01.09	9	46	40	28	10	32	23	58	59		13,04	30,00	82,76	44,83	60,34
02.09	10	79	50	30	13	32	23	55	57		36,71	40,00	76,36	41,82	58,18
03.09	11	94	89	75	35	67	54	96	97		5,32	15,73	63,54	30,21	43,75
04.09	12	83	70	59	39	70	60	91	94		15,66	15,71	57,14	23,08	34,07
05.09	13	56	54	44	29	57	49	71	73		3,57	18,52	59,15	19,72	30,99
06.09	14	64	54	39	16	38	31	69	69		15,63	27,78	76,81	44,93	55,07
07.09	15	51	46	33	10	34	29	61	63		9,80	28,26	83,61	44,26	52,46
08.09	16	59	51	39	18	40	35	73	73		13,56	23,53	75,34	45,21	52,05
09.09	17	63	44	35	18	38	28	62	64		30,16	20,45	70,97	38,71	54,84
11.09	19	52	49	38	18	41	29	67	65		5,77	22,45	73,13	38,81	56,72
12.09	20	59	53	37	15	36	27	66	68		10,17	30,19	77,27	45,45	59,09
13.09	21	118	94	45	19	35	29	70	71		20,34	52,13	72,86	50,00	58,57
14.09	22	70	63	50	25	49	43	77	81		10,00	20,63	67,53	36,36	44,16
15.09	23	67	54	42	13	29	28	71	69		19,40	22,22	81,69	59,15	60,56
16.09	24	62	52	38	15	40	33	69	71		16,13	26,92	78,26	42,03	52,17
18.09	25	70	68	20	35	43	27	73	78		2,86	70,59	52,05	41,10	63,01
19.09	27	76	64	43	31	53	42	77	77		15,79	32,81	59,74	31,17	45,45
20.09	28	72	52	38	22	43	38	69	70		27,78	26,92	68,12	37,68	44,93
21.09	29	67	52	36	23	46	34	57	59		22,39	30,77	59,65	19,30	40,35
22.09	30	54	49	34	20	38	32	63	65		9,26	30,61	68,25	39,68	49,21

Continuação da TABELA F.4 – Resultados de cor verdadeira em uH e % de remoções nos pré-filtros de filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAsh	R%PFD	R%PFVa	R%FL11	R%FL13	R%FL21
23.10	60														
24.10	61														
25.10	62														
26.10	64	54	42	26	3	10	9	31		57	22,22	38,10	90,32	67,74	70,97
27.10	65	79	81	54	14	30	30	70		68	(2,53)	33,33	80,00	57,14	57,14
28.10	66	68	59	31	16	24	33	59		59	13,24	47,46	72,88	59,32	44,07
29.10	67	54	47	29	12	26	25	57		58	12,96	38,30	78,95	54,39	56,14
30.10	68	53	45	32	18	34	29	55		43	15,09	28,89	67,27	38,18	47,27
31.10	69	48	42	32	15	30	27	57		54	12,50	23,81	73,68	47,37	52,63
01.11	70	49	43	27	17	30	26	54		54	12,24	37,21	68,52	44,44	51,85
02.11	71	44	38	27	14	25	26	52		51	13,64	28,95	73,08	51,92	50,00
03.11	72	47	39	28	14	28	26	59		60	17,02	28,21	76,27	52,54	55,93
04.11	73	48	40	28	18	32	28	67		67	16,67	30,00	73,13	52,24	58,21
05.11	74	46	39	27	17	33	22	67		57	15,22	30,77	74,63	50,75	67,16
06.11	75	51	45	31	19	35	29	68		49	11,76	31,11	72,06	48,53	57,35
07.11	76	48	40	26	23	37	30	64		64	16,67	35,00	64,06	42,19	53,13
09.11	78	44	38	24	10	27	19	54		63	13,64	36,84	81,48	50,00	64,81
10.11	79	48	43	24	7	15	11	27		61	10,42	44,19	74,07	44,44	59,26
12.11	81	83	83	83	13	24	18	83		112	-	-	84,34	71,08	78,31
13.11	82	67	64	55	14	30	27	55		73	4,48	14,06	74,55	45,45	50,91
14.11	83	92	96	69	11	28	26	41		98	(4,35)	28,13	73,17	31,71	36,59
15.11	84	81	77	59	18	34	39	46		81	4,94	23,38	60,87	26,09	15,22
16.11	85	71	71	56	16	33	32	47		91	-	21,13	65,96	29,79	31,91

TABELA F.5 – Resultados de absorvância em cm⁻¹ e % de reduções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont	PFVA sh	%R PFD	%RPFVA	% R FL11	% R FL13	% R FL21
31.08	9	0,095	0,095	0,085	0,03	0,092	0,073	0,104		0,00	10,53	71,15	11,54	42,47
04.09	13	0,169	0,176	0,167	0,077	0,193	0,171	0,188		-4,14	5,11	59,04	-2,66	9,94
14.09	23	0,138	0,136	0,141	0,04	0,13	0,122	0,166		1,45	-3,68	75,90	21,69	36,07
19.09	27	0,109	0,11	0,108	0,045	0,118	0,101	0,145		-0,92	1,82	68,97	18,62	43,56
21.09	29	0,1	0,109	0,105	0,045	0,106	0,089	0,125		-9,00	3,67	64,00	15,20	40,45
25.09	33	0,097	0,089	0,083	0,041	0,091	0,08	0,122		8,25	6,74	66,39	25,41	52,50
28.09	36			0,069	0,032	0,072	0,067	0,104				69,23	30,77	55,22
02.10	40	0,086	0,083	0,071	0,026	0,071	0,066	0,106		3,49	14,46	75,47	33,02	60,61
05.10	43	0,095	0,091	0,074	0,026	0,071	0,061	0,117		4,21	18,68	77,78	39,32	91,80
09.10	47	0,093	0,091	0,078	0,035	0,08	0,069	0,12		2,15	14,29	70,83	33,33	73,91
11.10	49	0,085	0,085	0,069	0,024	0,069	0,059	0,11		0,00	18,82	78,18	37,27	86,44
16.10	54	0,084	0,082	0,07	0,028	0,068	0,062	0,109		2,38	14,63	74,31	37,61	75,81
23.10	61	0,083	0,091	0,062	0,012	0,034	0,028	0,078	0,104	-9,64	31,87	84,62	56,41	178,57
26.10	64	0,102	0,095	0,079	0,015	0,042	0,038	0,084	0,112	6,86	16,84	82,14	50,00	121,05
30.10	68	0,077	0,083	0,071	0,028	0,067	0,068		0,1	-7,79	14,46			
01.11	70	0,066	0,069	0,061	0,021	0,06	0,058	0,098	0,11	-4,55	11,59	78,57	38,78	68,97
06.11	75	0,068	0,066	0,054	0,019	0,059	0,047	0,101	0,054	2,94	18,18	81,19	41,58	114,89
09.11	78	0,07	0,065	0,056	0,018	0,06	0,048	0,101	0,104	7,14	13,85	82,18	40,59	110,42
13.11	82	0,147	0,149	0,138	0,025	0,086	0,071	0,119	0,174	-1,36	7,38	78,99	27,73	67,61

TABELA F.6 – Resultados de carbono carbono orgânico dissolvido em mg/l e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1 mont	PFVA sh	%R PFD	%RPFVA	%R FL11	%R FL13	%R FL21
31.08	9	2,70	3,48	3,00	1,16	2,38	2,52	2,44		-28,80	-16,29	52,43	2,66	-3,36
04.09	13	5,03	5,03	4,63	1,37	3,60	4,65	2,35		0,06	-8,66	41,71	-53,39	-98,13
14.09	22	2,42	2,40	2,25	1,10	2,64	2,41	2,43		0,62	-6,85	54,74	-8,38	1,17
19.09	27	2,68	2,41	2,81	1,03	2,80	2,31	3,16		10,25	14,40	67,35	11,52	26,81
21.09	29													
25.09	33	1,93	1,82	1,68	0,56	1,71	1,57	2,33		5,55	-8,33	75,98	26,86	32,86
28.09	36	1,98	1,94	1,68	0,98	2,16	2,09	2,36		2,12	-15,29	58,50	8,84	11,51
02.10	40	1,33	1,12	1,51	0,78	1,68	2,66	2,56		15,62	25,77	69,52	34,45	-4,14
05.10	43	2,79	2,05	2,24	0,90	1,84	1,65	2,45		26,32	8,23	63,14	24,98	32,53
09.10	47	2,10	2,07	3,13	1,67	1,96	2,46	4,02		1,62	33,94	58,32	51,28	38,73
11.10	49	2,45	2,34	2,25	1,15	2,52	2,71	0,42		4,50	-3,92	-173,27	-500,48	-547,02
16.10	54	1,28	2,34	1,58	1,21	1,53	1,97	1,83		-83,23	-48,16	34,06	16,32	-7,75
23.10	61	2,23	1,82	2,11	0,66	1,82	0,00	0,00	2,08	18,76	14,06			
26.10	64	2,11	1,94	0,00	0,54	1,50	1,40	2,20		8,20		75,68	31,73	36,55
30.10	68	1,99	2,23	1,70	0,92	1,95	1,97	2,42		-11,99	-31,36	61,88	19,19	18,37
01.11	70	2,25	2,21	2,34	1,28	2,37	2,44	2,33		1,73	5,35	44,98	-1,63	-4,33
06.11	75	1,05	0,00	0,94	0,00	0,81	0,95	1,03		100,00	100,00	100,00	21,43	7,95
09.11	78	2,14	1,58	1,32	0,99	1,63	1,92	1,90		26,40	-19,50	47,76	13,83	-1,27
13.11	82	4,25	4,26	3,90	0,50	2,71	2,39	4,30	4,44		-9,07	88,28	36,92	44,26

TABELA F.7 – Resultados de oxigênio consumido em mg/L e % de remoções nos pré-filtros e filtros lentos

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL11 mont	PFVA sh	% R PFD	% RPFVA	%FL11	%FL13	%FL21
31/08	9	3,15	2,05	2,65	0,55	2,8	2,5	2,9		34,92		81,03	3,45	13,79
04.09	13	6,4	5,7	5,5	3,25					10,94	3,51			
14.09	23	4,95	4,1	3,79	0,6	3,4	3,4	4,55		17,17	7,56	86,81	25,27	25,27
19.09	27	4,2	2,95	2,6	0,72	2,6	2,35	3,25		29,76	11,86	77,85	20,00	27,69
21.09	29	3,2	2,65	2,4	0,55	1,75	1,95	1,85		17,19	9,43	70,27	5,41	
25.09	33	2,55	1,8	1,8	0,3	1,65	1,55	2,95		29,41	0,00	89,83	44,07	47,46
28.09	36	2	1,7	1,35	0,5	1,45	1,2	2,25		15,00	20,59	77,78	35,56	46,67
02.10	40	2,7	2,05	1,55	0,65	1,75	1,9	2,15		24,07	24,39	69,77	18,60	11,63
05.10	43	2,7	2,7	1,8	0,75	2	1,95	3,6		0,00	33,33	79,17	44,44	45,83
09.10	47	1,95	1,75	1,05	0,6	1,75	1,7	3,35		10,26	40,00	82,09	47,76	49,25
11.10	49	2,8	2	1,5	0,65	1,65	1,8	2,1		28,57	25,00	69,05	21,43	14,29
16.10	54	2,55	1,85	1,3	1,3	1,6	1,5	2,4		27,45	29,73	45,83	33,33	37,50
23.10	61	2,6	1,6	1,2	0,65	0,5	0,75	4,75		38,46	25,00	86,32	89,47	84,21
26.10	64	2,85	1,75	1,8	0,05	0,85	1,1	1,85	2,55	38,60		97,30	54,05	40,54
30.10	68	2,8	2,2	0,55	0,05	0,05	1,3	0,1	1,65	21,43	75,00	50,00	50,00	
01.11	70	2	1,2	1,25	0,15	1,05	0,95	2,7		40,00		94,44	61,11	64,81
06.11	75	1,45	0,45	0,3	0,11	0,14	0,1	1,55	1,55	68,97	33,33	92,90	90,97	93,55
09.11	78	2,6	1,9	1,3	0,4	1,8	1,3	2,2	2,2	26,92	31,58	81,82	18,18	40,91
13.11	82	6,45	5,45	4,65	0,2	2,35	2,25	5,65	4,3	15,50	14,68	96,46	58,41	60,18

TABELA F.8 – Resultados de pH

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAssh
24.08	1	7,22	7,39	7,35	6,65	6,83	6,98			
25.08	2	7,22	7,24	7,2	6,19	6,83	7,07	7,36	7,36	
26.08	3	7,06	7,27	7,21	6,19	6,97	7,19	7,47	7,41	
27.08	4	7,01	7,29	7,22	6,19	6,98	7,17	7,45	7,46	
28.08	5	7	7,24	7,11	6,38	6,98	7,19	7,39	7,39	
29.08	6	6,59	6,85	6,97	6,55	6,81	6,93	7,04	7,04	
30.08	7	6,6	6,79	6,66	6,67	6,82	6,94	7,04	7,04	
31.08	8	6,76	6,85	6,86	6,63	6,84	6,96	7,02	7,02	
01.09	9	6,8	6,91	6,91	6,63	6,81	7,02	6,96	6,92	
02.09	10	6,89	6,91	6,95	6,7	7	7,03	7,12	7,12	
03.09	11	6,6	6,67	6,63	6,64	6,63	6,78	6,77	6,7	
04.09	12	6,6	6,69	6,71	6,64	6,67	6,78	6,84	6,84	
05.09	13	6,65	6,84	6,71	6,64	6,81	6,87	6,72	6,88	
06.09	14	6,73	6,85	6,75	6,59	6,67	6,81	6,92	6,92	
07.09	15	6,6	6,85	6,78	6,52	6,76	6,83	6,98	6,98	
08.09	16	6,77	6,88	6,85	6,45	6,74	6,86	7,06	7,06	
09.09	17	6,78	7	6,85	6,45	6,76	6,93	7,09	6,96	
11.09	18	6,81	6,79	6,9	6,38	6,78	6,79	7,08	7,08	
12.09	19	6,73	6,85	6,89	6,26	6,8	6,91	7,06	7,06	
13.09	20	6,57	6,67	6,79	6,24	6,75	6,84	6,94	6,94	
14.09	21	6,62	6,69	6,6	6,28	6,76	6,84	6,94	6,94	
15.09	22	6,67	6,82	6,69	6,29	6,61	6,79	6,77	6,77	
16.09	23	6,72	6,83	6,77	6,29	6,72	6,81	6,93	6,93	
18.09	24	6,65	6,83	6,76	6,26	6,71	6,81	6,9	6,9	
19.09	27	6,7	6,74	6,52	6,1	6,56	6,7	6,85	6,94	
20.09	28	6,81	6,93	6,84	6,25	6,74	6,82	7,01	7,01	
21.09	29	6,84	6,98	6,92	6,45	6,8	6,92	7,04	7,04	
22.09	30	6,73	6,78	6,79	6,17	6,66	6,8	6,97	6,97	

Continuação da TABELA F.8 – Resultados de pH

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAssh
22.09	31	6,81	6,88	6,85	6,22	6,76	6,87	6,93	6,93	
23.09	32	6,77	6,94	6,78	6,27	6,77	6,95	7,03	7,03	
24.09	33	6,77	6,81	6,9	6,33	6,74	6,88	7,05	7,05	
25.09	34	6,78	6,91	6,85	6,54	6,89	6,91	7,05	7,05	
26.09	35	6,78	6,85	6,9	6,63	6,9	6,91	7,05	7,05	
27.09	36	6,77	6,85	6,76	6,38	6,75	6,78	6,9	6,9	
28.09	37	6,77	6,85	6,87	6,3	6,81	6,83	7,01	7,01	
29.09	38	6,82	6,86	6,77	6,39	6,84	6,92	6,98	6,98	
30.09	39	6,81	6,86	6,84	6,45	6,81	6,89	6,97	6,97	
01.10	40	6,81	6,83	6,81	6,57	6,83	6,86	7,01	7,01	
02.10	41	6,79	6,83	6,83	6,44	6,82	6,87	7,02	7,02	
03.10	42	6,74	6,76	6,81	6,33	6,77	6,87	7	7	
04.10	43	6,74	6,77	6,68	6,21	6,76	6,76	6,94	6,94	
05.10	44	6,64	6,77	6,67	6,31	6,73	6,76	6,56	6,56	
06.10	45	6,83	6,9	6,88	6,31	6,8	6,82	7,01	7,01	
07.10	46	6,72	6,93	6,88	6,33	6,8	6,84	7,01	7,01	
08.10	47	6,87	6,87	6,84	6,38	6,8	6,71	7,17	7,17	
09.10	48	6,79	6,87	6,81	6,28	6,75	6,85	7,04	7,04	
10.10	49	6,78	6,87	6,83	6,24	6,81	6,82	6,97	6,97	
11.10	50	6,86	6,98	6,99	6,42	6,88	6,99	7,01	7,01	
12.10	51	6,78	6,92	6,89	6,28	6,75	6,86	7,33	7,33	
13.10	52	6,85	6,84	6,85	6,31	6,78	7,17	6,98	7,05	
14.10	53	6,98	6,86	6,83	6,3	6,78	7,03	7,03	7,03	
15.10	54	6,96	6,92	6,88	6,33	6,83	6,86	7,02	7,02	
16.10	55	6,73	6,83	6,96	6,28	6,75	6,83	7,25	7,25	
17.10	56	6,73	6,86	6,85	6,34	6,8	6,8	7,52	7,52	
18.10	57	6,99	6,89	6,85	6,4	6,75	6,81	7,04	7,04	
19.10	58	6,72	6,85	6,8	6,26	6,73	6,82	7,05	7,05	

Continuação da TABELA F.8 – Resultados de pH

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	FL2mont	PFVAssh
22.10	60	6,69	6,85	6,82	6,15	6,65	6,83	7,01	7,01	6,9
23.10	61	6,61	6,87	6,83	6,26	6,62	6,83	6,99	6,99	
24.10	62	6,63	6,81	6,86	6,3	6,71	6,76	6,7		6,83
25.10	63	6,59	6,71	6,92	6,32	6,6	6,69	6,75		6,74
26.10	64	6,66	6,71	6,99	6,57	6,57	6,81	6,79		6,68
27.10	65	6,69	6,75	6,85	6,25	6,58	6,77	7,02		6,7
28.10	66	6,73	6,78	6,85	6,21	6,62	6,8	7		6,81
29.10	67	6,72	6,78	6,84	6,19	6,73	6,74	6,96		6,81
30.10	68	6,72	6,7	6,9	6,27	6,6	6,73	6,92		6,74
31.10	69	6,71	6,8	6,91	6,33	6,74	6,83	6,92		6,81
01.11	70	6,63	6,74	6,85	6,21	6,69	6,73	6,85		6,7
02.11	71	6,75	6,85	6,99	6,47	6,74	6,92	7		6,92
03.11	72	6,7	6,83	6,91	6,23	6,71	6,79	7,02		6,89
04.11	73	6,72	6,82	6,94	6,3	6,7	6,78	7,01		6,81
05.11	74	6,83	6,75	6,94	6,3	6,69	6,82	7,03		6,82
06.11	75	6,84	6,76	6,92	6,23	6,68	6,8	7,01		6,79
07.11	76	6,73	6,8	7	6,18	6,84	6,8	7,01		6,77
09.11	78	6,66	6,74	6,94	6,01	6,61	6,7	6,96		6,66
10.11	79	6,7	6,82	7,02	6,4	6,76	6,74	6,78		6,89
12.11	81	6,25	6,52	6,74	6,43	6,51	6,69	6,47		6,62
13.11	82	6,42	6,47	6,61	6,36	6,51	6,58	6,44		6,48
14.11	83	6,38	6,49	6,62	6,5	6,24	6,51	6,2		6,48
15.11	84	6,31	6,56	6,6	6,37	6,24	6,38	6,19		6,49
16.11	85	6,46	6,57	6,8	6,36	6,26	6,41	6,33		6,51

TABELA F.9 – Resultados de condutividade elétrica (µs/cm)

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	PFVAssh
31.08	9	20,40	20,50	20,60	23,40	24,20	24,40	22,7	
04.09	13	22,00	22,20	22,30	22,50	26,20	26,30	26	
11.09	19	19,78	19,85	19,56	22,90	22,20	21,90	21,7	
14.09	23	18,88	18,98	19,37	20,80	23,30	22,60	21,7	
19.09	27	19,29	18,74	18,93	19,30	20,80	20,50	21	
21.09	29	18,20	18,54	18,65	20,20	20,90	20,70	18,4	
25.09	33	17,86	17,89	18,09	18,67	20,10	19,80	20,6	
28.09	36	22,40	16,97	17,36	18,67	19,33	19,51	19,16	
02.10	40	20,20	17,06	17,17	20,00	20,00	20,00	19,61	
05.10	43	18,18	17,65	18,67	19,14	20,50	19,90	20,8	
09.10	47	16,81	17,14	17,20	19,67	19,45	19,23	19,78	
11.10	49	17,65	17,21	17,64	20,50	21,30	20,60	20,5	
16.10	54	16,89	16,92	16,77	16,73	18,26	18,73	18,9	
19.10	57	18,14	18,27	17,80	20,00	54,30	21,60	20,6	
23.10	61	18,10	17,08	19,44	20,10	19,80	19,60	19,69	17,19
26.10	64	16,63	16,63	17,44	19,97	21,00	20,10	19,7	19,44
30.10	68	16,85	16,60	18,76	16,67	23,50	18,20	18,94	17,4
01.11	70	17,33	16,93	18,57	17,38	18,95	18,45	18,91	17,16
06.11	75	16,78	16,77	19,51	18,65	20,80	20,10	19,2	17,38
09.11	78	15,94	16,19	19,23	19,73	19,32	18,97	18,98	16,62
13.11	82	16,21	16,34	18,53	24,00	24,30	23,30	19,6	17,08

TABELA F.10- Medidas de temperatura em °C

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	PFVAssh
24.08	1	20	22	20	22,5	21	23,5		
25.08	2	20	22	22	23,5	23	23	22	
26.08	3	22	24	25	25	28	25	27	
27.08	4	21	25	25	25,0	27	25	27	
28.08	5	20	20,5	19	18,5	19	19,5	20	
29.08	6	18,5	18,0	19,5	16	17	16	18	
30.08	7	19	18	17,5	17	16,5	18	17	
31.08	8	19	20	20	18,5	19,0	18,5	19,5	
01.09	9	22	21,5	25	25,0	24,5	23,5	24	
02.09	10	20	20	18	18	18	17	18	
03.09	11	18	17	18	17,5	17,5	16	17	
04.09	12	16	17	14	15	13	14	14	
05.09	13	18	19,5	19	16,5	16,5	17,5	19,0	
06.09	14	20	20,0	21,0	20,5	21,0	19,0	22,5	
07.09	15	21	21	25	25	25	23	24	
08.09	16	20,5	20,5	24	22	22,5	22	24	
09.09	17	21,5	22,5	21	20,5	20	19,5	21	
11.09	18	21	22	22	22	21,5	21	23	
12.09	19	22	23,5	23	22,5	22	22,5	24	
13.09	20	22	22	22,5	20,5	22	20	21,5	
14.09	21	21,5	21,5	22	21	21	21	20,5	
15.09	22	23	24,5	28	26	28	25,5	27,5	
16.09	23	23,5	22	23	25,5	24,5	24	22,5	
18.09	24	22,5	24	24,5	25,5	25	26	24	
19.09	27	22,5	24	22,5	22	22,5	22	24	
20.09	28	24	25	28,5	26,5	29	28	29	
21.09	29	23,5	23	24	22	22	23	22	
22.09	30	24	25	29	28	31	29	29	

Continuação da TABELA F.10- Medidas de temperatura em °C

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	PFVAssh
23.09	31	25	24	27	29	27	28	26,5	
24.09	32	24	25	29	29	31	28	29,5	
25.09	33	22,5	22	21,5	20	20	20	21	
26.09	34	20	21,5	22,5	20	22	20	21	
27.09	35	20	22,5	23	21,5	22,5	22	24	
28.09	36	19	19	18,5	18	19	18	20	
29.09	37	22	24	27	24	27	27	28	
30.09	38	21,5	22,5	22,5	24,5	23	24	22	
01.10	39	22	23	25	26	26,5	26	25	
02.10	40	21,5	22,5	20,5	22	20	22	22	
03.10	41	25	28	27	30	30	29	30	
04.10	42	25	27	29,5	28	29	28	30	
05.10	43	24	23	22,5	23	22	22	23,5	
06.10	44	24	23	25	25	24	26	25	
07.10	45	24	24	26	27	26	27	27,5	
08.10	46	23	24,5	26,5	26,5	28	28	27	
09.10	47	22,5	22,5	21,5	22	22	23	22,5	
10.10	48	24	25	30	29	29	29	30	
11.10	49	24	25	24	23	23	24	23	
12.10	50	25	25	24	24	24	24	24	
13.10	51	26	29	32	32	31	31	32	
14.10	52	26	26	30	29	30	30	30	
15.10	53	26	28	31	30,5	30	30	31	
16.10	54	22	23	22	21	22	23	22	
17.10	55	26	27	30	30	32	29	30	
18.10	56	26	27	28	27	28,5	28	30	
19.10	57	24	25	24	25	25	26	25	
20.10	58	26	27	31	29	30	30,5	31	

Continuação da TABELA F.10- Medidas de temperatura em °C

Data	TO	AB	PFD	PFVA	FL11	FL13	FL21	FL1mont	PFVAssh
22.10	60	26	28	32	32	32	33	32	
23.10	61	25	26	25	27	26	27	26	
24.10	62	25	26	25	25	25	25	25	
25.10	63	25	23	24	24	22	23	22	
26.10	64	24	24	24	24	24	23	25	25
27.10	65	26	25	27	28	26	26	26	27
28.10	66	24	26	26	28	28	28	27	27
29.10	67	22	22	24,5	25	24	25	24	23
30.10	68	22	23	22	20	20,5	21	21	20
31.10	69	24	23	23	23	22,5	24	24	23
01.11	70	22,5	24	22	24	23	22,5	24	22
02.11	71	26	25,5	28	30	31	29	30	29
03.11	72	26	26	29	29	29	29	31	30
04.11	73	26	26	28,5	29,5	29	29	30	27
05.11	74	30	26,5	26	29	26	30	30,5	29
06.11	75	24	24	24	24	23	25	24	24
07.11	76	25	26	26	25	26,5	27	27	27
09.11	78	24	23	23,5	24	22	23	24	23
10.11	79	25	26	31	29	31	30	30	28
12.11	81	24	27	28	26	29	27,5	30	29
13.11	82	24	23	22	24	23	22	24	22
14.11	83	24,5	24	24	24	23,5	23	23,5	23
15.11	84	23	23	27	24	27	26	24	28
16.11	85	24	25	24	24	24	24	24	23