

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

INFLUÊNCIA DA UNIFORMIDADE DA AREIA NA
FILTRAÇÃO LENTA DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

ÁLVARO ESCOBAR RIVERA

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 Hidráulica e
Saneamento.

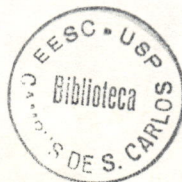
ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIZ DI BERNARDO

DEDALUS - Acervo - EESC



31100017781

São Carlos
Estado de São Paulo
1995



Class. Tese - EESC
Cutt. 1997
Tombo 083/95

Hidráulica

st 0742120

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

E74i

Escobar Rivera, Alvaro
Influência da uniformidade da areia na filtração lenta de águas
de abastecimento / Alvaro Escobar Rivera. -- São Carlos, 1995.
326p.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 1995.
Orientador: Luiz Di Bernardo

1. Filtração lenta - água. 2. Águas de abastecimento. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 08/5/1995
perante a Comissão Julgadora:



Prof. Doutor LUIZ DI BERNARDO - Orientador
(Escola de Engenharia de São Carlos - USP)



Prof. Doutor MARCO ANTONIO PENALVA REALI
(Escola de Engenharia de São Carlos - USP)



Prof. Doutor BERNARDO A. DO NASCIMENTO TEIXEIRA
(Universidade Federal de São Carlos)



Presidente da Comissão de Pós-Graduação
Prof. Dr. EDUARDO CLETO PIRES



Coordenador da área - Hidráulica e Saneamento
Prof. Dr. EDUARDO CLETO PIRES

*"O alvo está sempre se afastando de nós.
Quanto maior o progresso, maior o reconhecimento
de nosso imerecimento. A satisfação está
no esforço, não na realização."*

Mahatma Gandhi

**Aos meus pais e irmãos
À memória do meu tio Julian**

AGRADECIMENTOS

A Deus que renova todas as coisas.

A querida Mirléia, por ser mais que amiga e companheira.

Ao prof. Dr. Luiz Di Bernardo, pelos ensinamentos técnicos, valiosa orientação, apoio e confiança depositada durante a realização do curso de pós-graduação.

Aos professores e funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, pelo contínuo apoio e motivação.

Aos colegas do "Centro Inter-regional de Abastecimento y Remoción de Agua de la Universidad del Valle, CINARA", pela amizade e experiências prévias.

Aos amigos que aqui conheci e que fizeram parte desta bela experiência de vida.

À Mineração Jundu s.a, pela ajuda fornecida na preparação dos meios filtrantes nas suas dependências.

À Fundação de Amparo à Pesquisa Técnico - Científica do Estado de São Paulo, FAPESP, pela concessão de bolsa a nível de mestrado, processo Nº 92 / 3689-1.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE SÍMBOLOS.....	vii
RESUMO.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	4
3. REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1. HISTÓRICO.....	5
3.2. TEORIA DA FILTRAÇÃO LENTA	6
3.2.1. MECANISMOS DA FILTRAÇÃO	20
3.2.1.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE	20
3.2.2. MECANISMOS DE ADERÊNCIA	22
3.2.3. AÇÃO BIOLÓGICA E QUÍMICA	23
3.2.4. AÇÃO DE ALGAS.....	24
3.3. HIDRÁULICA DA FILTRAÇÃO LENTA.....	25
3.4. ELEMENTOS BÁSICOS DO FILTRO.....	28
4. METODOLOGIA.....	30
4.1. DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO.....	30
4.1.1. UNIDADES FILTRANTES.....	30
4.1.1.1. CAMADA SUPORTE	34

4.1.1.2. CAMADA DE AREIA	34
4.1.2. BOMBEAMENTO DE ÁGUA BRUTA.....	36
4.1.2.1. SISTEMA 1.....	36
4.1.2.2 SISTEMA 2.....	36
4.1.3 CONTROLE DE VAZÃO AFLUENTE AOS FILTROS	37
4.1.4. MEDIÇÃO DA PERDA DE CARGA.....	37
4.1.5. TAXAS DE FILTRAÇÃO	36
4.1.6. MEIOS FILTRANTES.....	40
4.1.6.1. TESTES DE CARACTERIZAÇÃO	41
4.1.6.1.1. MASSA ESPECÍFICA APARENTE.....	41
4.1.6.1.1.1 UMIDADE	46
4.1.6.1.2. MASSA ESPECÍFICA APARENTE SECA	47
4.1.6.1.3. ÍNDICE DE VACIOS E POROSIDADE	47
4.1.6.1.4. COEFICIENTE DE ESFERICIDADE.....	48
4.2. MEDIDAS EFETUADAS E FREQUÊNCIA DE COLETA DE.....	48
4.3. FUNCIONAMENTO DOS FILTROS.....	50
4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	51
5. RESULTADOS.....	53
5.1. CARACTERIZAÇÃO MEIOS FILTRANTES.....	53
5.2. REULTADOS DOS ENSAIOS 1, 2 e 3.....	54
6. DISCUSSÃO	84
6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MEIOS FILTRANTES.....	84
6.2. ENSAIOS.....	85
6.2.1. ENSAIO 1	85
6.2.1.1. PERDA DE CARGA.....	85
6.2.1.2. PENETRAÇÃO DE IMPUREZAS	86
6.2.1.3. AUMENTO NO TEMPO DE FUNCIONAMENTO.....	87
6.2.1.4. QUALIDADE DO EFLUENTE	87
6.2.1.5. TAMANHO E NÚMERO DE PARTÍCULAS.....	89
6.2.2. ENSAIOS 2 e 3.....	90

6.2.2.1. PERDA DE CARGA.....	91
6.2.2.2. PENETRAÇÃO DE IMPUREZAS.....	92
6.2.2.3. AUMENTO NO TEMPO DE FUNCIONAMENTO.....	93
6.2.2.4. QUALIDADE DO EFLUENTE	93
6.2.2.5. TAMANHO E NÚMERO DE PARTÍCULAS.....	95
7. CONCLUSÕES.....	97
8. RECOMENDAÇÕES	99
APÊNDICE A Características da Areia	101
APÊNDICE B Tabelas e Figuras do Ensaio 1	115
APÊNDICE C Tabelas e Figuras do Ensaio 3	187
APÊNDICE D Tabelas e Figuras do Ensaio 2.....	262
APÊNDICE E Análise Estatística dos Dados dos Ensaios 1,2 e 3.....	312
9. BIBLIOGRAFIA.....	321

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	ESTAÇÃO PILOTO DE LAWRENCE - PORCENTAGEM DE BACTÉRIAS NOS EFLUENTES DOS FILTROS PARA OS DIFERENTES TAMANHOS EFETIVOS (De)	8
Tabela 3.2	ESPECIFICAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA AREIA E CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO FILTRO DA INSTALAÇÃO PILOTO DE QAKLAND	11
Tabela 3.3	ESPECIFICAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA AREIA E CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO FILTRO 1 DA INSTALAÇÃO PILOTO DE WINTHROP.	12
Tabela 3.4	ESPECIFICAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA AREIA E CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO FILTRO 2 DA INSTALAÇÃO PILOTO DE WINTHROP	13
Tabela 3.5	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DOS MEDIOS EM OITO SISTEMAS DE TRATAMENTO NOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	14
Tabela 3.6	ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DOS MEIOS FILTRANTES	15
Tabela 3.7	COMPARAÇÃO DE ESPECIFICAÇÕES E CUSTOS DA AREIA A SER CONSIDERADA NO PROJETO DE FILTRAÇÃO LENTA EM AREIA, EM COLORADO	16
Tabela 3.8	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS RECOMENDADAS PARA A AREIA EMPREGADA EM FILTROS LENTOS	17
Tabela 4.1	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DO MEIO DA CAMADA DE SOPORTE	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.2	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DO FILTRANTE	36
Tabela 4.3	TAXAS DE FILTRAÇÃO DURANTE O PERÍODO DE OPERAÇÃO	39
Tabela 4.4	DISTRIBUIÇÃO EM PORCENTAGEM E PESO DOS MEIOS FILTRANTES DE AREIA PARA AS DIFERENTES UNIDADES DE FILTRAÇÃO	40
Tabela 4.5	ESPECIFICAÇÕES DOS COEFICIENTES CDU , D_e , DAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS TEÓRICAS PROPOSTA E REAL OBTIDA	41
Tabela 4.6	PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DE CONTROLE	49
Tabela 5.1	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO DURANTE O ENSAIO 1.	55
Tabela 5.2	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO DURANTE O ENSAIO 1.	56
Tabela 5.3	ESTATÍSTICA INDUTIVA DOS DADOS DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO, UTILIZANDO OS TESTES F E WILK. ENSAIO 1	57
Tabela 5.4	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO DURANTE O ENSAIO 3.	58
Tabela 5.5	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO DURANTE O ENSAIO 3.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.6	ESTATÍSTICA INDUTIVA DOS DADOS DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO, UTILIZANDO OS TETSES F E WILK. ENSAIO 3	60
Tabela 5.7	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO DURANTE O ENSAIO 2.	61
Tabela 5.8	ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO DURANTE O ENSAIO 2.	62
Tabela 5.9	ESTATÍSTICA INDUTIVA DOS DADOS DO NÚMERO DE PARTÍCULAS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO, UTILIZANDO OS TETSES F E WILK. ENSAIO 2	63
Tabela 5.10	ESTATÍSTICA INDUTIVA DOS DADOS DAS PARTÍCULAS DA ÁGUA BRUTA E DOS EFLUENTES DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO, UTILIZANDO O TESTE DE COMPARAÇÃO MULTIPLA.	64
Tabela 5.11	VALORES DOS EXAMES BACTERIOLÓGICOS NO AFLUENTE E EFLUENTE DAS UNIDADES DE FILTRAÇÃO. ENSAIOS 1, 2 E 3.	65
Tabela 5.12	PENETRAÇÃO DE IMPUREZAS EM FUNÇÃO DA TAXA DE FILTRAÇÃO E DOS CDU E D_e , DAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS REAIS OBTIDAS	66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1	RELAÇÃO ENTRE O TAMANHO DO GRÃO E ABERTURA DOS POROS	20
FIGURA 3.2	ESQUEMA DO MECANISMO DE DIFUSÃO	22
FIGURA 3.3	DISTRIBUIÇÃO DE PRESSÃO NO LEITO DE UM FILTRO LENTO	27
FIGURA 3.4	ELEMENTOS BÁSICOS DE UM FILTRO LENTO EM AREIA	28
FIGURA 4.1	PLANTA ESQUEMÁTICA DA INSTALAÇÃO-PILOTO	31
FIGURA 4.2	ESQUEMA GERAL DA INSTALAÇÃO PILOTO	32
FIGURA 4.3	POSIÇÃO DAS TOMADAS DOS PIEZÔMETROS E DISTRIBUIÇÃO DAS CAMADAS DE AREIA E PEDREGULHO	33
FIGURA 4.4	ZONA DE INFLUÊNCIA SOBRE O COEFICIENTE DE NÃO-UNIFORMIDADE	35
FIGURA 4.5	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO A CAIXA DE DISTRUBUIÇÃO DE ÁGUA AOS FILTROS DA INSTALAÇÃO.	38
FIGURA 4.6	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO OS FILTROS DA INSTALAÇÃO E AS TOMADAS DOS PIEZÔMETROS	38
FIGURA 4.7	CURVA GRANULOMÉTRICA REAL FILTRO 1	42
FIGURA 4.8	CURVA GRANULOMÉTRICA REAL FILTRO 2	43
FIGURA 4.9	CURVA GRANULOMÉTRICA REAL FILTRO 3	44
FIGURA 4.10	CURVA GRANULOMÉTRICA REAL FILTRO 4	45
FIGURA 4.11	RELAÇÕES DE VOLUME E MASSA	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.12	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO INÍCIO DA OPERAÇÃO DE LAVAGEM	51
FIGURA 5.1	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - TURBIDEZ ENSAIO 1a	67
FIGURA 5.2	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - COR ENSAIO 1a	68
FIGURA 5.3	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - TURBIDEZ ENSAIO 1b	69
FIGURA 5.4	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - COR ENSAIO 1b	70
FIGURA 5.5	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - TURBIDEZ ENSAIO 1c	71
FIGURA 5.6	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - COR ENSAIO 1c	72
FIGURA 5.7	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - TURBIDEZ ENSAIO 3a	73
FIGURA 5.8	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - COR ENSAIO 3a	74
FIGURA 5.9	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - TURBIDEZ ENSAIO 3b	75
FIGURA 5.10	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - COR ENSAIO 3b	76
FIGURA 5.11	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - TURBIDEZ ENSAIO 2a	77
FIGURA 5.12	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - COR ENSAIO 2a	78
FIGURA 5.13	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - TURBIDEZ ENSAIO 2b	79
FIGURA 5.14	COMPARAÇÃO GRAFICA DOS QUARTIS - COR ENSAIO 2B	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5.15	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO A SEQUÊNCIA DE LAVAGEM SUPERFICIAL	81
FIGURA 5.16	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO PENETRAÇÃO DE IMPUREZAS NO TOPO DO MEIO FILTRANTE, PARA O FILTRO FLA1, TAXA DE FILTRAÇÃO 4,8 M ³ /M ² .d	82
FIGURA 5.17	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO PENETRAÇÃO DE IMPUREZAS NO TOPO DO MEIO FILTRANTE, PARA O FILTRO FLA2, TAXA DE FILTRAÇÃO 4,8 M ³ /M ² .d	82
FIGURA 5.18	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO PENETRAÇÃO DE IMPUREZAS NO TOPO DO MEIO FILTRANTE, PARA O FILTRO FLA3, TAXA DE FILTRAÇÃO 4,8 M ³ /M ² .d	83
FIGURA 5.19	FOTOGRAFIA ILUSTRANDO PENETRAÇÃO DE IMPUREZAS NO TOPO DO MEIO FILTRANTE, PARA O FILTRO FLA4, TAXA DE FILTRAÇÃO 4,8 M ³ /M ² .d	83

LISTA DE SIMBOLOS

Ce	: coeficiente de esfericidade
CDU	: coeficiente de não-uniformidade
D ₆₀	: tamanho da abertura da malha pelo qual passa 60%, em peso, de uma amostra representativa (mm)
D _e	: tamanho da abertura da malha pelo qual passa 10% em peso de uma amostra representativa (mm)
ε	: porosidade
e	: índice de vazios
ε_{ij}	: erro aleatório do modelo aplicado
F	: distribuição de probabilidade de Snedecor
g	: aceleração da gravidade (m/seg ²)
H _o	: perda de carga inicial (m)
H _{máx}	: perda de carga necessária para não ocorrer pressão negativa (m)
H _t	: perda de carga no tempo (m)
K	: coeficiente de condutividade (m/seg)
K'	: número de tratamentos
L	: espessura do meio filtrante (m)
Ma	: massa de areia equivalente ao volume de coleta (g)
Mag	: massa da água (g)
Mar	: massa da areia (g)
SQ total	: soma dos quadrados totais
SQ modelo	: soma dos quadrados do modelo
SQ erro	: soma dos quadrados dos erros
t	: temperatura (°C)
μ	: efeito global ou medida global da população
μ_g	: média geométrica
μ_i	: média do dado do i-ésimo filtro
V _v	: volume de vazios (cm ³)
V _c	: volume de cilindro de coleta (cm ³)
V _a	: volume de grão de areia (cm ³)
V _t	: volume total (cm ³)
Y	: média global dos dados
Y _i	: média do tratamento

LISTA DE SIMBOLOS

Y_{ij}	: variavel do resposta do i-ésimo filtro na j-ésima observação
ν	: viscosidade cinemática (N.s/m ²)
σ_g	: desvio padrão geométrico
ρ_a	: massa específica aparente da amostra (g\cm ³)
W	: umidade do meio filtrante

RESUMO

O presente trabalho de pesquisa teve por objetivo investigar experimentalmente a influência da uniformidade da areia no desempenho da filtração lenta, quando utilizados meios filtrantes não estratificados heterogêneos com diferentes coeficientes de desuniformidade (CDU).

A investigação foi realizada em uma instalação piloto constituída de quatro filtros contendo meios filtrantes de areia com valores CDU compreendidos entre 2,24 a 4,30, trabalhando em paralelo. Efetuaram-se ensaios com três taxas de filtração, de 6,0, 4,8 e 2,4 m³/m².d, monitorando-se, no afluente e efluente, os seguintes parâmetros: turbidez, cor aparente, pH, temperatura, NMP coliformes fecais, UFC de bactérias heterótrofas e contagem de partículas, bem como a evolução da perda de carga.

Os resultados mostram a influência no desempenho da filtração lenta que se tem quando são utilizados meios filtrantes com CDU em torno de 4,30 e tamanho efetivo 0,2 mm, encontrando-se aumento significativo na duração da carreira de filtração, da ordem de 3,8 vezes quando comparadas com CDU em torno de 2,24 e tamanho efetivo 0,20 mm. A qualidade da água filtrada resultou satisfatória quando utilizadas taxas até 4,8 m³/m².d, o que será de grande ajuda no aproveitamento de areias locais a serem utilizadas como meios filtrantes na filtração lenta, uma vez que poderão ser menores os custos diretos durante a fase de construção.

ABSTRACT

The influence of sand uniformity coefficient-SUC on the performance of slow sand filtration - SSF was investigated in this research work with the objective to obtain a rational criterion for the selection of the most appropriate filtering material.

The experimental work was carried out in a pilot plant consisted of four filters, each one containing sand with different SUC, between 2,24 and 4,30 and the effective size approximately equal to 0,2 mm for all sands. Tests were conducted at the same time in all filters for filtration rates of 6,0, 4,8 and 2,4 m/d and the following parameters were monitored for the affluent and effluents: turbidity, apparent color, pH, temperature, faecal coliformes counting, heterotrophic bacteria counting, particles counting and head loss.

Based on the experimental work performed it was verified that the SUC has a significant influence on the performance of slow sand filtration technology. Filter run times in the filter with the highest SUC resulted 3,8 times longer than those observed in the filters with the lowest SUC and the effluent water quality of the filters resulted approximately the same for all filtration rates studied.

1. INTRODUÇÃO

Com o acelerado desenvolvimento industrial e a urbanização acentuada verificada nas últimas décadas, a disponibilidade de mananciais livres de algum tipo de poluição tornou-se bastante restrita. É cada vez mais importante poder se contar com um sistema de tratamento de água que ofereça condições seguras quanto ao aspecto de saúde, tanto no meio urbano como nas comunidades rurais.

Os avanços tecnológicos alcançados, frente à necessidade de se atender demandas cada vez maiores de água potável, fizeram com que surgissem várias técnicas de tratamento de água. O processo de tratamento por filtração lenta foi o primeiro a ser usado, porém logo cedeu lugar aos filtros rápidos, de tecnologia mais sofisticada. Com o tempo, os filtros lentos passaram a ser pouco aplicados e estudados.

Nos últimos anos, novas pesquisas vêm sendo realizadas sobre a filtração lenta, procurando-se aproveitar a sua alta capacidade na retenção de microrganismos com destaque a coliformes e cistos de *Giardia* e, também, por ser uma tecnologia de custo operacional relativamente baixo, especialmente para pequenas comunidades.

A filtração lenta apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias, destacando-se: (i) não é necessária a utilização de produtos químicos para coagulação das impurezas (apenas desinfecção final); (ii) não exige equipamentos sofisticados de controle; (iii) não necessita operadores altamente qualificados; (iv) seu projeto é simples.

Estas vantagens reduzem os custos iniciais de implantação, operação e manutenção deste sistema e, possibilitam as pequenas comunidades como também os

países que não podem ter acesso às técnicas mais avançadas e nem possuem pessoal qualificado, adquirirão um processo bastante eficiente na remoção de microrganismos, sendo, entretanto, recomendável a desinfecção como barreira sanitária adicional. A água assim tratada, além de ser segura ao ser humano, deve apresentar características estéticas agradáveis para ser aceita (baixa cor, ausência de sabor e de odor) além de conter teor elevado de oxigênio dissolvido. Os valores limites das características físicas, químicas, biológicas e microbiológicas da água estão contidas nos padrões de potabilidade da Portaria Nº 36/GM (1990) vigente no Brasil.

A filtração lenta deve ser encarada como uma alternativa para o tratamento de água destinado ao consumo humano, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil e a Colômbia, por serem países com desenvolvimento não uniforme e por possuírem grande número de comunidades de pequeno porte e também uma grande extensão rural. Isto torna a filtração lenta, em alguns casos, a única alternativa para atender muitas comunidades com água tratada, pois também permite a utilização de materiais e mão de obra locais.

Existem algumas instalações de filtros lentos em operação no Brasil, porém, devido ao pouco conhecimento sobre o assunto, várias deficiências foram verificadas por HESPANHOL (1969) em seu trabalho sobre os filtros lentos no país. Além das deficiências de projeto e de operação das instalações, não existe, em muitos casos, a manutenção devido ao conceito, por parte das autoridades administrativas, de que este sistema necessita pouca assistência.

Muitas vezes há dificuldades na obtenção da areia que atenda às características granulométricas preconizadas na literatura. Para as comunidades de pequeno porte e ao meio rural, tais recomendações constituem uma barreira ao emprego da filtração lenta. Por isso é importante pesquisar alguns parâmetros, em especial, o coeficiente de desuniformidade (CDU), pois há autores e instituições que indicam valores até 5, sem contudo, fornecerem dados que justifiquem essa recomendação, pois, se os tamanhos do menor e do maior grão e o tamanho efetivo (D_e) não forem alterados significativamente, o emprego de areia com coeficiente CDU igual a 2 ou 4 poderá influir no desempenho da filtração lenta.

Assim, o estudo e conhecimento acerca da influência das características da areia nos diferentes meios filtrantes que vêm sendo utilizados na filtração lenta, permitem avaliar o comportamento dos mesmos, quando se trata água destinada para consumo humano, o que é de grande ajuda na escolha apropriada de meios granulares utilizados

nos diferentes projetos. O presente trabalho fornece valiosos subsídios para a escolha da granulometria adequada e traz como consequência, um aumento na viabilidade técnica e econômica para a aplicação da tecnologia de filtração lenta, especialmente nas zonas rurais e de periferia urbana de países em desenvolvimento.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é verificar a influência da uniformidade da areia no desempenho da filtração lenta, com destaque ao coeficiente de desuniformidade.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. HISTÓRICO

Foi por meio da observação visual que o ser humano descobriu que as águas apresentavam graus de clarificação diferentes, o que, provavelmente, o levou a descobrir que existiam meios naturais que permitiam a obtenção da clarificação

Na intenção de reproduzir os processos naturais de retenção de impurezas que ocorriam durante o escoamento da água no solo, começou-se a empregar a filtração como um processo para a obtenção de águas tão limpidas quanto àquelas encontradas nas águas de fontes protegidas.

HANEY & STEINLE (1987) citam que Aristoteles (384-322 AC) em bibliografia intitulada "Generalione Animalium", já discutia processos de filtração de água através de vasos porosos. A passagem da água através de filtros em série, era descrita pelos antigos egípcios e utilizada para o consumo humano.

Os primeiros sistemas de tratamento de água, com a passagem da mesma através de meios granulares, datam de 1804 Jhon Gibb , "apud" HUISMAN (1974) , construiu em Paisley - Escócia o primeiro filtro lento de areia constituído de uma pequena instalação destinada a servir a sua indústria de branqueamento.

No início do século XIX, foram utilizadas unidades com meios porosos (esponjas, panos, pedras porosas) com os quais pretendia-se remover partículas suspensas e coloidais presentes na água. Somente em 1828, os filtros de areia passaram a ser usados

para abastecimento público, como os construídos por James Simpson em Londres citado por COSTA (1980) e HESPANHOL (1969).

John Snow, em 1858, citado por COSTA (1980) e HESPANHOL (1969), mostrou que a cólera era transmitida pela água e o único modo de solucionar o problema era a filtração ou o abandono do manancial poluído. Com as descobertas de Kock, Escherich, e principalmente Pasteur, em 1881, que eliminaram as teorias de geração espontânea, mostrando que as doenças eram transmitidas por germes específicos, as características biológicas que ocorriam nos meios dos filtros passaram a ter importância. Com o trabalho de Plagge e Proskower em Berlim, também citado por COSTA (1980) e HESPANHOL (1969), que obtiveram remoção de bactérias nos filtros lentos de até 98 % tal tecnologia passou a merecer maior confiança. Tal fato foi comprovado em 1892 nas cidades de Hamburgo e Altona na Alemanha, que captavam água no Rio Elba. Em Hamburgo o tratamento consistia de apenas sedimentação, enquanto Altona submetia a água à filtração lenta em areia. Uma epidemia de cólera atingiu um terço da população de Hamburgo causando 7500 mortes enquanto, em Altona, praticamente nada ocorreu.

Em 1885 surgiu a primeira unidade mecânica de filtração nos Estados Unidos de América e, em 1899, os filtros automáticos de pressão foram adotados na Inglaterra. Os filtros foram então divididos em filtros lentos e filtros rápidos, sendo que os últimos passaram a ser empregados como sendo a melhor solução. A filtração lenta, porém, continua a ser utilizada em muitos países devido sua simplicidade, eficiência e segurança no tratamento de água.

3.2. TEORIA DA FILTRAÇÃO LENTA

Ao passar por um meio granular e poroso como o empregado na filtração lenta, a água melhora sua qualidade pela remoção da matéria suspensa e coloidal, redução do número de bactérias e outros organismos, mudança de seus constituintes químicos e destruição de matéria orgânica através da oxidação.

Durante a filtração as impurezas vão sendo acumuladas no meio filtrante, reduzindo os espaços vazios e, conseqüentemente, aumentando a resistência à passagem da água. Após um certo tempo é necessário efetuar a limpeza do meio filtrante, através do emprego de grandes volumes de água no sentido ascendente no caso dos filtros rápidos, ou pela raspagem da camada superior da camada de areia, no caso dos filtros lentos.

Além de trabalhar com taxas de filtração muito mais baixas, os filtros lentos distinguem-se dos rápidos por utilizarem areia de granulometria mais fina, a qual permite uma maior ou menor retenção de impurezas, dependendo das características dos grãos, caracterizados pelo tamanho efetivo (D_e) e coeficiente de desuniformidade (CDU). Em geral a areia empregada na filtração lenta apresenta grãos com tamanhos compreendidos entre 0,08 e 1,00 mm, tamanho efetivo (D_e) de 0,15 a 0,35 mm e coeficiente de desuniformidade (CDU) de 1,5 a 5,0.

Hazen, citado por GEYER & OKUN (1971), definiu o tamanho da peneira na qual passa 10% em peso de uma amostra representativa de areia como D_e e observou que a resistência hidráulica na areia não estratificada não era alterada pela variação do tamanho dos mesmos grãos desde que o coeficiente de desuniformidade fosse menor que 5, para o mesmo tamanho efetivo (D_e). O coeficiente de desuniformidade (CDU) definido por Hazen como a relação (D_{60}/D_e), (D_{60} é o tamanho da peneira pela qual passa 60% em peso da amostra representativa de areia), abrange a metade da faixa central da classificação granulométrica da areia, existindo uma integral de probabilidade que apresenta uma relação entre o D_e e o coeficiente CDU, com média geométrica (μ_g) e o desvio padrão geométrico (σ_g); como apresentado a seguir.

$$D_e = \mu_g / \sigma_g^{1,282} \quad (3.1)$$

$$CDU = D_{60}/D_e = \sigma_g^{1,535} \quad (3.2)$$

Hazen (1913), citado pela A.W.W.A (1991), caracterizou o grão de areia em termos de diâmetro médio de uma esfera correspondente, calculando-a pela raiz cúbica do produto das dimensões medidas ao longo dos eixos principais. Como exemplo, para um grão com dimensões de um grão, ao longo dos três eixos, de 1,38, 1,05 e 0,69 mm respectivamente, o diâmetro equivalente do mesmo é 1,00 mm. Segundo Hazen, para um meio filtrante, contendo uma ampla faixa de tamanhos dos grãos, o escoamento é forçado entre os espaços intersticiais formados pelos grãos maiores e menores e as pequenas partículas; desta forma o que comanda a filtração são os grãos menores. Assim, a ideia do D_e surgiu como uma medida para caracterizar a areia, junto com o coeficiente CDU.

Hazen (1913), citado pela A.W.W.A (1991) fez um estudo comparativo das características das areias utilizadas em 56 instalações de filtração na Europa, em especial na Inglaterra e Alemanha e observou que as características destas areias com (D_e)

entre 0,31 a 0,40 mm e (CDU) menor que 2, influenciaram a qualidade do efluente, e que esta dependia do tamanho dos grãos. Em experiência similar realizada na estação piloto de Lawrence, MA, nos Estados Unidos da América, foi observado que a qualidade bacteriológica do efluente, em termos de porcentagem de remoção da bactéria *B.Prodigiosos*, dependia do tamanho efetivo, o que pode ser visto representado na Tabela 3.1. Tais resultados confirmaram o observado nas estações européias sobre a influência do tamanho dos grãos na remoção das bactérias. Assim, o coeficiente CDU e o D_e vêm sendo considerados os principais parâmetros para seleção do meio filtrante a ser utilizado.

Tabela 3.1 ESTAÇÃO PILOTO DE LAWRENCE - PORCENTAGEM DE BACTÉRIAS NOS EFLUENTES DOS FILTROS PARA OS DIFERENTES TAMANHOS EFETIVOS (D_e).

D_e (mm)	BACTÉRIAS NO EFLUENTE (% remanecente)
0,38	0,16
0,29	0,16
0,26	0,10
0,20	0,13 a 0,01
0,14	0,04 a 0,03
0,09	0,02

Fonte: Hazen (1913), Citado A.W.W.A (1991)

Atualmente são estudadas as características da areia em estações piloto e em protótipos, avaliando-se seu comportamento e eficiência no processo da filtração lenta em areia, sem contudo ter-se respostas definitivas Segundo, HUISMAN (1982), a areia deve apresentar coeficiente CDU menor que 3 e, preferivelmente menor que 2, para que resultem vazios inter granulares com tamanhos aproximadamente iguais. Quando se têm CDU menor que 1,5, obtêm-se poucas vantagens, em termos de porosidade e permeabilidade, recomendando-se a sua utilização se não houver custos adicionais. O meio filtrante deve ser composto de grãos resistentes e duráveis, de forma arredondada e livres de argila, sujeira e matéria orgânica; se necessário, a areia é lavada evitando-se a

perda de grãos finos, o que reduziria o coeficiente CDU. O tamanho efetivo deve ser pequeno o bastante para, assim, assegurar boa qualidade da água eflúente e evitar penetração profunda do material presente na água bruta, o que não é removido pela raspagem superficial.

FOX e colaboradores (1984) realizaram experimento em instalação piloto com filtros lentos operados em paralelo, um deles denominado unidade "A", com areia de tamanho efetivo de 0,17 mm e coeficiente de desuniformidade de 2,1, e outro, unidade "B", com areia de tamanho efetivo igual a 0,29 mm e coeficiente de desuniformidade de 1,8. Os autores concluíram que, com areia mais fina (filtro "A"), houve maior remoção da turbidez, porém, as durações das carreiras de filtração no filtro "B" resultaram maiores.

BELLAMY e colaboradores (1985) verificaram a influência de algumas variáveis, como temperatura, espessura da camada de areia, tamanho efetivo e atividade biológica na eficiência da remoção de coliformes totais e cistos de *Giardia* em filtros pilotos de 30 cm de diâmetro para uma taxa de filtração de 0,12 m/h (2,88m³/m².d). Numa das fases do estudo foram empregadas areias com tamanhos efetivos de 0,615, 0,278, e 0,128 mm, associados a coeficientes de desuniformidade de 1,6, 1,53 e 1,53 respectivamente, para verificar a remoção de coliformes. Os dados obtidos mostraram que a eficiência no tratamento aumentava com a diminuição do tamanho dos grãos, tendo sido obtidas remoções de coliformes de 96,0, 98,6, e 99,4%, respectivamente. A profundidade da camada de areia nas duas fases do estudo foi de 0,97m. Adicionalmente, foi determinado o número de colônias de bactérias através da contagem em placas, verificando-se que, para afluente com 5×10^5 colônias/ml, na areia com tamanho efetivo de 0,278 mm houve a passagem de somente 470 colônias/ml, enquanto, para a areia com tamanho efetivo de 0,615 mm passaram 1050 colônias/ml. Apesar da influência do tamanho dos grãos na remoção de bactérias, a porcentagem de remoção foi ainda grande para a areia com tamanho efetivo 0,615 mm, Segundo Huisman e Wood (1974), citado por BELLAMY (1985), quando se utilizam grãos maiores, o "Schmutzdecke" atinge maiores profundidades, exigindo a remoção de 3 a 10 vezes mais areia (3 a 10 cm) durante a limpeza, elevando os custos de operação.

HUISMAN (1982) sugere que a espessura do meio filtrante seja função da profundidade onde se tem atividade bacteriana causando degradação da matéria orgânica. A profundidade mínima da camada filtrante é de 0,6 a 0,7 m; quando a água bruta apresenta baixos teores de substâncias orgânicas, a profundidade pode diminuir muito

pouco; por outro lado, quando apresenta alto conteúdo de substâncias orgânicas, taxas de filtração maiores ou grãos maiores podem ser utilizados, com conseqüente aumento da espessura da camada de areia para 0,8 m.

BOLMAN (1984) estudou a influência da taxa de filtração (4, 6, 8, 10, e 12 m³/m².d) na filtração lenta em areia com D_e de 0,25 mm, CDU igual a 1,75, espessura da camada de areia igual a 0,9 m, e mostrou que, em geral, tanto a remoção de turbidez quanto a de coliformes totais foi menor para taxas de filtração maiores. Bryck (1987), citado pela A.W.W.A. (1991), pesquisou areias com grãos de tamanhos maiores, indicando que em areias com D_e entre 0,3 a 0,4 mm, há remoção satisfatória após o período de amadurecimento. Areias com D_e entre 0,2 a 0,3 mm podem ser empregadas com confiança, porém, testes em instalações piloto devem ser executados, quando for preciso o emprego de areia com grãos maiores.

A A.W.W.A. (1991) recomenda que grãos de maior tamanho que os comumente sugeridos na literatura poderão ser utilizados em climas quentes, pois o amadurecimento biológico do meio é atingido em curtos períodos de tempo. Assim, areias com grãos maiores ou menores não são efetivas totalmente até estarem biologicamente amadurecidas. Porém, aquela com grãos menores pode ser mais efetiva quando ainda não se tem o amadurecimento biológico, segundo as observações nas pesquisas de BELLAMY (1985) e BRYCK (1987).

Barret (1989), citado pela A.W.W.A (1991) realizou um estudo com areias contendo grãos maiores que os comumente sugeridos pela literatura ($D_e = 0,99$ mm), reportando reduções de (3 log) a (4 log) durante um período de 2,5 meses, concluindo, que esta remoção foi devida ao amadurecimento da areia.

COLLINS (1991), comenta que existem divergências nos critérios de projeto para a filtração lenta em areia, tomando como exemplo o "Ten State Standards (T.S.S)" e o International Research Center's (I.R.C'S). As duas instituições divergem sobre o D_e e o CDU. Para o (T.S.S) o D_e varia de, 0,30 a 0,45 mm, e o coeficiente CDU deve ser menor que 2,5, enquanto para o (I.R.C'S), D_e varia de 0,15 a 0,30 mm. COLLINS (1991) afirma que um meio filtrante com grãos de tamanho muito grande, aumenta a probabilidade do arraste de partículas e os depósitos das mesmas para subcamadas inferiores do meio filtrante, com conseqüente aumento da quantidade da areia que será raspada durante as limpezas do filtro.

Segundo Ellis, (1985), citado por COLLINS (1991) é melhor incrementar a profundidade da camada de areia que reduzir o tamanho do grãos.

BREAU (1991), apresenta um resumo dos estudos de avaliação de instalações pilotos de filtração lenta em areia, realizados na Califórnia; Estados Unidos da América. Na primeira parte do estudo; dos sete (7) sistemas projetados, somente dois (2) foram executados (Oakland e Winthrop), nos quais foi verificada a influência de algumas variáveis como De, CDU e taxa de filtração, na qualidade da água tratada.

A instalação piloto de Oakland, era constituída por um filtro, funcionando com uma lâmina de água constante de 1,22 m, espessura da camada de areia igual a 1,22 m, camada de pedregulho de 0,30 m e com controle da vazão na entrada. A areia utilizada foi extraída no local, cujas características são apresentadas na Tabela 3.2. Nota-se que a duração das carreiras é diferente, o que foi explicado pela água afluyente de diferente qualidade durante os ensaios.

Tabela 3.2 ESPECIFICAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA AREIA E CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO FILTRO DA INSTALAÇÃO PILOTO DE OAKLAND

ENSAIO	1	2	3	4	5
TAMANHO EFETIVO (mm)	0,16	0,17	0,35	0,35	0,35
COEFICIENTE DE DESUNIFORMIDADE	3,125	1,58	1,91	1,91	1,91
DURAÇÃO DA CARREIRA (d)	10	15	112	40	40
TAXA DE FILTRAÇÃO (m ³ /m ² .d)	5,78	5,20	5,20	5,20	5,20

(*)Fonte:Breau.(1991)

Na instalação piloto de Winthrop, constituída por dois filtros funcionando com lâmina de água constante, camada de areia com espessura de 1,0 m, camada de pedregulho de 0,30 m e controle de vazão na saída, a areia utilizada foi importada devido

à não disponibilidade do material no local, e cujas características são apresentadas nas Tabelas 3.3 e 3.4. Foram empregadas taxas de filtração entre 2,0 a 5,8 m³/m².d e verificadas carreiras de filtração com diferentes durações. O autor observou nas primeiras carreiras de filtração que o efluente apresentava cor e turbidez maiores que as do afluente, provavelmente devido a matéria orgânica associada ao meio filtrante. Depois da areia ter sido lavada, houve aumento de De e redução de CDU, as carreiras de filtração resultaram mais longas e melhorou a qualidade da água filtrada.

Tabela 3.3 ESPECIFICAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA AREIA E CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO FILTRO 1 DA INSTALAÇÃO PILOTO WINTHROP

ENSAIO	1	2	3	4	5	6	7
TAMANHO EFETIVO (mm)	0,18	0,18	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
DURAÇÃO DA CARREIRA (d)	52	23	18	15	23	84	54
TAXA DE FILTRAÇÃO (m ³ /m ² .d)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

(*) não foi especificado o CDU

(*)Fonte:Breau .(1991)

A Maine Rural Water Association (MRWA) da Universidade Maine (UMO), "apud" BREAU. (1991), efetuou um estudo nos Estados Unidos da América no período de 1989 a 1990, tendo sido verificada a aplicabilidade das areias locais e das importadas e o efeito da variação das taxas de filtração na qualidade da água filtrada. O estudo compreendeu oito sistemas de tratamento com filtração lenta em areia, cujas características são apresentadas na Tabela 3.5. Foram empregadas areias com características granulométricas similares às sugeridas nas publicações do "Recommended Standars for Water" e "Guidance Manual for the Surface Water Treatment Rule".

Tabela 3.4. ESPECIFICAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DA AREIA E CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO FILTRO 2 DA INSTALAÇÃO PILOTO WINTHROP

ENSAIO	1	2	3	4	5	6	7
TAMANHO EFETIVO (mm)	0,18	0,18	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
DURAÇÃO DA CARREIRA (d)	52	23	17	13	21	85	61
TAXA DE FILTRAÇÃO (m ³ /m ² .d)	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

(*) não foi especificando o CDU

(*)Fonte:Breau .(1991)

Foi observado que a qualidade da água era melhorada com a redução da turbidez e retenção parcial das bactérias coliformes retidas no filtro, porém a qualidade do processo foi garantida pela desinfecção. Em geral, o funcionamento dos filtros nas estações para as diferentes granulometrias resultou satisfatório.

DAVID (1991), verificou a aplicabilidade da filtração lenta em areia como alternativa viável de aplicação nos Estados Unidos da América, após avaliar a estação de Gorham New Hampshire (1991). A areia foi escolhida como a mais conservadora possível, de acordo com as especificações utilizadas pelo "Ten State Standards (T.S.S)" e mostradas na Tabela 3.6. Com as areias tradicionalmente especificadas, concluiu-se que estas apresentavam carreamento inicial de partículas presentes no meio e um longo período de amadurecimento, e que o tamanho da areia influenciou diretamente a ação física, de coar, na ação biológica e na adsorção (uma areia com grãos maiores precisa um período de amadurecimento maior). Uma seleção menos conservadora pode prolongar o período de amadurecimento e aumentar o período de lavagem das partículas do meio depois de cada limpeza. Estudos recentes citados pelo autor mostram que mais de 99%

das partículas passaram através do meio filtrante no início da filtração, especialmente depois da limpeza do filtro.

Tabela 3.5 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DOS MEIOS FILTRANTES EM OITO SISTEMAS DE TRATAMENTO NOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO	TAMANHO EFETIVO (mm)	COEFICIENTE DE DESUNIFORMIDADE
BATH	0,42	1,50
BUCKFIELD	0,41	1,83
	0,25	2,40
	0,17	2,90
BUCKSPORT	0,20	3,15
	0,24	2,50
HEBRON	0,20	2,55
LIVERMORE FALLS	0,39	2,70
NEWPORT	0,305	2,70
	0,29	2,40
	0,25	2,40
POLAND SPRING	0,28	2,25
SUGARLOAF	0,41	2,70

Fonte: Breau, (1991)

HUISMAN (1982) recomenda a mistura de areias para se obter a curva característica desejada, quando em determinadas regiões se conte, com bancos de areia nas diferentes fontes em naturais.

ZULUAGA & SEGURA. (1990) realizaram um estudo sobre areias locais, no "Departamento do Valle del Cauca" na Colômbia, depois de analisar os resultados da água afluyente e efluente, ao passar pelos diferentes meios filtrantes de

Tabela 3.6 ESPECIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DOS MEIOS FILTRANTES

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO	TAMANHO EFETIVO (mm)	COEFICIENTE DE DESUNIFORMIDADE
GORHAM	0,26	<1,7
DEZ ESTADOS DE U.S.A	0,30 a 0,45	<2,5

Fonte:David,(1991)

estações de filtração lenta em areia, implementadas em protótipos e instalações pilotos. Baseados nos resultados encontrados, os autores escolheram uma curva granulométrica padrão, correspondente ao meio filtrante da estação de Chorro de Plata, V.C, com as características da areia padrão $De = 0,20$ mm e $CDU = 2,10$, e procederam à mistura das areias de outras fontes da região, procurando obter características similares às da padrão. Com este estudo, obteve-se informação sobre as porcentagens de mistura requeridas para se obter bons resultados, nos projetos a serem implementados, incrementando a sua viabilidade técnica e econômica.

A Universidade do Estado de Colorado, citada por TIMOTHY, J. S. (1986), apresentou um estudo comparativo de custos de areias locais e da areia de filtros comerciais, com as especificações preconizadas pela literatura (De entre 0,18 e 0,26 mm, CDU entre 1,7 e 3,56) a qual seria utilizada num projeto de filtração lenta em areia, no estado de Colorado - Estados Unidos da América, cujas características são apresentadas na Tabela 3.7. Observa-se sensível variação de custo quando CDU diminui. Conclui-se pela necessidade da realização deste tipo de estudos para a análise de alternativas de viabilidade técnica e econômica.

GALVIS & VISSCHER (1989) sugerem o estudo, utilização e aproveitamento de areias locais, pois estas permitem diminuir consideravelmente os custos diretos durante a fase de construção. Logo, este fator pode converter em um elemento crítico na implementação da tecnologia, seja por desconhecimento do parâmetro

Tabela 3.7 COMPARAÇÃO DE ESPECIFICAÇÕES E CUSTOS DA AREIA A SER CONSIDERADA NO PROJETO DE FILRAÇÃO LENTA EM AREIA, EM COLORADO.

TIPO DE AREIA	TAMANHO EFETIVO (mm)	COEFICIENTE DE DESUNIFORMIDADE	CUSTO US\$/t
LOCAL			
1	0,21	2,67	19
2	0,20	2,65	18
3	0,20	2,82	20
4	0,18	3,56	13
COMERCIAL			
5	0,26	1,77	116
6	0,25	1,23	120

Local (1), escolhida para o protótipo

1,2,3,4,5,6: areias disponíveis

Fonte: Timothy J. S (1986)

de projeto, pela má interpretação da literatura técnica, ou pela má seleção ou manutenção ou custos de aquisição.

Diferentes entidades internacionais e pesquisadores recomendam faixas para a especificações de De e de CDU que diferem entre si para a seleção dos meios filtrantes empregados na filtração lenta, os quais são apresentados na Tabela 3.8.

As baixas taxas de filtração com que operam os filtros lentos permitem que ocorra primeiro a sedimentação das partículas suspensas da água no topo da areia. DI BERNARDO (1986), (1991), (1993) menciona que no Brasil, a taxa de filtração é limitada a $6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, porém, é possível que em função da qualidade da água bruta, tenham que ser utilizadas taxas menores, especialmente quando trata-se de manancial que recebe esgoto sanitário. Segundo o autor, a máxima taxa máxima de filtração é de $6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ quando a turbidez do efluente é consistentemente inferior a 5 uT ; para turbidez até 10 uT , recomenda que a taxa de filtração deva ser da ordem de $3 \text{ a } 5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$

GALVIS (1991) e KAWAMURA (1991), sugerem que as taxas de filtração devem estar compreendidas entre $2,4 \text{ e } 4,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, dependendo da turbidez da água afluyente, pois taxas de filtração maiores levam à rápida colmatação do meio, particularmente quando a turbidez excede 10 uT .

Tabela 3.8 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS RECOMENDADAS PARA A AREIA EMPREGADA EM FILTROS LENTOS

REFERÊNCIA ENTIDADE OU PESQUISADOR	TAMANHO EFETIVO (mm)	COEFICIENTE DE DESUNIFORMIDADE	OBSERVAÇÕES
CEPIS/OPS 1973	0,15 a 0,35	1,8 a 2,0	
A.W.W.A 1991	0,15 a 0,35	1,5 a 2,0	
I.R.C 1987	0,15 a 0,30	<5	Preferivelmente menor que 3
CINARA 1991	0,15 a 0,35	1,5 a 2,5	
T.S.S (*)	0,30 a 0,45	<2,5	
HAZEN (**) 1913	0,31 a 0,40	<2	
HUISMAN 1982	0,15 a 0,35	<3	Preferivelmente menor que 2
GALVIS 1991	0,15 a 0,35	1,5 a 2,5	
VISSCHER 1990	0,15 a 0,30	<5	Preferivelmente menor que 3
DI BERNARDO 1993	0,20 a 0,30	1,5 a 3,0	

(*) Citado por COLLINS,(1991)

(**) Citado por A.W.W.A,(1991)

Para HUISMAN (1982), a taxa de filtração variam entre 2,4 a 8,6 m³/m².d, sendo comumente adotados valores próximos ao limite inferior. De acordo com

HUISMAM (1982), VISSCHER (1987) e GALVIS (1987), os custos de operação e manutenção aumentam para valores altos das taxas e, portanto, deve ser procurada a taxa de filtração adequada para cada projeto, incluindo-se os custos de construção.

COLLINS (1991) menciona que há um grande interesse na avaliação de altas taxas de filtração no tratamento por filtração lenta em areia, para se aumentar a viabilidade econômica dos projetos, mas, existe a possibilidade da diminuição da eficiência e da carreira de filtração. No que se refere a possíveis reduções na remoção de impurezas, WHEELER, D. e colaboradores (1988) e BELLAMY (1985) sugerem que a eficiência dos filtros lentos de areia seja função do grau de amadurecimento do filtro e a profundidade do meio filtrante e não da taxa de filtração. WHEELER (1988) indica que uma redução na eficiência do tratamento devida a altas taxas pode ser atenuada por um incremento na altura do leito filtrante.

O material retido, incluindo a matéria orgânica, proporciona um ambiente ideal para o desenvolvimento de uma variedade de microrganismos, formando-se, com o tempo, uma película na superfície da areia, denominada Schmutzdecke, a qual é constituída, basicamente, de algas, plâncton, protozoários, rotíferos e bactérias que atuam ativamente no tratamento da água, digerindo a matéria orgânica, removendo côm, partículas inertes e os próprios microrganismos. O número de bactérias é mantido em equilíbrio pela presença de protozoários e pelas algas pois, segundo algumas investigações, estas produzem substâncias nocivas às bactérias (HUISMAN (1982)).

O schmutzdecke consiste em uma película gelatinosa, formada sobre os grãos de areia, permitindo a retenção de diversas partículas. Esta película pode resultar da produção de polímeros exocelulares dos organismos presos aos grãos de areia BELLAMY e colaboradores (1985). O desenvolvimento do Schmutzdecke proporciona um tratamento mais eficiente da água, sendo o tempo necessário para seu desenvolvimento, denominado período de amadurecimento, após o qual é produzido efluente de qualidade satisfatória.

CULLEN & LETTERMAN (1985) observaram a existência do período de amadurecimento em quatro de dez estações de tratamento de água por eles estudadas, com períodos variando de 6 horas a 2 semanas. À medida que a carreira de filtração prossegue é verificado um aumento progressivo da perda de carga até um valor máximo estipulado. O término da carreira de filtração resulta em conseqüente necessidade de raspagem da superfie do meio (Schmutzdecke) para reduzir perda de carga a um valor próximo do inicial.

A água, ao escoar pelo meio filtrante, troca de direção constantemente, fazendo com que as partículas suspensas entrem em contato com os grãos de areia por diversos mecanismos de transporte e podem permanecer aderidas aos grãos por outros fenômenos, conhecidos por mecanismos de aderência.

A matéria acumulada no interior do meio granular é oxidada por agentes químicos e biológicos. Assim, compostos ferrosos e manganosos são transformados em óxidos hidratados de ferro e de manganês insolúveis e a matéria orgânica é oxidada para fornecer energia às bactérias, necessária ao seu metabolismo e parcialmente convertida em matéria celular para seu crescimento. Porém, a restrita quantidade de matéria orgânica presente na água bruta mantém a população bacteriana em um determinado nível, sendo o crescimento acompanhado por um certo número de mortes com liberação de matéria orgânica. Os produtos de desassimilação primária e secundária são então conduzidos pela água e novamente utilizados por bactérias em maiores profundidades, e progressivamente convertidas em água, sais, dióxido de carbono, nitratos, sulfatos, fosfatos etc.. HUISMAN,(1982).

COLLINS (1992) avaliou a influência da taxa de filtração (1,2 e 2,4 $m^3/m^2.d$) no desempenho operacional e nas características do schmuztdecke, utilizando areia com características na faixa usualmente especificada pelo International Water and Sanitation Center (I.C.R) e "Ten State Standards" (T.S.S) com $D_e = 0,25$ mm e $CDU = 2,10$. Observou, para a menor taxa, uma perda de carga de 30 cm após 150 dias de operação e para a maior taxa, a perda de carga foi 140 cm após 57 dias, para afluente de mesma qualidade. O autor afirma que o acontecido não pode ser explicado simplesmente pela diferença de carga hidráulica, já que filtros com grande quantidade de biomassa não desenvolvem perda de carga maior quando comparados aos filtros que significativamente têm menor biomassa no schmuztdecke. Isto gera dúvidas a respeito das características do meio filtrante, já que a distribuição da biomassa no interior do meio granular pode se modificar dependendo de suas características. O autor afirma que a remoção da matéria orgânica é uma função direta da biomassa no filtro.

3.2.1. MECANISMOS DA FILTRAÇÃO

A filtração é resultado de ações de mecanismos diferentes e complementares quais sejam, transporte e aderência. As partículas presentes no afluente são transportadas para a superfície dos grãos do meio filtrante e podem permanecer aderidas se resistirem à ação de forças de cisalhamento, devidas as condições hidrodinâmicas do escoamento. Os mecanismos são afetados por ações físico- químicas e biológicas, que envolvem interações e transferência de massa.

3.2.1.1. MECANISMOS DE TRANSPORTE

A filtração de ação superficial e de ação de profundidade influenciam os mecanismos de transporte. Na filtração lenta em areia a maior parte das partículas do afluente é removida no topo e subcamadas iniciais do meio filtrante.

- Ação Física de Coar

Este mecanismo físico geralmente ocorre no topo do meio granular quando as partículas suspensas são maiores que os vazios intergranulares sendo removidas como ilustrado na Figura 3.1.

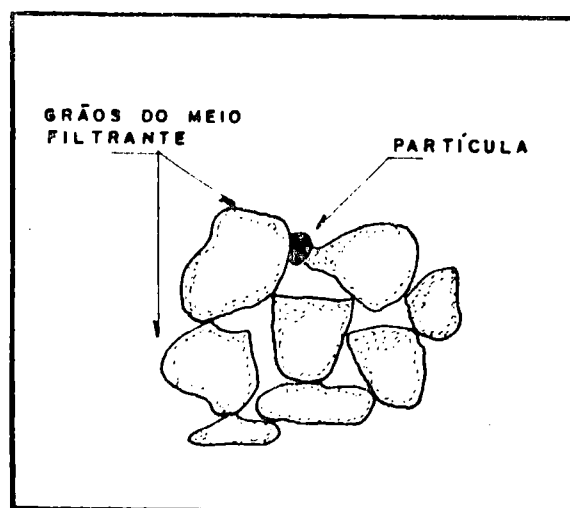


Figura 3.1 - Relação Entre o Tamanho do Grão e Abertura dos Poros

Considerando um meio constituído de grãos esféricos, os vazios intergranulares são suficientemente pequenos para reter partículas maiores que $1/7$ do tamanho dos grãos. Supondo-se grãos de 0,15 mm de diâmetro, partículas maiores que 20 μm são totalmente removidas.

Segundo HUISMAN (1982), com o escoamento da água no meio granular, resultam gradientes de velocidade que fazem com que as partículas em suspensão entrem em contato entre si e se juntem formando agregados que são retidos em profundidades maiores da camada filtrante.

A formação do Schmutzdecke melhora a atuação da ação física de coar, com redução da turbidez do efluente. À medida que os vazios intergranulares vão sendo obstruídos, aumentam a eficiência da filtração e a resistência ao escoamento, havendo a necessidade de se fazer, posteriormente, a remoção da camada superficial da areia.

- **Sedimentação**

Partículas suspensas de tamanho menor que o dos vazios intergranulares são removidas pela sua sedimentação sobre a superfície dos grãos do meio. Para um metro cúbico de areia com porosidade "p" e grão com diâmetro "d", a área superficial resulta igual a $(6/d(1-p))$. Assim, para areia com porosidade igual 0,38 e diâmetro médio dos grãos igual a 0,25 mm, a área superficial total resulta de 15000 m^2 sendo a área efetiva para deposição, de 1000 m^2 .

A eficiência do mecanismo da sedimentação é função da razão entre a taxa de aplicação superficial e a velocidade de sedimentação, sendo a taxa aplicação superficial igual ao quociente entre a vazão de água e a área de deposição.

- **Difusão**

Partículas relativamente pequenas apresentam um movimento errático, quando em um meio líquido, denominado movimento Browniano, o qual faz com que haja contato entre as partículas e os grãos da areia. Este movimento é resultado de um bombardeio intenso das partículas pelas moléculas de água. A difusão independe da taxa de filtração e atua mesmo quando a água não está escoando. Seu efeito é acentuado para temperaturas maiores devido ao aumento da energia termodinâmica das moléculas e à diminuição da viscosidade da água, ver Figura 3.2.

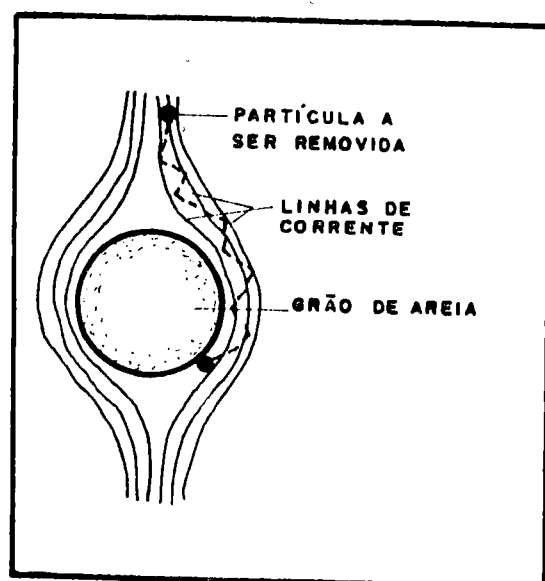


Figura 3.2 - Esquema do mecanismo de difusão

3.2.2. MECANISMOS DE ADERÊNCIA

- **Força de Van Der Waals**

A atração de massas só é efetiva quando a distância entre os grãos e as partículas é pequena, sendo necessário que outros mecanismos como o de transporte e a força eletrostática façam a aproximação entre os corpos.

A força de Van Der Waals proporciona também maior número de contato entre partículas, aumentando a probabilidade de remoção através dos mecanismos de transporte. Este mecanismo é independente do pH e das características do meio líquido COSTA, (1980).

- **Atração Eletrostática**

Na atração eletrostática a força elétrica retém as partículas, mantendo-as aderidas aos grãos. Huisman, Citado por COSTA (1980), observou na filtração lenta, que a areia quartzosa apresenta carga negativa e portanto, adsorve partículas positivas de matéria coloidal como cátions de ferro, manganês, alumínio, etc.

Em geral, a matéria coloidal de origem orgânica e bactérias possuem carga negativa, não sendo portanto removidas quando a areia está limpa. Após um período de "amadurecimento" do meio granular, quando há uma saturação de cargas positivas

adsorvidas, os grãos começam a adsorver partículas negativas de origem animal ou vegetal e ânions como NO_3^- , PO_4^- , etc. Em seguida nova supersaturação ocorre, agora por cargas negativas, invertendo o processo.

- **Adsorção**

As partículas de origem orgânica, ao ficarem retidas na superfície dos grãos, favorecem a fixação e o desenvolvimento de bactérias na camada superficial do meio filtrante.

O alimento disponível e microrganismos bastante ativos presentes nessa camada constitui uma película gelatinosa aderente à superfície dos grãos. Esta película gelatinosa retém as partículas contidas na água bruta após serem induzidas ao contato por um dos mecanismos anteriormente descritos.

3.2.3. AÇÃO BIOLÓGICA E QUÍMICA

As principais ações químicas e biológicas são a oxidação química e a oxidação biológica, além dos processos biológicos que envolvem formas de vida animal e vegetal COSTA (1980).

A atividade biológica é mais acentuada na camada superior do meio (Schutzdecke), onde as bactérias formam uma massa interceptadora de impurezas. A remoção desta camada por ocasião da limpeza do filtro remove também as bactérias, necessitando-se de um período para que se estabeleçam novamente.

Em profundidades maiores, a concentração de biomassa vai diminuindo progressivamente, decrescendo a atividade biológica. Segundo Van De Vloed citado por COSTA (1980) pode-se distinguir três zonas no meio: superfície de coesão, zona autótrofa e zona heterótrofa.

A superfície de coesão ou schmutzdecke, formada após o período de "amadurecimento", é resultado do depósito de partículas suspensas do afluente e também, ferro, manganês, alumínio e sílica. A matéria depositada na superfície é oxidada quimicamente e os microrganismos adsorvidos aos grãos multiplicam-se utilizando a matéria orgânica disponível.

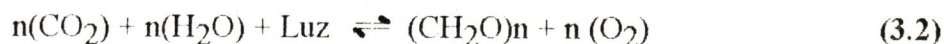
Na zona autótrofa desenvolve-se vida vegetal, sintetizando matéria orgânica a partir de substâncias simples como água e dióxido de carbono e fornecendo oxigênio.

Na zona heterótrofa, que se estende em média até 30 cm no meio, os microrganismos se multiplicam em grande escala e os produtos de desassimilação das camadas superiores são novamente utilizados e mineralizados. Abaixo da zona heterótrofa a atividade biológica é bem menor, ocorrendo reações químicas que transformam os produtos da degradação microbiológica, tal como aminoácidos em amônia, nitritos e nitratos.

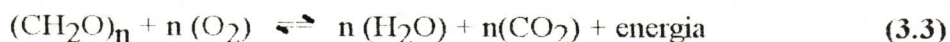
As espécies de microrganismos variam com a profundidade, estando adaptado ao tipo e quantidade de alimento durante a filtração lenta. Qualquer mudança súbita na taxa de filtração resulta no desequilíbrio biológico e consequente deterioração do efluente. Para que ocorra a oxidação biológica da matéria orgânica é necessário tempo de contato e oxigênio suficiente e também temperatura não muito baixa.

3.2.4. AÇÃO DE ALGAS

A presença de algas no meio filtrante pode trazer vantagens e desvantagens dependendo das condições climatológicas. As algas são organismos autótrofos capazes de sintetizar o material celular a partir de minerais simples como água, dióxido de carbono, nitrato, fosfato, etc e pela presença de luz solar. O processo pode ser descrito pela reação 3.2.



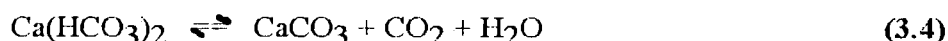
A energia necessária para o metabolismo das algas é obtida pela oxidação da matéria orgânica (ver reação 3.3). A mesma reação ocorre quando as algas morrem e seu material celular é liberado e consumido pelas bactérias presentes.



Segundo HUISMAN (1982), a reação 3.3 acontece continuamente enquanto 3.2 só se realiza durante o períodos de luz. Em alguns casos,

condições anaeróbias podem ocorrer durante a noite com produção de efluente contendo amônia, ferro, manganês e presença de gosto e odor.

A produção de oxigênio pelas algas é sempre uma vantagem, porém, a predominância da primeira equação conduz a uma redução da concentração de CO_2 com precipitação de carbonatos insolúveis obstruindo o filtro, reação 3.4.



O desenvolvimento exagerado de algas durante a primavera e verão causa aumento da resistência à filtração, necessitando-se limpezas mais frequentes do filtro. A morte de um grande número de algas leva a um consumo de O_2 e a produção de CO_2 (eq. 3.3), abaixando o pH e tornando a água agressiva.

A presença de algas espécies filamentosas de algas traz benefícios com a produção de matéria gelatinosa que remove matéria suspensa e bactérias pela ação física de coar e por adsorção. As bactérias aí se multiplicam criando o schmutzdecke. O schmutzdecke desenvolve condições favoráveis para protozoários e outros organismos que alimentam-se de bactérias diminuindo assim o número de E. Coli e microrganismos patogênicos.

3.3. HIDRÁULICA DA FILTRAÇÃO LENTA

Como a taxa de filtração é baixa, em todas as circunstâncias resulta um regime de escoamento laminar. Segundo Huisman, (1982), a resistência oferecida pelo meio limpo à passagem da água pode ser dada pela lei de Darcy, eq. 3.5.

$$H_o = \frac{V}{K} L \quad (3.5)$$

em que:

V: taxa de filtração (m/s)

K: coeficiente de condutividade (m/s)

L: espessura do meio filtrante (m)

H_o: perda de carga (m)

O valor de K pode determinado em laboratório através do ensaio de uma amostra representativa da areia ou pode ser obtida aproximadamente pela equação de Carman-Kozeny para grãos esféricos e de mesmo diâmetro d, dada pela eq. 3.6.

$$K = \frac{g}{150\nu} \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} d^2 \quad (3.6)$$

em que:

g: aceleração da gravidade (m/s²)

ε: porosidade média do meio filtrante limpo

ν: viscosidade cinemática (m²/s)

A viscosidade cinemática é função da temperatura e é dada pela eq. 3.7. -

$$\nu = \frac{(1,31) \cdot 10^{-6}}{0,72 + 0,028 \cdot t} \quad (3.7)$$

em que:

t: temperatura da água (°c)

A areia na filtração lenta é caracterizada pelo seu tamanho efetivo (De) e pelo coeficiente de desuniformidade (CDU), como visto anteriormente. Levando todos estes fatores em conta a Equação de Carman-Kozeny pode ser escrita da seguinte forma, segundo HUISMAN (1982).

$$K = (30) \cdot 10 \cdot (0,72 + 0,028t) \cdot (0,18 + \log CDU) \cdot De^2 \quad (3.8)$$

Durante a filtração, as impurezas são acumuladas na parte superior da areia, formando uma película e reduzindo os vazios disponíveis para o escoamento. A resistência aumenta mais rapidamente nas seguintes condições (i) quando a água bruta apresenta quantidade elevada de sólidos suspensos; (ii) quanto maior for a taxa de filtração; (iii) areia com grãos muito pequenos.

Geralmente é observado um crescimento lento da resistência no início e mais rapidamente no final da carreira de filtração. A perda de carga final usualmente é limitada a 1 m ou 1,5 m e raramente excede 2 m. Como as impurezas penetram somente em pequena profundidade da areia, a resistência à passagem da água aumenta apenas no topo do meio filtrante.

Sem o movimento da água, a pressão no meio aumenta hidrostáticamente com a profundidade. Com o escoamento ocorre um decréscimo da pressão. Para o meio limpo, o decréscimo é uniforme, com o maior valor (igual a perda de carga inicial) ocorrendo no fundo do meio.

À medida que a filtração prossegue, a obstrução dos vazios intergranulares é acompanhada pela diminuição constante da pressão em toda a profundidade do meio, resultando pressões mais baixas na parte superior do meio. Para períodos de filtração muito longos, a pressão pode tornar-se inferior à atmosférica, prejudicando a filtração lenta se as condições de saída do efluente permitirem que esse fato ocorra, ver Figura 3.3.

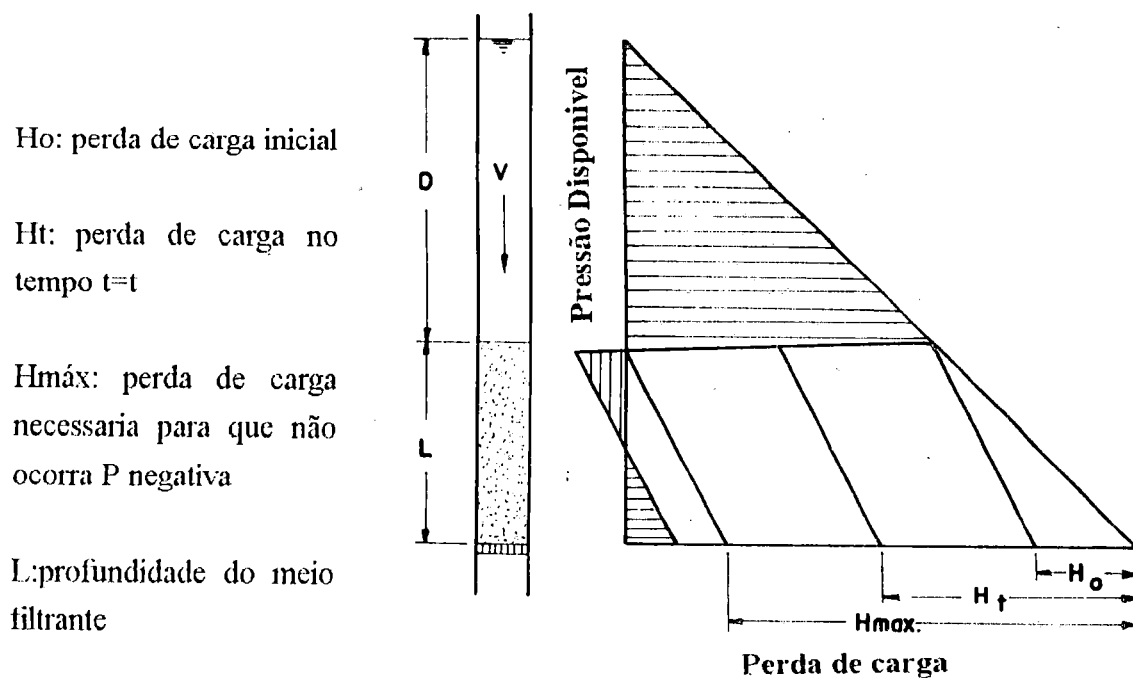


Figura 3.3. - Distribuição de Pressão Típica na Areia de um Filtro Lento

A presença de pressão inferior à atmosférica proporciona o desenvolvimento de bolhas de ar no interior da areia e sua liberação pode provocar caminhos preferenciais para a água, prejudicando a qualidade do efluente.

O desprendimento de bolhas de ar pode ser causado pela diminuição de pressão no interior do meio quando se reduz a taxa de filtração, em função da menor demanda de água. O súbito aumento da pressão não permite que as bolhas de ar se dissolvam na água resultando sua ascensão.

As pressões negativas podem, entretanto, ser evitadas colocando-se vertedor de saída próximo ao topo do meio filtrante.

3.4. ELEMENTOS BÁSICOS DO FILTRO

O filtro lento é basicamente constituído de um tanque geralmente retangular com 2,0 a 3,5 m de profundidade. O tanque deve estar acima do nível máximo do lençol freático, para impedir qualquer contaminação do efluente através de rachaduras que por ventura possam ocorrer. O topo das paredes deve estar a uma certa altura para impedir a entrada de poeira ou qualquer animal.

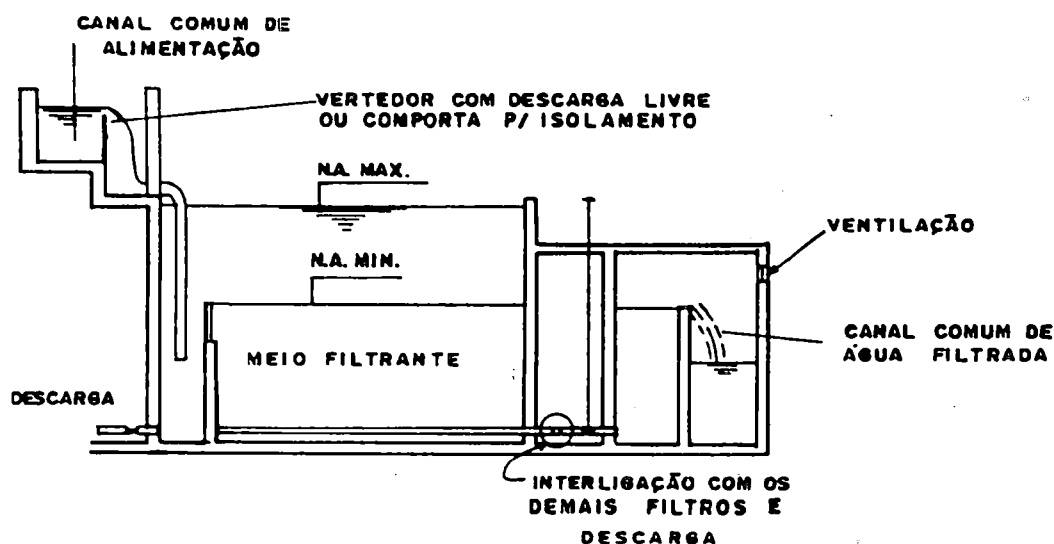


Figura 3.4 - Elementos Básicos de um Filtro Lento de Areia

As paredes dos filtros podem ser verticais ou pouco inclinadas, construídas de pedra, tijolos ou em concreto, de acordo com as disponibilidades de materiais locais. A altura do tanque é definida pela altura de água bruta sobrenadante, espessura do meio filtrante, camada suporte e sistema de drenagem.

A altura da água sobre o meio deve ser sempre maior que a resistência devida à obstrução do meio para evitar pressões negativas. Isto consiste, em princípio, de uma variação no nível enquanto a carreira prossegue e cresce a resistência ao escoamento nos filtros operados com nível de água variável. Entretanto, normalmente são filtros construídos e operados com carga hidráulica constante, principalmente na Europa. O meio filtrante dos filtros lentos são quase que exclusivamente constituídos de areia. A altura da camada de areia varia de 0,7 a 1,2 m, o tamanho efetivo e o coeficiente de desuniformidade apresentam uma serie de divergências, nas faixas sugeridas na execução de projetos, cujas características foram dadas na Tabela 3.8 .

A camada suporte é constituída de várias subcamadas com granulometria mais fina no topo e mais grossa no fundo, sendo cada uma delas cuidadosamente graduada. No fundo do filtro é instalado um sistema de drenagem para coleta do efluente. Este sistema deve suportar o meio filtrante e a camada suporte, além de coletar e escoar a água filtrada.

O tipo de sistema de drenagem normalmente usado é constituído de tubo principal e laterais. Os drenos são elementos porosos ou perfurados, lajes ou canalizações com juntas abertas, ou tubos de cimento amianto ou PVC perfurado. Uma borda livre de 0,20 a 0,30 m deve ser prevista.

4. METODOLOGIA

A instalação piloto utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho encontra-se localizada nas dependências do Departamento de Hidráulica e Saneamento no Campus da EESC-USP. Basicamente a estação experimental é composta por sistema de recalque de água bruta, com tomada executada na adutora de água do Espriado, do Sistema de Abastecimento de São Carlos-SASC, reservatório de 15 m³, sistema de recalque de água do reservatório a uma caixa de distribuição, rotâmetro instalado na tubulação de recalque, quatro filtros piloto, quadro de piezômetros, etc. Nas Figuras 4.1 e 4.2 são mostrados esquemas, em planta e corte, respectivamente, da instalação.

4.1. DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO.

4.1.1. UNIDADES FILTRANTES

Os filtros foram construídos em chapa metálica, parte com forma cilíndrica (diâmetro interno igual a 0,8 m e altura 2,6 m) e parte com forma tronco-cônica para facilitar a realização de descarga de fundo e drenagem do filtro. A altura total do filtro é 3,6 m, e entre a parte cônica e a cilíndrica encontra-se uma placa provida de 43 orifícios de 12,7 mm de diâmetro, sobre a qual está disposta a camada de pedregulho e a camada de areia. Abaixo da placa, parte uma tubulação de 19 mm de diâmetro que se eleva externamente até 15 cm acima do topo da camada de areia, por onde escoa livremente o efluente, conforme apresentado na Figura 4.3.

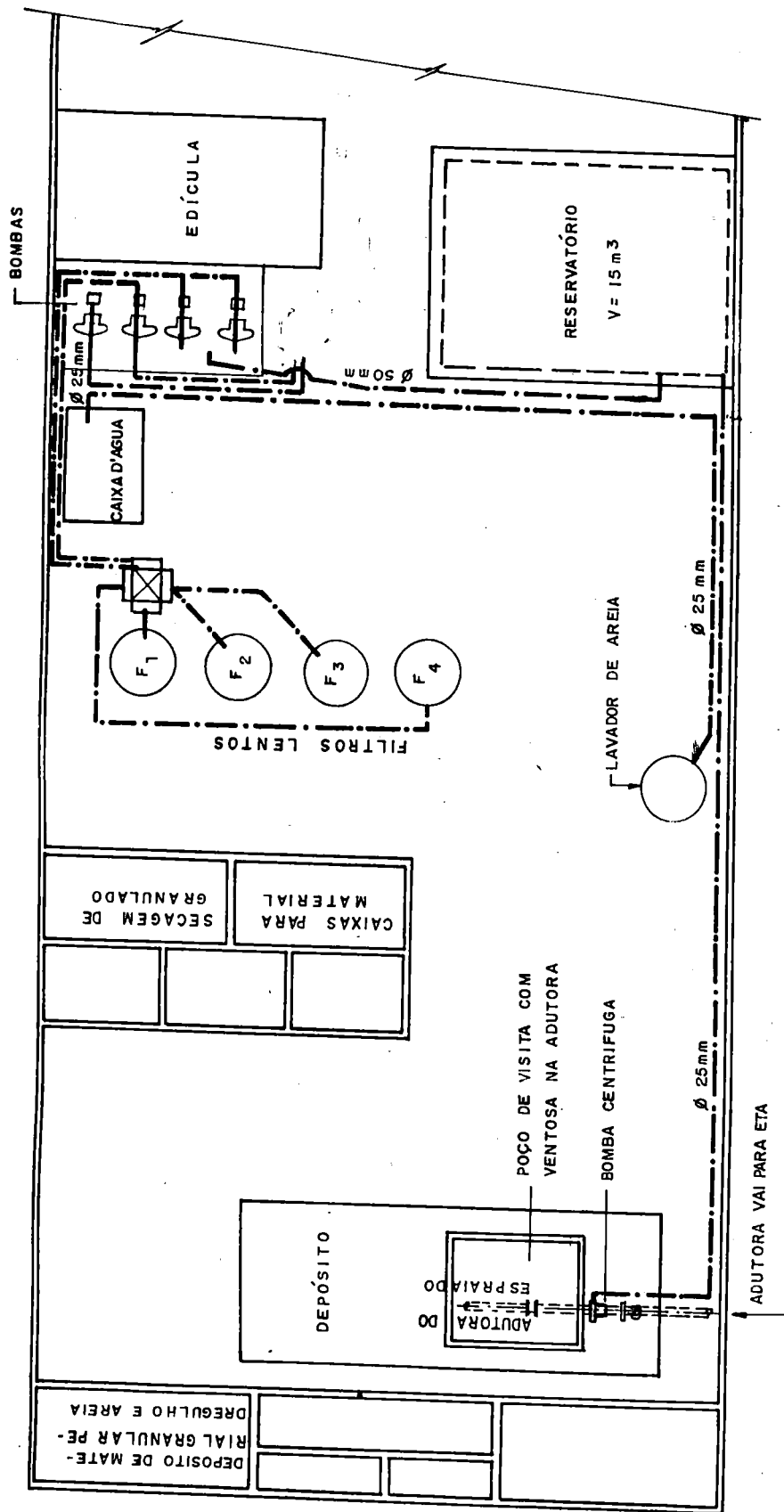


FIGURA 4.1 Planta Esquemática da Instalação - Piloto

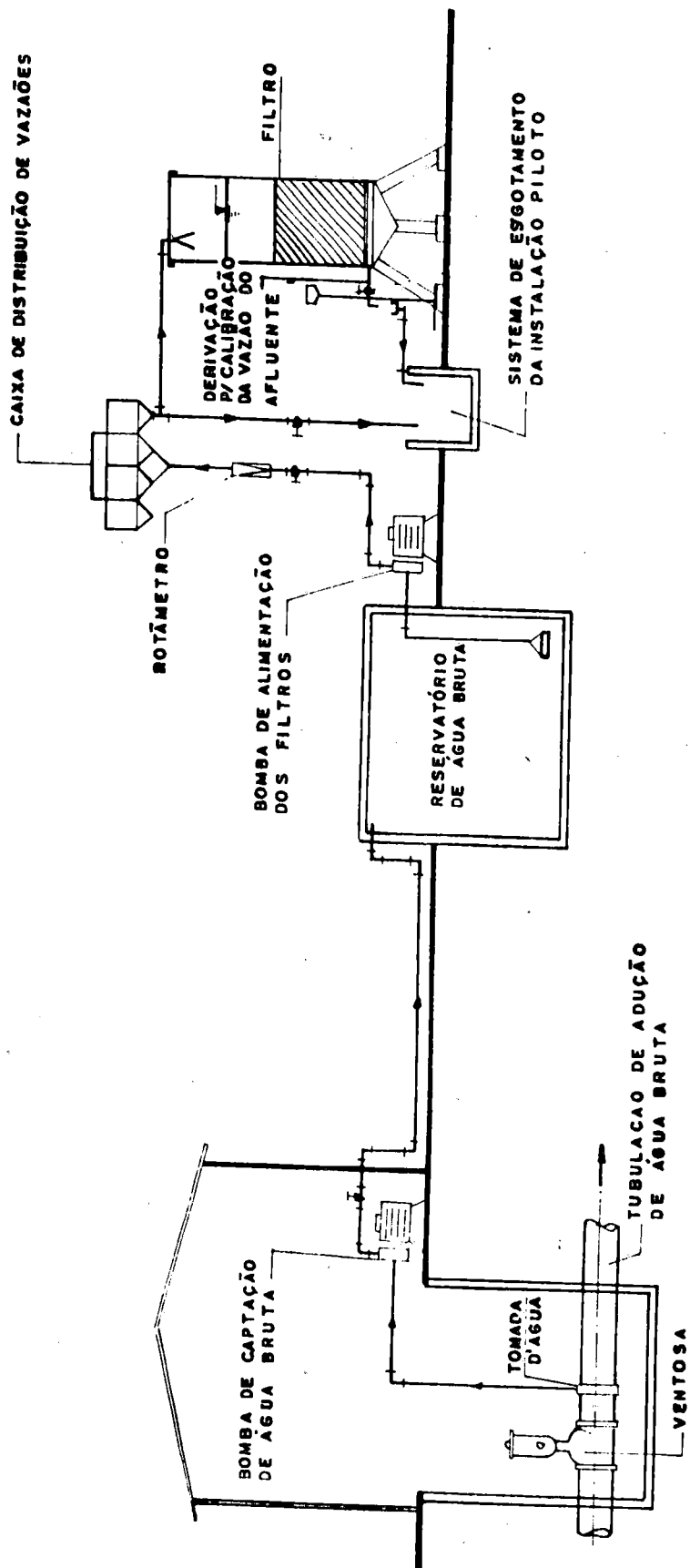


Figura 4.2 Esquema Geral da Instalação Piloto

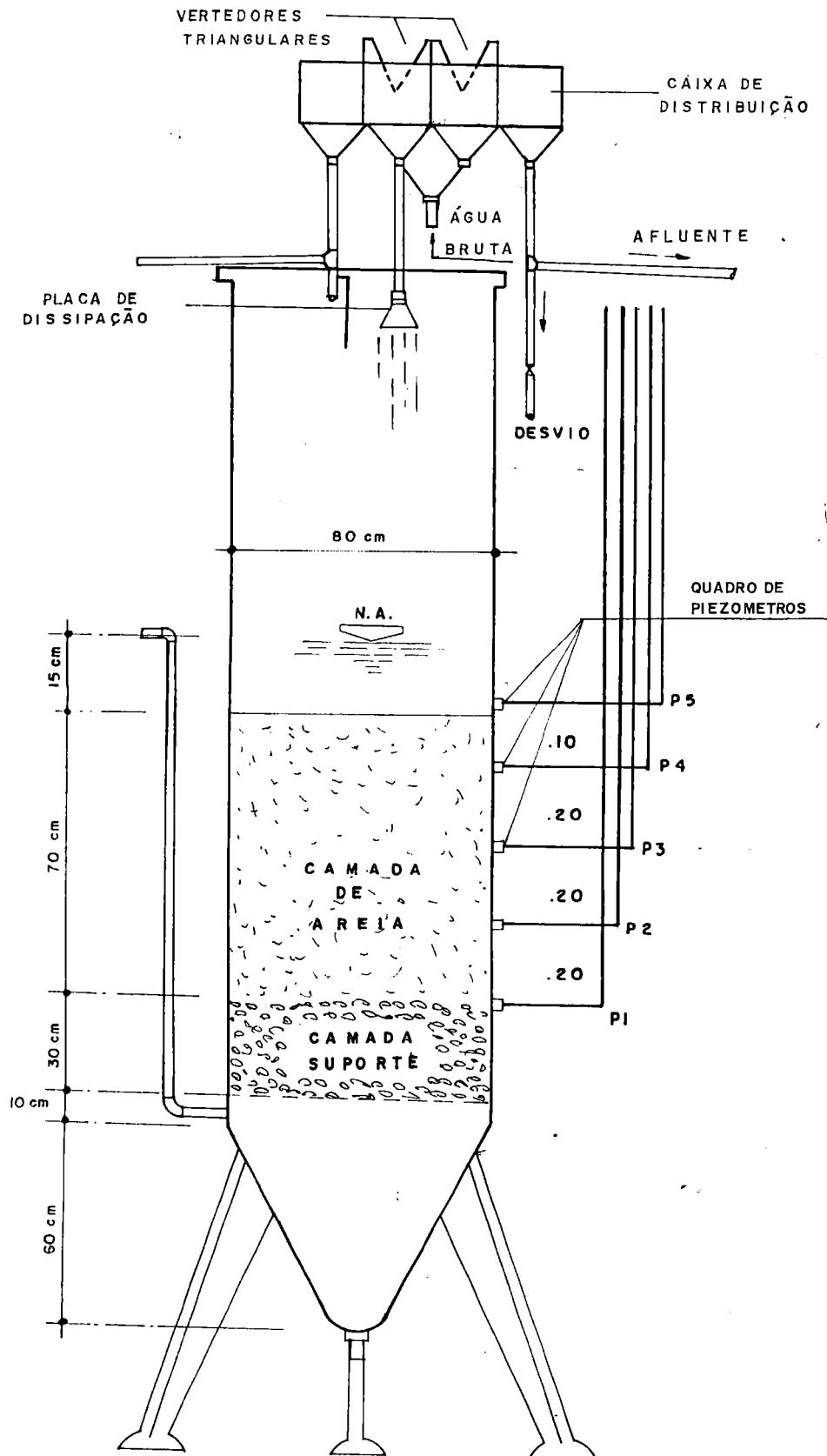


FIGURA 4.3 Posição das tomadas dos piezômetros e distribuição das camadas de Areia e Pedregulho

4.1.1.1. CAMADA SUPORTE

A camada suporte é constituída por subcamadas de pedregulho, cujas características são apresentadas na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DO MEIO DA CAMADA DE SUPORTE

SUBCAMADA	TAMANHO (mm)	ESPESSURA (cm)
1*	4,76 a 2,00	5,0
2	9,53 a 4,76	7,5
3	19,05 a 9,53	7,5
4	38,10 a 19,05	10,0

(*) Superior

4.1.1.2. CAMADA DE AREIA

Cada filtro contém camada de areia com 0,7 m de espessura e com características granulométricas diferentes (D_{60} variável e o D_e aproximadamente constante) de modo a resultar variável o coeficiente de desuniformidade, CDU, inicialmente proposto entre 2 e 5. A Figura 4.4 contém a zona de influência do CDU, objeto do presente estudo.

As características granulométricas das areias entregadas são apresentadas na Tabela 4.2.

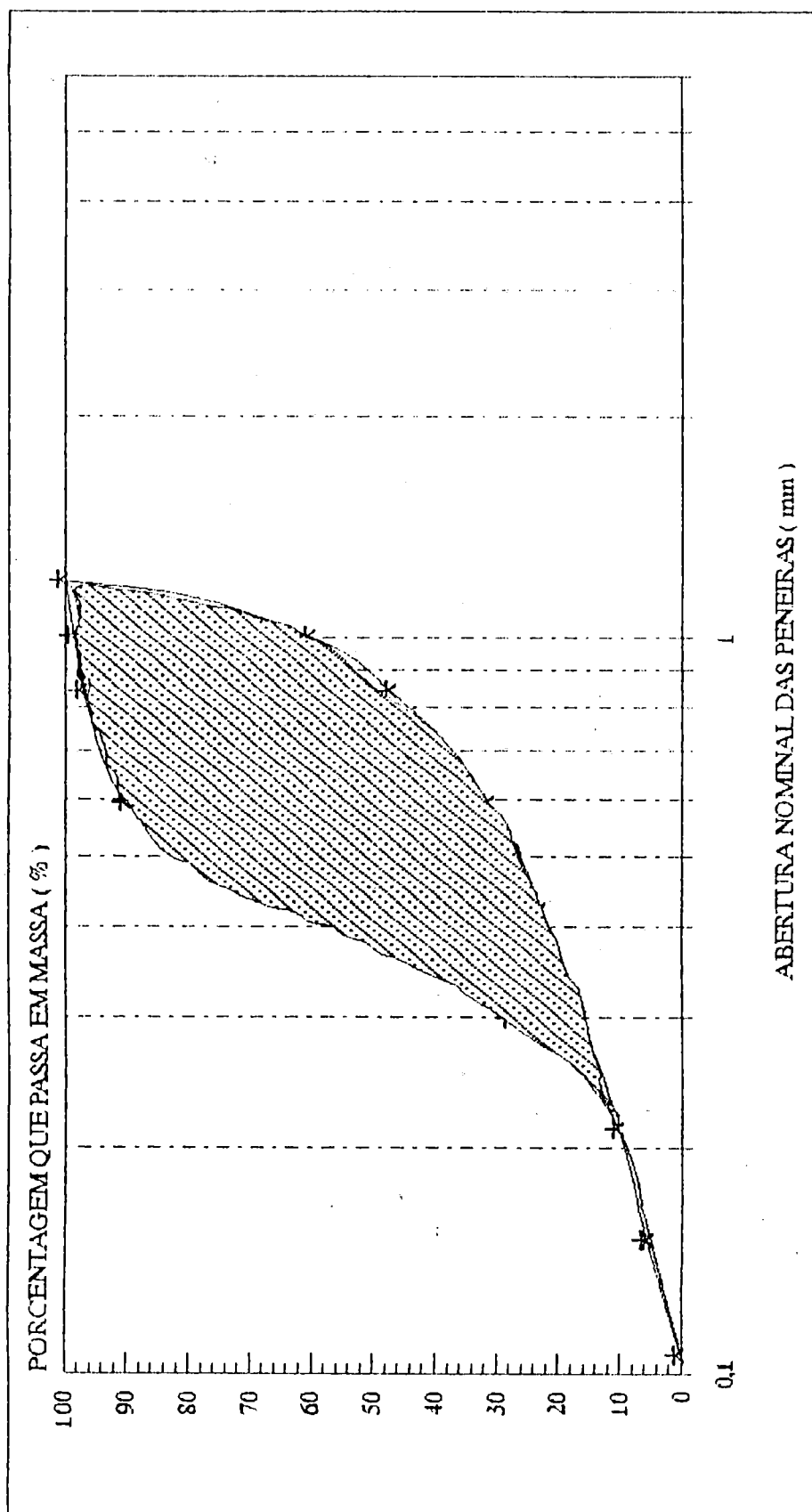


Figura 4.4 Faixa de Variação das Curvas Granulométricas

TABELA 4.2 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DO MEIO FILTRANTE

FILTRO	TAMANHO EFETIVO (De)	COEFICIENTE DE DESUNIFORMIDADE (CDU)	TAMANHO DO MENOR GRÃO (mm)	TAMANHO DO MAIOR GRÃO (mm)
FLA1	0,21	2,24	0,105	1,19
FLA2	0,21	2,85	0,105	1,19
FLA3	0,20	4,30	0,105	1,19
FLA4	0,23	4,29	0,105	1,19

4.1.2. BOMBEAMENTO DE ÁGUA BRUTA

4.1.2.1. Sistema 1

A água bruta é captada da adutora do Espriado, um dos mananciais do sistema de abastecimento da cidade de São Carlos, a qual passa pela estação experimental e vai até a Estação de Tratamento de Água de São Carlos-ETASC. A tomada é feita por meio de uma derivação de 12,7 mm de diâmetro, ligada diretamente à adutora, sendo a água recalçada para um reservatório de 15 m³ de capacidade, permitindo a operação contínua da instalação piloto, já que o sistema de bombeamento Espriado, não funciona continuamente com a mesma vazão de recalque.

4.1.2.2 Sistema 2

A água do reservatório é continuamente bombeada para a caixa de distribuição localizada próxima à entrada dos filtros. Na tubulação de recalque encontra-se instalado um registro e um rotâmetro, os quais permitem controlar e medir a

vazão total afluyente à caixa, ligeiramente superior à total de alimentação dos filtros e extravasando o excesso.

4.1.3 Controle de Vazão Afluyente aos Filtros

O sistema de distribuição de vazão a cada filtro é constituído por uma caixa central e oito caixas laterais menores, as quais têm fundo com forma tronco-piramidal, ver Figura 4.5. No vértice da caixa central está conectada a tubulação de recalque do sistema, e nas laterais superiores encontram-se vertedores triangulares reguláveis que possibilitam ajustar a vazão que por eles verte a cada filtro. Para garantir a vazão desejada nos vertedores triangulares têm-se, na caixa central, um vertedor retangular cuja finalidade é receber a vazão excedente, ocasionada por qualquer variação da vazão fornecida pela bomba centrífuga. O afluyente a cada filtro é encaminhado por meio de tubulação de 19 mm de diâmetro que descarrega livremente no interior do mesmo, sendo possível verificar volumetricamente a vazão afluyente através de uma derivação, bastando para isto abrir um registro de gaveta instalado na tubulação.

4.1.4. MEDIÇÃO DA PERDA DE CARGA

Têm-se quatro quadros de piezômetros fixados externamente a cada filtro, todos contendo cinco mangueiras plásticas transparentes, as quais estão instaladas a cada 20 cm ao longo da camada de areia do respectivo filtro, permitindo visualizar a perda de carga em função da profundidade do meio granular, ver Figura 4.6.

4.1.5. TAXAS DE FILTRAÇÃO

Os filtros funcionaram com taxa constante em cada ensaio, sendo o controle feito na caixa de distribuição de vazão. As vazões correspondentes a cada taxa de filtração, ajustada nos vertedores triangulares, são apresentadas na Tabela 4.3.

Após a colocação do material filtrante, o filtro foi enchido pela primeira vez com água tratada (proveniente da rede da EESC-USP) com escoamento ascendente e com vazão inferior a taxa mínima de filtração (ver Tabela 4.3), com a finalidade de retirar o ar existente nos vazios intergranulares; após atingir 1,1 m de água acima do topo da camada filtrante, foi paralizada a introdução de água até se igualem os níveis nas mangueiras dos piezômetros. Em seguida, foi invertido o sentido do

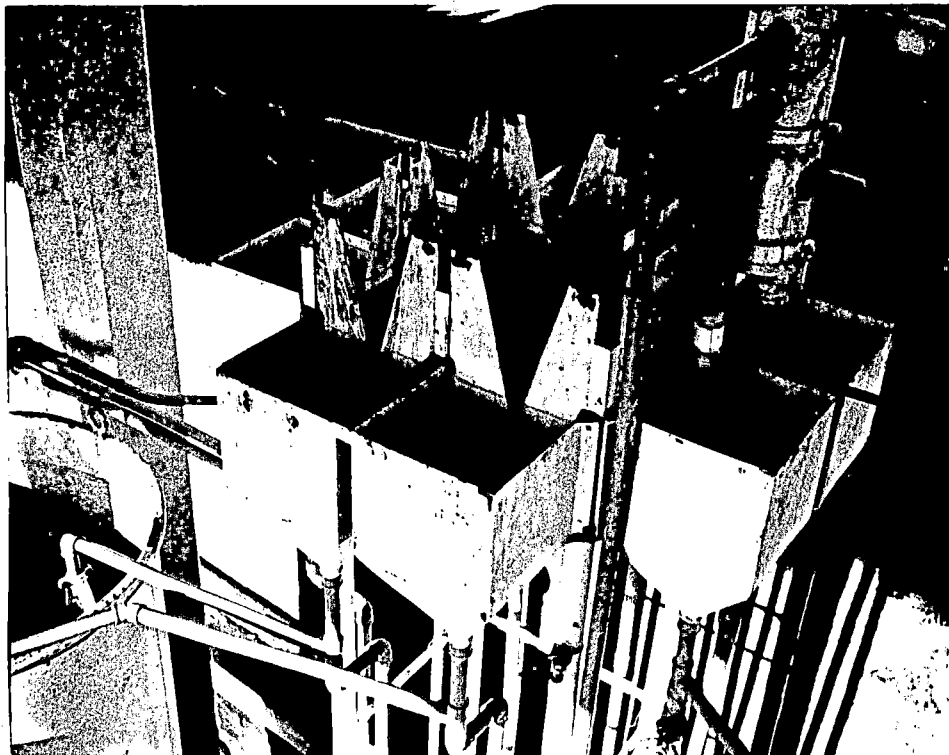


Figura 4.5 Fotografia ilustrando a caixa de distribuição de água aos filtros da instalação

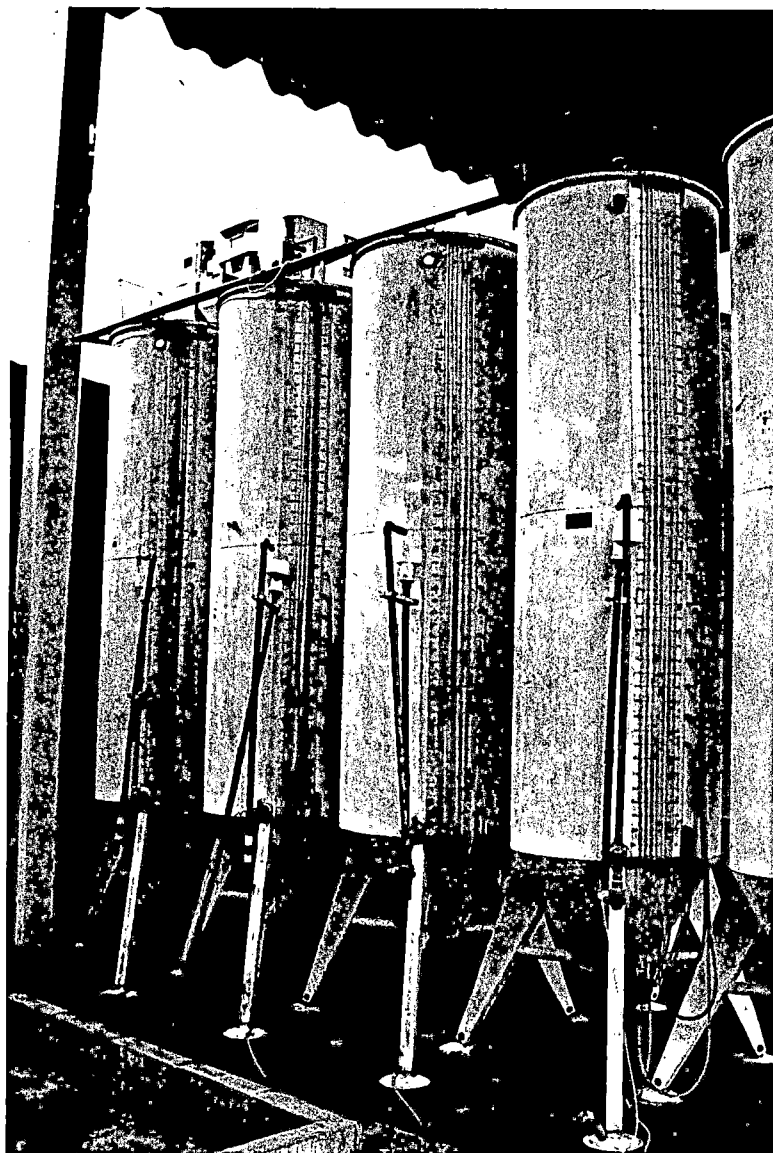


Figura 4.6 fotografia ilustrando os filtros da instalação piloto e as tomadas dos piezômetros.

escoamento de ascendente para descendente, utilizando-se água tratada com taxa de $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, efetuando-se a lavagem do meio filtrante, monitorando-se a turbidez do efluente durante um período de 24 a 48h.

TABELA 4.3 TAXAS DE FILTRAÇÃO DURANTE O PERÍODO DE OPERAÇÃO

ENSAIO	CARREIRA	TAXA DE FILTRAÇÃO ($\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$)	VAZÃO (l/h)
1	1a;1b;1c	6,0	125,8
2	2a;2b	2,4	50,3
3	3a;3b	4,8	94,3

• A área do filtro para o cálculo da vazão é igual a $0,503 \text{ m}^2$

Nos ensaios 1, 2 e 3 foi preciso garantir a não existência de cloro residual no filtro, pois inicialmente foi empregada água tratada. Ao iniciar-se os ensaios e para se atingir a condição de equilíbrio (vazão afluyente igual a vazão efluente) no filtro, tem-se um tempo teórico de detenção no qual o cloro residual existente será consumido ou substituído pela água afluyente durante esse período. Para verificar a existência de cloro residual no efluente foram coletadas amostras. Uma vez atingida a condição de equilíbrio, foram feitas as leituras da perda de carga inicial do leito filtrante.

4.1.6. MEIOS FILTRANTES

Na preparação das diferentes curvas granulométricas foram tomadas, inicialmente, as porcentagens das curvas teóricas propostas (Ver Tabela 4.4). O material filtrante utilizado para compor as curvas, foi preparado segundo o método de peneiramento para teste granulométrico dado pela Norma ASTM-E-11 (1987), com peneiras da série Americana N^o 12 a 200, separando os grãos pelo tamanho (frações) e compondo-os pela porcentagem em peso retido entre as peneiras consecutivas.

Tabela 4.5 Especificações dos Coeficientes C_u , D_{10} , D_{60} , das Curvas Granulométricas, Teóricas Proposta e Real Obtida.

Filtro	Especificações da Areia					
	(D60 mm)		Tamanho Efetivo (D_e)		Coeficiente de desuniformidade (CDU)	
	Teorico	Real	Teorico	Real	Teorico	Real
1	0.42	0.471	0.21	0.21	2.00	2.24
2	0.59	0.590	0.21	0.21	2.86	2.85
3	0.84	0.840	0.21	0.20	4.00	4.30
4	1.00	0.960	0.21	0.23	5.00	4.29

4.1.6.1. TESTES DE CARACTERIZAÇÃO

Efetuarão-se testes de caracterização dos meios filtrantes obtendo-se a porosidade (ϵ), o índice de vazios (e) e o coeficiente de esfericidade médio (C_e).

4.1.6.1.1. Massa Específica Aparente

Depois da lavagem de 24 a 48h, os filtros foram esvaziados e tomadas amostras dos meios filtrantes, introduzindo-se um cilindro metálico de coleta, de massa e volume (V_c) conhecidos. Após serem retiradas, foram levadas e pesadas em balança analítica de precisão, determinando-se por diferença a massa de areia contida no cilindro de coleta (M_a). Com M_a e V_c determinados, calcula-se a massa específica aparente da amostra ρ_a (água + areia + ar) tomada do filtro e dada pela eq. 4.1.

$$\rho_a = \frac{M_a}{V_c} \quad (4.1)$$

em que:

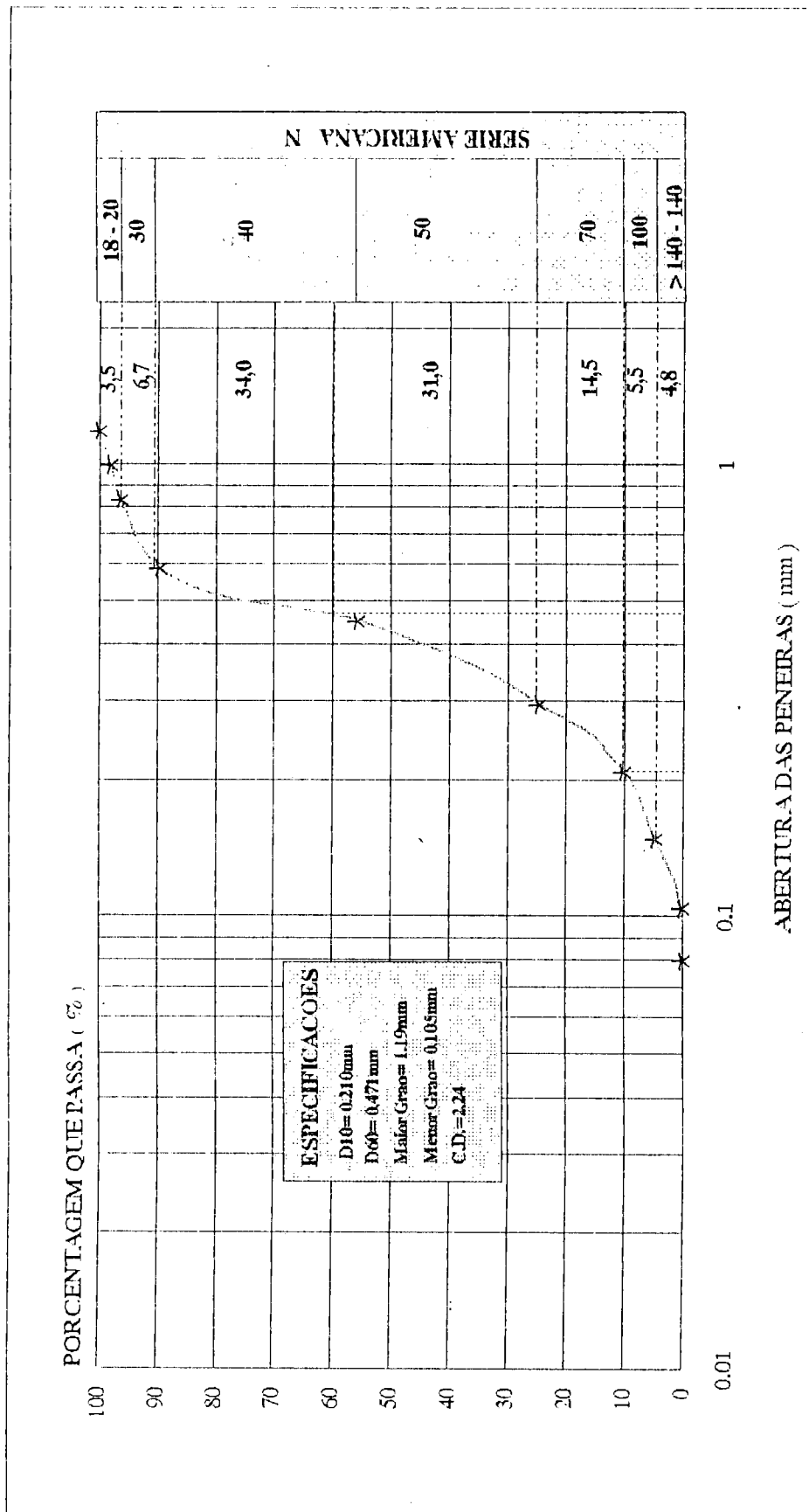


Figura 4.7 Curva Granulométrica Real Filtro 1

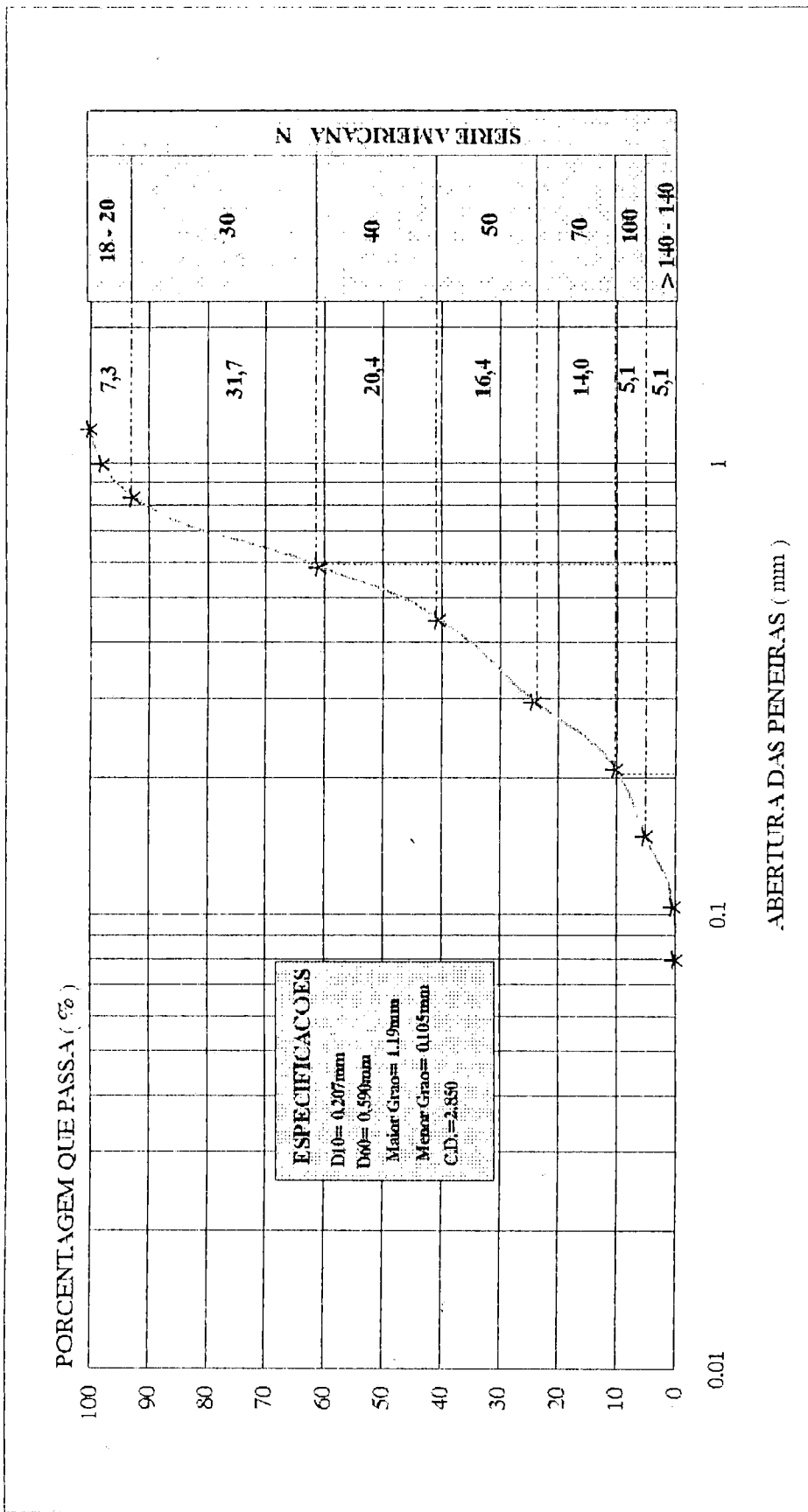


Figura 4.8 Curva Granulométrica Real Filtro 2

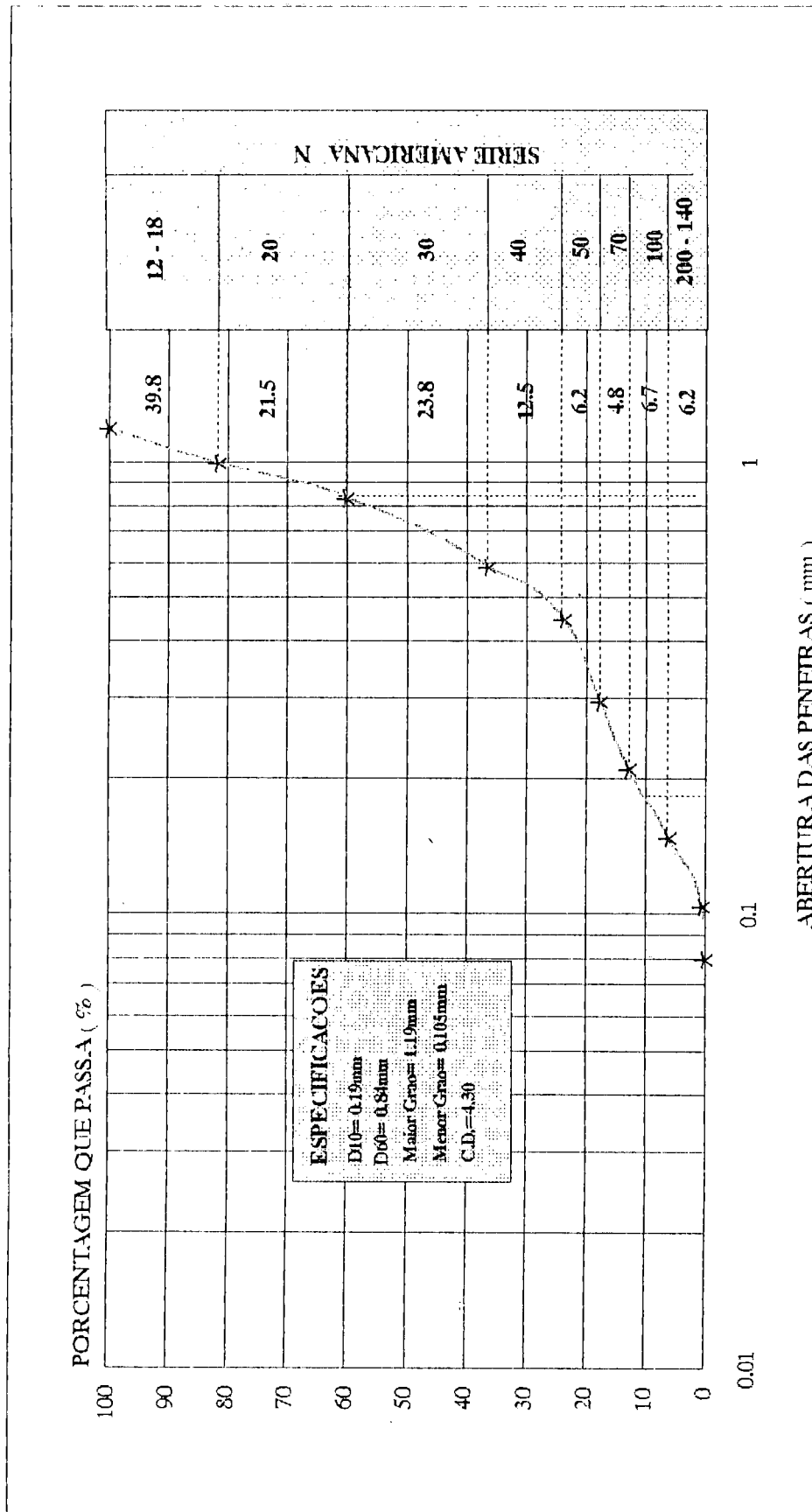


Figura 4.9 Curva Granulométrica Real Filtro3

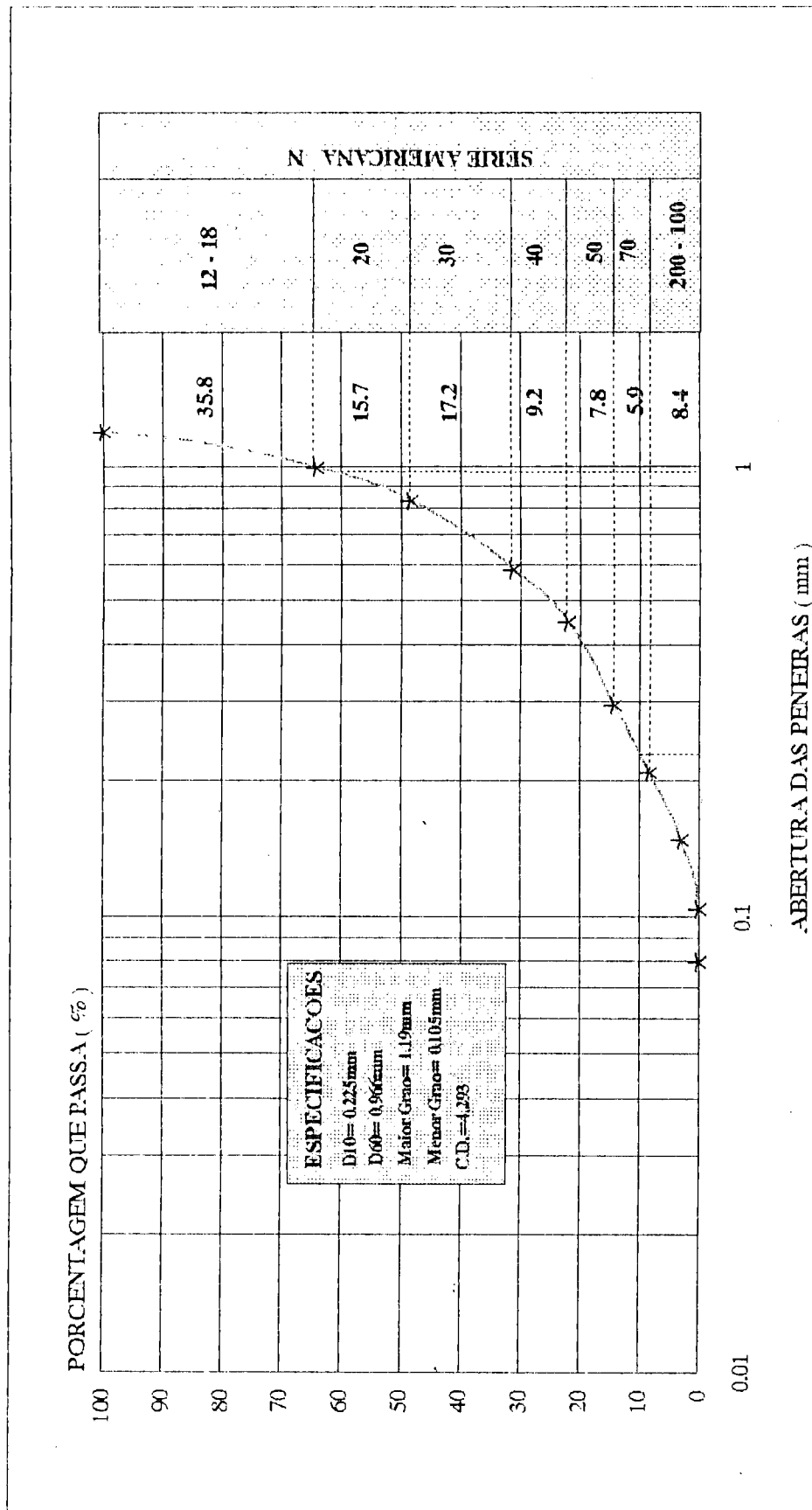


Figura 4.10 Curva Granulométrica Real Filtro4

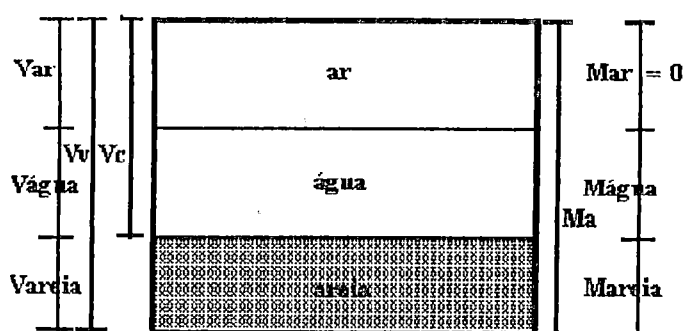
ρ_a : massa específica aparente da amostra (g/cm^3)

M_a : massa de areia equivalente ao volume de coleta (g)

V_c : volume do cilindro de coleta (cm^3)

Na Figura 4.11 encontram-se separadas as frações de ar, água e areia para ilustrar a determinação de ρ_a .

Figura 4.11 Relações de volume e massa



em que:

$$M_a = M_{\text{areia}} + M_{\text{água}} + M_{\text{ar}}$$

$$V_c = V_{\text{areia}} + V_{\text{água}} + V_{\text{ar}}$$

4.1.6.1.1.1 Umidade

Para cada amostra do meio filtrante levada ao laboratório, foram separadas três amostras em cápsulas previamente pesadas (Tara), pesadas em balança analítica de precisão (tara + areia + água) e colocadas em estufa a 110°C durante 24h. Uma vez retiradas, foram novamente pesadas (tara + areia) obtendo-se por diferença a massa da água ($M_{\text{água}}$) e da areia (M_{areia}) presente em cada amostra, calculando-se em seguida o valor médio; com os valores obtidos determinou-se a umidade (W) de cada meio filtrante pela eq.4.2.

$$W = \frac{M_{\text{água}}}{M_{\text{areia}}} \cdot 100 (\%) \quad (4.2)$$

4.1.6.1.2. Massa Específica Aparente seca

A massa específica aparente seca ρ_s foi determinada através da relação entre a massa específica aparente da amostra ρ_a e umidade W , utilizando-se a seguinte eq.4.3:

$$\rho_s = \frac{\rho_a}{1 + \frac{W}{100}} \quad (4.3)$$

Com os valores obtidos de ρ_s (eq.4.3) e com o de ρ_r (2,67 g/cm³) foram calculados o índice de vazios e a porosidade de cada meio filtrante, pelas eqs. 4.4 e 4.5

4.1.6.1.3. Índice de Vazios e Porosidade

O índice de vazios (e) expressa a relação existente entre o volume de vazios (V_v) e o volume dos grãos de areia (V_a), dado pela eq.4.4.

$$e = \frac{\rho_r}{\rho_s} - 1 \quad (4.4)$$

em que:

ρ_r : massa específica real dos grãos de areia (2,67 g/cm³)

ρ_s : massa específica aparente seca (g/cm³)

A porosidade (ε) expressa a relação existente entre o volume de vazios (V_v) e o volume total (V_t), é dada pela eq.4.5.

$$\varepsilon = \frac{e}{1+e} \cdot 100 (\%) \quad (4.5)$$

4.1.6.1.4. Coeficiente de Esfericidade

A esfericidade pode ser expressa em função da distribuição de seus valores, em curvas acumulativas traçadas em papel de probabilidade aritmética. Os valores da esfericidade dos grãos dos intervalos granulométricos do meio filtrante foram obtidos com a técnica da projeção, utilizando-se um microscópio provido de câmara clara. Para isto, os grãos foram peneirados e dispostos em lâminas de vidro para os intervalos granulométricos. (mínimo de 50 grãos no campo) e feitas comparações pelo método visual de Rittenhouse (1943) segundo KENITHIRO (1973) ver Figura A4 do Apêndice A. Para construir o gráfico utilizou-se o método de determinação gráfica de Krumbein & Sloss segundo KENITHIRO (1973) plotando-se em ordenadas a porcentagem acumulada com os valores da esfericidade (que não é transformada em logaritmo) e, com o uso das linhas de 16% e 84%, calcula-se a esfericidade média dada pela eq. 4.6 (ver Figuras A5 a A8 do Apêndice A).

$$\text{Coeficiente de Esfericidade Médio (} C_{em} \text{)} = \frac{(C_{e,0,84} + C_{e,0,16})}{2} \quad (4.6)$$

4.2. MEDIDAS EFETUADAS E FREQUÊNCIA DE COLETA DE AMOSTRAS

Foram coletadas amostras do afluente e dos efluentes dos filtros nos diferentes ensaios para a medição dos seguintes parâmetros: cor aparente, turbidez, ferro total, manganês, pH, tamanho e distribuição de tamanhos das partículas, coliformes fecais e contagem de colônias de bactérias heterotróficas.

A perda de carga nos filtros foi determinada por meio de leituras diárias nos quadros de piezômetros. A medição dos parâmetros físico-químicos foi efetuada com base no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (1985); a determinação do NMP de coliformes fecais e número de colônias de bactérias heterotróficas de acordo com o Standard Methods e CRISTOVÃO (1965). A frequência de coleta e medição dos parâmetros é apresentada na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS
DE CONTROLE

PARÂMETRO	FORMA DE MEDIÇÃO EQUIPAMENTO	FREQUÊNCIA DE MEDIÇÃO (afluente e efluente)
Cor Aparente	Hellige Tester	Uma vez por dia
Turbidez	Turbidímetro Nefelométrico	
Temperatura	Termômetro de Mercúrio	
pH	Potenciômetro Elétrico Analógico	
Vazão	Rotâmetro, Vertedores Triangulares e Medidas Volumétricas	
Ferro e Manganés	Espectrofotômetro de Absorção Atômica	Variável em função da taxa
Numero de Colônias de bactérias Heterótroficas	Cultura em Placas petri	
Tamanho e Distribuição de partículas	Contador de Partículas Coulter Conter	

4.3. FUNCIONAMENTO DOS FILTROS

Os quatro filtros estudados funcionaram com escoamento descendente. A água bruta foi bombeada até a caixa de distribuição, da qual, por gravidade, os filtros foram alimentados através de tubulações individuais de 19 mm de diâmetro.

Para evitar qualquer dano à superfície do meio filtrante, uma placa dissipadora impediu o impacto direto da água sobre o topo da camada de areia. Durante o período em que os filtros estavam funcionando, foram coletadas amostras diárias do afluente e dos efluentes dos filtros para os exames e análises programadas (ver Tabela 4.6) e efetuadas as leituras piezométricas.

O término da carreira de filtração ocorreu quando a perda de carga final no meio filtrante atingiu 1,1 m. O final da carreira de filtração implicou na necessidade de limpeza do filtro. Para retirar o filtro de operação, a água bruta foi desviada do filtro através de uma derivação existente na caixa de distribuição.

O nível de água no filtro diminuiu até atingir aproximadamente 20 cm abaixo da superfície da areia e, a sua limpeza consistiu na remoção (manual realizada com uma enxada) de aproximadamente 2 cm da parte superficial da camada de areia desde a parte superior do filtro.

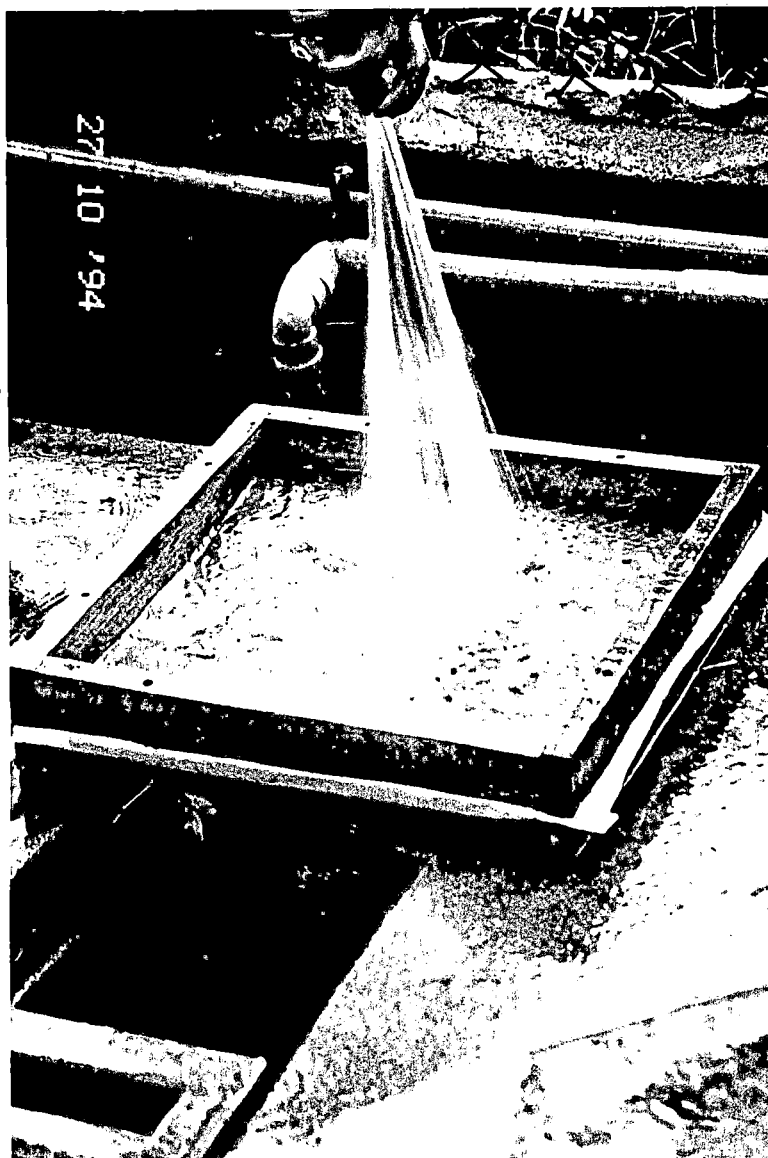
A lavagem da areia retirada durante a limpeza foi feita num lavador construído com madeira e tela N^o 140 da Série Americana para não permitir perda dos menores grãos, evitando-se assim, mudanças significativas no coeficiente CDU. A forma de lavagem foi manual, dirigindo-se o jato de água de uma mangueira até atingir a areia e fazendo-se com que o impacto e a turbulência gerassem atrito entre os grãos, efetivando a limpeza da mesma (ver Figura 4.12). Depois de lavada, a areia foi retornada ao filtro, fazendo-se sulcos na parte superior do meio de 20 a 25 cm de profundidade, nos quais recolocou-se a areia.

Para colocar o filtro novamente em operação, o mesmo foi inicialmente completado com água de torneira, pelo fundo, através da tubulação efluente até atingir a superfície da areia, procurando-se eliminar o ar existente. Em seguida, a tubulação do afluente foi aberta para ser iniciada uma nova carreira de filtração.

4.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

No decorrer da operação dos filtros para as diversas taxas, foram realizadas medições de perda de carga e dos parâmetros de qualidade de água. Os dados foram armazenados em uma base de dados, tabelados e graficados, relacionando-se perda de carga, qualidade da água (turbidez, cor, ferro total, manganês e resultados de exames bacteriológicos), com o tempo de funcionamento.

Figura 4.12- Foto ilustrando o início da operação de lavagem da areia após ter sido retirada do filtro.



A partir do comportamento dos quatro filtros nas diferentes condições de operação, foram feitas as comparações entre eles. Como alguns ensaios foram repetidos, foi feito um tratamento estatístico para permitir uma melhor descrição, análise e interpretação dos dados obtidos experimentalmente (ver Apêndice E). Para isto, foram utilizados conceitos e resultados das probabilidades de matemática estatística, estatística descritiva e estatística indutiva, os quais permitiram chegar a conclusões sobre a população em estudo, isto é, o comportamento dos filtros utilizados na filtração lenta em areia (FLA) quando se tem meios filtrantes com diferentes coeficientes de desuniformidade (CDU). Isto é possível utilizando-se a estatística indutiva, a qual permite, por meio do conhecimento de uma parte da população, chegar-se a uma conclusão sobre um todo.

A metodologia descrita no Apêndice E, permitiu chegar a conclusões sobre a influência da uniformidade da areia no desempenho da filtração lenta, especificamente do coeficiente de desuniformidade para as diferentes taxas de filtração. Partindo desta metodologia foram feitas recomendações sobre este importante parâmetro de projeto.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO MEIOS FILTRANTES

No Apêndice A são apresentados os dados dos parâmetros obtidos através de ensaios de laboratório, os quais foram analisados conjuntamente, permitindo caracterizar os meios filtrantes utilizados.

Nas Figuras A1 e A2 no Apêndice A encontram-se a projeção dos contornos dos grãos entre duas peneiras da série granulométrica e a ilustração fotográfica dos contornos dos menores e maiores grãos (ver Figura A3). Na Tabela A1, é fornecido o coeficiente de esfericidade daqueles grãos, de acordo com a escala de comparação visual dada por Ruttenhousen, 1943, segundo KENTIRO. (1973) (ver Figura A4).

Nas Figuras A5, A6, A7 e A8 no Apêndice A, construídas com os dados do coeficiente de esfericidade da Tabela A1, em função da porcentagem acumulada, exibe-se o gráfico resultante do cálculo do coeficiente médio de esfericidade (C_e) de acordo com Krumben & Sloss (1963), citado por KENTIRO (1973), em função das porcentagens correspondentes a 16 e 84 % da porcentagem acumulada. Na Tabela A2, apresentam-se os valores de D_{60} , o tamanho efetivo, o coeficiente de desuniformidade, a porosidade e o coeficiente médio de esfericidade, os quais encontram-se dentro das especificações sugeridas por KENTIRO.

Nas Tabelas A3, A4, A5, A6 do referido Apêndice apresentam-se os dados experimentais obtidos para cada filtro no ensaio de perda de carga inicial para determinação experimental do gradiente hidráulico com meio filtrante e água limpa. Na Figura A9 é apresentada a relação entre velocidade de aproximação e o gradiente hidráulico obtidos experimentalmente.

5.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS 1, 2 e 3

Os resultados dos ensaios 1, 2 e 3 são apresentados nos apêndices B, C e D, referentes aos dados dos afluentes e efluentes citados nas Tabelas B1 a B33, C1 a C25 e D1 a D48, fornecendo os resultados dos parâmetros físico-químicos, incluindo também a perda de carga, as leituras piezométricas e a distribuição e número de partículas durante o tempo de funcionamento dos filtros.

As Figuras B1 a B39, C1 a C26 e D1 a D26 ilustram as variações diárias dos parâmetros físico-químicos, perda de carga e leituras piezométricas, a partir do topo do meio filtrante, além da distribuição e número de partículas na água.

No Apêndice E apresenta-se a metodologia do tratamento estatístico descritivo e indutivo aplicada aos dados dos parâmetros: cor aparente, turbidez e número de partículas para os quatro filtros nos ensaios 1, 2 e 3.

Nas Tabelas 5.1 a 5.10 e as Figuras 5.1 a 5.14 do capítulo 5 são apresentados os resultados da estatística descritiva dos parâmetros físico-químicos referentes aos ensaios 1, 2, e 3 e a análise gráfica dos quartis dos parâmetros (cor e turbidez) nos respectivos ensaios, bem como a estatística indutiva das partículas do afluente e efluente, de acordo com a metodologia exposta no Capítulo 4.

Na Tabela 5.11 são fornecidos, os resultados das análises bacteriológicas dos ensaios 1, 2 e 3 e na Tabela 5.12 têm-se as medidas tomadas da penetração de impurezas na areia durante os ensaios 1, 2 e 3.

Na Figura 5.15 é ilustra a sequência de raspagem superficial dos meios filtrantes e na Figuras 5.16 a 5.19 são apresentadas fotos indicando a penetração de impurezas no topo dos meios filtrantes.

Tabela 5.1 Estatística Descritiva dos Dados dos Parâmetros Físico - Químicos da Água Bruta e dos Efluentes das Unidades de Filtração Durante o Ensaio 1.

Carreira	Período Dia/Mes	Unidade FLA - CDU*	Turbidez (uT)			cor (uC)			Ferro (mg/l)			Manganês(mg/l)			pH			Temperatura (C)			Vazão (l/s) Média	Taxa Média de Filtração (m³/m².d)		
			Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Min	Méd	Min						
1a	15/2 a 20/2	Água Bruta	32,00	22,00	15,00	150	130	20	1,860	1,550	1,100	0,03	0,020	0,01	7,1	6,6	28,0	27,0	26,5	-	-	-	-	
	15/2 a 18/2	FLA1 - 2,24	30,00	15,40	4,20	120	60	20	1,310	0,901	0,331	-	-	-	7,1	6,7	28,5	27,0	25,5	2,15	6,24	2,15	6,24	
	15/2 a 22/2	FLA2 - 2,85	28,00	19,25	10,00	125	90	40	1,100	0,900	0,641	-	-	-	7,1	6,7	28,0	27,0	26,0	2,06	6,00	2,06	6,00	
	15/2 a 26/2	FLA3 - 4,30 FLA4 - 4,29	29,00 30,00	10,25 9,50	2,50 2,50	120 125	40 35	10	1,220 1,180	0,600 0,502	0,322 0,110	-	-	-	7,1 7,1	6,7 6,7	28,5 28,5	27,0 27,5	25,5 25,5	2,08	6,00	2,08	6,00	2,10	6,00
1b	4/3 a 9/3	Água Bruta	36,00	24,70	12,00	200	120	50	1,780	1,500	1,001	0,03	0,02	0,01	6,9	6,7	26,0	25,0	23,0	-	-	-	-	
	4/3 a 9/3	FLA1 - 2,24	26,00	18,30	12,00	110	80	30	1,702	1,204	1,000	-	-	-	6,9	6,8	25,0	23,0	22,5	2,07	6,00	2,07	6,00	
	4/3 a 14/3	FLA2 - 2,85	24,00	17,30	11,00	110	70	30	1,032	0,830	0,640	-	-	-	7,1	6,8	25,0	23,0	22,5	2,02	5,76	2,02	5,76	
	4/3 a 14/3	FLA3 - 4,30 FLA4 - 4,29	25,00 25,00	10,80 11,00	1,50 1,20	110 110	50 50	2,5 5	1,124 1,080	0,581 0,566	0,170 0,220	-	-	-	7,0 7,0	6,0 6,7	26,0 25,5	24,0 24,0	22,5 22,5	2,06	6,00	2,06	6,00	2,02	5,76
1c	1/4 a 7/4	Água Bruta	110,00	40,80	10,00	500	200	80	1,418	1,185	0,928	0,023	0,010	0,001	7,3	6,2	25,0	23,5	22,0	-	-	-	-	
	1/4 a 8/4	FLA1 - 2,24	58,00	36,30	7,00	250	170	50	1,000	0,745	0,526	0,001	0,001	0,001	7,1	6,8	25,5	24,0	22,0	2,07	6,00	2,07	6,00	
	1/4 a 17/4	FLA2 - 2,85	58,00	31,10	4,00	250	150	40	1,100	0,813	0,490	0,004	0,004	0,004	7,1	6,7	25,5	23,0	20,0	2,02	5,76	2,02	5,76	
	1/4 a 17/4	FLA3 - 4,30 FLA4 - 4,29	64,00 60,00	20,90 20,50	0,70 0,70	280 250	100 90	5 5	1,100 1,200	0,512 0,498	0,044 0,001	0,003 0,003	0,003 0,001	0,003 0,001	7,4 7,2	6,7 6,7	25,5 25,5	23,0 22,5	20,0 20,0	2,06	6,00	2,06	6,00	2,02	5,76

(*) coeficiente de desuniformidade

(-) não detectado

Tabela 5.2 Estatística Descritiva dos Dados do Número de Partículas, da Água Bruta e dos Efluentes das Unidades de Filtração Durante o Ensaio 1.
Taxa 6m³/m²/d

Carreira	Período	Unidade FLA - CDU*	Tamanho e Distribuição de Partículas												pH	Temperatura (C)			Vazão (l/s) Média	Taxa Média de Filtração (m ³ /m ² .d)
			1.16 a 5.04				6.35 a 12.7				16.0 a 40.30					Máx	Méd	Min		
			Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min						
1a	15/2 a 20/2	Água Bruta	1041056	888099	589759	5778	4515	2921	168	120	74	7.0	6.6	28.0	27.0	26.5	-	-		
	15/2 a 18/2	FLA1 - 2,24	419343	403722	375345	1913	1037	551	129	67	30	7.1	6.7	28.5	27.5	25.5	2.15	6,24		
	15/2 a 22/2	FLA2 - 2,85	-	519296	-	-	1304	-	-	129	-	7.1	6.7	28.0	27.0	26.0	2.06	6,00		
	15/2 a 26/2	FLA3 - 4,30	443551	284216	186160	1291	610	231	127	53	10	7.1	6.7	28.5	27.5	25.5	2.08	6,00		
		FLA4 - 4,29	303740	196271	112010	623	343	193	47	23	12	7.1	6.7	28.5	27.5	25.5	2.10	6,00		
1b	4/3 a 9/3	Água Bruta	785483	471826	230186	8547	5259	3250	130	86	3	6.9	6.7	26.0	25.0	23.0	-	-		
	4/3 a 9/3	FLA1 - 2,24	251965	193471	105011	1098	768	232	53	32	7	7.0	6.8	25.0	23.5	22.5	2.07	6,00		
	4/3 a 14/3	FLA2 - 2,85	209196	145804	77910	844	518	302	29	23	20	7.1	6.8	25.0	23.5	22.5	2.08	5,76		
	4/3 a 14/3	FLA3 - 4,30	158357	97607	9154	804	276	106	24	11	4	7.0	6.6	26.0	24.0	22.5	2.18	6,00		
		FLA4 - 4,29	226219	146152	65844	1775	512	150	18	11	5	7.0	6.7	25.5	24.0	22.5	2.10	5,76		
1c	1/4 a 7/4	Água Bruta	1490627	565139	283736	6979	4531	2756	113	83	40	7.3	6.2	25.0	23.5	22.0	-	-		
	1/4 a 8/4	FLA1 - 2,24	344982	215789	21706	584	373	265	14	13	13	7.1	6.8	25.5	24.0	22.0	2.07	6,00		
	1/4 a 17/4	FLA2 - 2,85	250622	171412	71877	307	244	153	11	11	2	7.0	6.7	25.5	23.5	20.0	2.08	6,00		
	1/4 a 17/4	FLA3 - 4,30	314479	133730	63770	450	158	48	11	6	2	7.4	6.7	25.5	23.0	20.0	2.18	6,20		
		FLA4 - 4,29	431155	178065	58413	590	224	48	24	7	2	7.2	6.7	25.5	23.0	20.0	2.10	6,00		

(*) coeficiente de desuniformidade

(-) não calculado

Tabela 5.3 Estatística Indutiva dos Dados do número de Partículas dos Efluentes das Unidades de Filtração, Utilizando os Testes F e Wilk, com nível de significância () 5%; Ensaio 1-Taxa 6m3/m2/d.

Ensaio	Transformação	Parâmetro Tamanho médio (um)	Teste F de Snedecor (F)			Teste de Normalidade de Wilk (W)				
			F:(Valor)	Prob(F)	Hipótese Ho		W:(Normal)	Prob(W)	Hipótese Ho	
					Aceita	Rejeita(**)			Aceita	Rejeita
1a	Sem	1.16 a 5.04	5.23	0.0279		x	0.9311	0.3355	x	
	Sem	6.35 a 12.7	2.50	0.1318	x		0.8790	0.0675	x	
	Logarítmica	16.0 a 40.30	1.71	0.2296	x		0.9484	0.5387	x	
1b	Logarítmica	1.16 a 5.04	1.78	0.1975	x		0.9274	0.1793	x	
	Sem	6.35 a 12.7	1.52	0.2533	x		0.9302	0.2004	x	
	Logarítmica	16.0 a 40.30	2.35	0.1164	x		0.9316	0.2119	x	
1c	Sem	1.16 a 5.04	0.44	0.7300	x		0.9757	0.8117	x	
	Logarítmica	6.35 a 12.7	1.91	0.1623	x		0.9692	0.6651	x	
	Logarítmica	16.0 a 40.30	2.42	0.0980	x		0.9609	0.4825	x	

Hipótese do Teste F de Snedecor Ho: As Médias são iguais
H1: As Médias são Diferentes

Hipótese do Teste W
Ho: Os Dados tem Distribuição Normal
H1: Os Dados não tem Distribuição Normal

(**) para parâmetros rejeitados ver Comparação Múltipla
(-) FLA2 falta de dados: não incluído no teste para o ensaio 1a

Tabela 5.4 Estatística Descritiva dos Dados dos Parâmetros Físico - Químicos da Água Bruta e dos Efluentes das Unidades de Filtração Durante o Ensaio 3.
Taxa 2.4m³/m²/d

Carreira	Período Dia/Mês	Unidade FLA - CDU*	Turbidez (uT)		cor (uC)			Ferro (mg/l)			Manganês(mg/l)			pH			Temperatura (C)			Vazão (l/s) Média	Taxa Média de Filtração (m ³ /m ² .d)
			Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd			Mín
3a	28/4 a 25/05	Água Bruta	30.00	10.20	3.50	170	70	7.5	1.700	0.648	0.298	0.054	0.0005	0.001	7.6	6.5	25.5	21.0	16.0	-	-
	28/4 a 01/06	FLA1 - 2,24	30.00	3.10	0.80	80	12.5	2.5	0.037	0.019	0.010	-	-	7.4	6.9	25.5	22.5	20.0	0.84	2.40	
	28/4 a 26/08	FLA2 - 2,85	30.00	2.40	0.50	60	12.5	2.5	0.100	0.032	0.010	-	-	7.4	6.9	25.5	22.5	19.0	0.81	2.32	
	28/4 a 15/08	FLA3 - 4,30 FLA4 - 4,29	30.00	1.60	0.50	80	10	2.5	0.840	0.099	0.001	-	-	7.4	6.6	25.5	21.0	10.0	0.82	2.36	
			30.00	1.90	0.60	80	12.5	2.5	0.400	0.082	0.010	-	-	7.6	6.6	25.5	21.0	10.0	0.82	2.34	
3b	20/7 a 22/8	Água Bruta	28.00	12.20	3.80	170	80	40	1.700	0.762	0.420	0.012	0.008	0.001	7.6	6.6	23.5	21.0	17.0	-	-
	20/7 a 29/8	FLA1 - 2,24	5.10	1.80	0.80	40	12.5	5	0.430	0.122	0.007	-	-	7.5	6.5	24.5	21.0	15.5	0.82	2.34	
	20/7 a 26/8	FLA2 - 2,85	4.80	1.60	0.70	40	12.5	2.5	0.482	0.198	0.001	-	-	7.3	6.6	24.5	21.0	15.5	0.82	2.34	
	20/7 a 15/8	FLA3 - 4,30 FLA4 - 4,29	1.40	1.00	0.70	20	7.5	5	0.840	0.212	0.010	-	-	7.0	6.6	24.5	21.0	15.5	0.82	2.35	
			1.20	1.00	0.80	10	7.5	7.5	0.143	0.097	0.045	-	-	7.6	6.6	24.5	21.0	15.5	0.83	2.37	

(*) coeficiente de desuniformidade

(-) não detectado

Tabela 5.5 Estatística Descritiva dos Dados do Número de Partículas, da Água Bruta e dos Efluentes das Unidades de Filtração Durante o Ensaio 3.
Taxa 2.4m³/m².d

Carreira	Período	Unidade FLA - CDU*	Tamanho e Distribuição de Partículas												pH	Temperatura (C)			Vazão (l/s)	Taxa Média de Filtração (m ³ /m ² .d)
			1.16 a 5.04 (um)			6.35 a 12.7 (um)			16.0 a 40.30 (um)			Máx	Méd	Min		Máx	Méd	Min		
			Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min									
3a	28/4 a 25/05	Água Bruta	1231660	357636	34424	8505	2445	562	296	84	34	7.0	6.6	28.0	27.0	26.5	-	-		
	28/4 a 01/06	FLA1 - 2,24	370373	151794	50252	1708	383	65	39	10	3	7.1	6.7	28.5	27.5	25.5	0.84	2.40		
	28/4 a 26/08	FLA2 - 2,85	354544	133666	47771	406	198	48	14	8	2	7.1	6.7	28.0	27.0	26.0	0.81	2.32		
	28/4 a 15/08	FLA3 - 4,30	132739	98570	26223	485	155	61	23	6	2	7.1	6.7	28.5	27.5	25.5	0.82	2.36		
3b	20/7 a 22/8	FLA4 - 4,29	150487	101301	30986	325	125	0	14	6	0	7.1	6.7	28.5	27.5	25.5	0.82	2.34		
	20/7 a 22/8	Água Bruta	554765	296691	34424	5057	2265	942	87	46	18	6.9	6.7	26.0	25.0	23.0	-	-		
	20/7 a 29/8	FLA1 - 2,24	170578	102469	46617	340	125	47	9	4	1	7.0	6.8	25.0	23.5	22.5	0.82	2.34		
	20/7 a 26/8	FLA2 - 2,85	140170	88211	55864	212	109	61	12	5	1	7.1	6.8	25.0	23.5	22.5	0.82	2.34		
20/7 a 15/8	FLA3 - 4,30	132739	79702	49368	163	101	68	9	5	2	7.0	6.6	26.0	24.0	22.5	0.82	2.35			
	FLA4 - 4,29	150487	79888	41632	110	72	0	5	3	0	7.0	6.7	25.5	24.0	22.5	0.83	2.37			

(*) coeficiente de desuniformidade

Tabela 5.6 Estatística Indutiva dos Dados do Número de Partículas dos Efluentes das Unidades de Filtração, Utilizando os Testes F e Wilk, com nível de significância () 5%; Durante o Ensaio 3-Taxa 2.4m³/m².d.

Carreira	Transformação	Parâmetro Tamanho médio (μm)	Teste F de Snedecor (F)			Teste de Normalidade de Wilk (W)				
			F:(Valor)	Prob(F)	Hipótese Ho		W:(Normal)	Prob(W)	Hipótese Ho	
					Aceita	Rejeita(**)			Aceita	Rejeita
3a	(*)	1.16 a5.04	1.17	0.3262	x		0.7562	0.0001		x
	Logarítmica	6.35 a12.7	3.39	0.0223		x	0.9929	0.9930	x	
	Raiz Quadrada	16.0 a 40.30	1.84	0.1469	x		0.9835	0.7574	x	
3b	Logarítmica	1.16 a5.04	0.79	0.5110	x		0.9615	0.2964	x	
	Logarítmica	6.35 a12.7	0.50	0.6836	x		0.9718	0.5672	x	
	Sem	16.0 a 40.30	1.26	0.3031	x		0.9508	0.1384	x	

Hipótese do Teste F de Snedecor Ho: As Médias são Iguais
H1: As Médias são Diferentes

Hipótese do Teste W Ho: Os Dados têm Distribuição Normal
H1: Os Dados não têm Distribuição Normal

(*) Problemas com a Transformação
(**) para parâmetros rejeitados ver Comparação Múltipla

Tabela 5.7 Estatística Descritiva dos Dados dos Parâmetros Físico - Químicos da Água Bruta e dos Efluentes das Unidades de Filtração Durante o Ensaio 2.
Taxa 4.8 m³/m²/d

Ensaio	Período Dia/Mes	Unidade FLA -CDU*	Turbidez (uT)			cor (uC)			Ferro (mg/l)			Manganês(mg/l)			pH			Temperatura (C)			Vazão (l/mn) Média	Taxa Média de Filtração (m ³ /m ² .d)
			Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min		
2a	09/09 - 30/10	Água Bruta	31.00	8.10	3.80	150.0	70.0	40.0	1.083	0.707	0.400	0.046	0.006	0.001	7.4	6.8	26.5	24.5	21.5	4.56		
	09/09 - 25/09	FLA1 - 2.24	5.90	2.00	0.70	40.0	15.0	5.0	0.352	0.154	0.069	-	-	-	7.2	6.8	28.5	25.0	20.5		1.59	
	09/09 - 30/09	FLA2 - 2.85	5.80	1.56	0.56	40.0	10.0	5.0	0.360	0.123	0.046	-	-	-	7.2	6.8	28.5	25.0	20.5		1.66	
	09/09 - 21/10	FLA3 - 4.30	5.90	1.29	0.42	40.0	10.0	2.5	0.446	0.084	-	-	-	-	7.2	6.7	28.5	26.0	20.5		1.66	
	09/09 - 25/10	FLA4 - 4.29	6.70	1.33	0.44	50.0	10.0	5.0	0.446	0.088	-	0.006	0.0003	-	7.2	6.7	28.5	26.0	20.5		1.62	4.63
2b	03/10 - 25/10	Água Bruta	31.00	9.86	4.10	150.0	70.0	40.0	1.083	0.818	0.640	0.009	0.002	0.001	7.3	6.8	26.5	25.0	24.0	4.71		
	03/10 - 21/10	FLA1 - 2.24	4.10	0.94	0.46	30.0	10.0	5.0	0.147	0.018	-	0.016	0.002	-	7.5	6.9	28.5	27.0	25.0		1.64	
	03/10 - 23/10	FLA2 - 2.85	2.60	0.82	0.50	25.0	7.5	5.0	0.068	0.007	-	-	-	-	7.4	6.9	28.5	27.0	25.0		1.66	
	03/10 - 21/10	FLA3 - 4.30	1.00	0.70	0.42	10.0	7.5	2.5	-	-	-	-	-	-	7.2	6.7	28.5	27.0	23.5		1.66	
	03/10 - 25/10	FLA4 - 4.29	1.40	0.76	0.46	10.0	5.0	5.0	-	-	-	-	-	-	7.2	6.7	28.5	26.5	23.5		1.66	4.75

(*) coeficiente de desuniformidade
(-) não detectado

TABELA 5.8 Estatística Descritiva dos Dados do Número de Partículas, da Água Bruta e dos Efluentes das Unidades de Filtração Durante o Ensaio 2.
Taxa 4.8 m³/m²/d

Carreira	Período	Unidade FLA - CDU*	Tamanho e Distribuição de Partículas												pH	Temperatura (C)			Vazão (l/min) Média	Taxa Média de Filtração (m ³ /m ² .d)		
			1.16 a 5.04			6.35 a 12.7			16.0 a 40.30			Máx	Méd	Min		Máx	Méd	Min				
			Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min											
2a	09/09 - 30/10	Água Bruta	1994419.00	791108.00	134311.00	5959	3631	2507	211	89	28	7.4	6.8	26.5	24.5	21.5	1.59	4.56				
	09/09 - 25/09	FLA1 - 2,24	476104	185862	60080	624	385	182	40	17	4	7.2	6.8	28.5	25.0	20.5			1.66	4.75		
	09/09 - 30/09	FLA2 - 2,85	299785	192209	83774	938	417	157	49	16	6	7.2	6.8	28.5	25.0	20.5					1.66	4.75
	09/09 - 21/10	FLA3 - 4,30	538240	216377	52553	780	322	116	47	15	3	7.2	6.7	28.5	26.0	20.5							1.62	4.63
	09/09 - 25/10	FLA4 - 4,29	563100	230622	57297	840	317	102	48	16	3	7.2	6.7	28.5	26.0	20.5						
2b	03/10 - 25/10	Água Bruta	1994419.00	931746.00	272023.00	5365	3432	2507	211	89	28	7.3	6.8	26.5	25.0	24.0	1.64	4.71				
	03/10 - 21/10	FLA1 - 2,24	305276.00	187899.00	104097.00	307	222	137	25	12	4	7.5	6.9	28.5	27.0	25.0			1.66	4.77		
	03/10 - 23/10	FLA2 - 2,85	245369.00	158116.00	72904.00	358	201	80	30	12	3	7.4	6.9	28.5	27.0	25.0					1.66	4.77
	03/10 - 21/10	FLA3 - 4,30	369327.00	181336.00	69491.00	452	223	116	47	12	3	7.2	6.7	28.5	27.0	23.5							1.66	4.75
	03/10 - 25/10	FLA4 - 4,29	563100.00	209432.00	115401.00	750	285	102	31	13	6	7.2	6.7	28.5	26.5	23.5						

(*) coeficiente de desuniformidade

(†) não calculado

TABELA 5.9 Estatística Indutiva dos Dados do Número de Partículas dos Efluentes das Unidades de Filtração, Utilizando os Testes F e Wilk, com nível de significância () 5%; Ensaio 2 - Taxa 4.8 m³/m²/d.

Carreira	Transformação	Parâmetro Tamanho médio (um)	Teste F de Snedecor (F)			Teste de Normalidade de Wilk (W)			
			F:(Valor)	Prob(F)	Hipótese Ho		W:(Normal)	Hipótese Ho	
					Aceita	Rejeita(**)		Aceita	Rejeita
2a	Logarítmica	1.16 a 5.04	0.62	0.6061	*		0.9760	0.4777	*
	Logarítmica	6.35 a 12.7	1.08	0.3654	*		0.9612	0.0962	*
	Logarítmica	16.0 a 40.30	0.19	0.9051	*		0.9737	0.3880	*
2b	Logarítmica	1.16 a 5.04	0.60	0.6206	*		0.9799	0.7900	*
	Logarítmica	6.35 a 12.7	0.77	0.5214	*		0.9851	0.9205	*
	Logarítmica	16.0 a 40.30	0.38	0.7695	*		0.969309	0.4604	*

Hipótese do Teste F de Snedecor Ho: As Médias são iguais
H1: As Médias são Diferentes

Hipótese do Teste W
Ho: Os Dados têm Distribuição Normal
H1: Os Dados não têm Distribuição Normal

(*) Problemas com a Transformação
(**) para parâmetros rejeitados ver Comparação Múltipla

Tabela 5.10 Estatística Indutiva dos Dados dos Parâmetros Físico - Químicos dos Efluentes das Unidades de Filtração Utilizando o Teste de Comparação Múltipla - Bonferroni, T de Student. Significância (5%)

Cadeira	Transformação	Parâmetro	Teste T de Student (T)		
			Comparação dos Tratamentos	Hipótese Ho	
				Aceita	Rejeita
1a	(*)	Partículas (1.16 a 5.04) um	FLA1 - FLA3 FLA1 - FLA4 FLA3 - FLA4	x x	x
3a	Logarítmica	Partículas (6.35 a 12.7) um	FLA1 - FLA2 FLA1 - FLA3 FLA1 - FLA4 FLA2 - FLA3 FLA2 - FLA4 FLA3 - FLA4	x x x x x	x

Hipótese do Teste T Student Ho: As Médias Comparadas são Iguais
H1: AS Médias Comparadas são Diferentes

(-) FLA2 falta de dados; não incluído no teste para o ensaio 1a

TABELA 5.11 Valores dos Exames Bacteriológicos no Afluentes e Efluente das Unidades de Filtração. Ensaios 1, 2 e 3.

TAXA DE FILTRAÇÃO m ³ /m ² .d	CARREIRA	BACTERIOLÓGICO	AFLUENTE						EFLUENTE													
			ÁGUA BRUTA			FLA 1			FLA 2			FLA 3			FLA 4							
			MÉD	MÁX	MIN	MÉD	MÁX	MIN	MÉD	MÁX	MIN	MÉD	MÁX	MIN	MÉD	MÁX	MIN					
6	1c (*)	COLIFORMES FECAIS NMP/100ml	1100			23				21					29				26			
4.8	2a (**)	COLIFORMES FECAIS NMP/100ml CONTAGEM EM PLACA UFC/ml	780	1100	460	11.6	14	9.1	5.8	8	3.6	15.5	23	8	2.8	3.6	2					
2.4	3a (***)	COLIFORMES FECAIS NMP/100ml CONTAGEM EM PLACA UFC/ml	780	1100	460	12	21	3	12	21	3	13	43	3	11.6	43	3					
			>300		>98	<20		<20	<30		<30	<20		<30	<30		<30		<30			<30

(*) uma (1) observação
 (**) quatro (4) observações
 (***) sete (7) observações

Tabela 5.12 Penetração de Impurezas em Função da Taxa de Filtração e dos Coeficientes CNU, De, das Curvas Granulométricas Reais Obtidas

Filtro	Especificações da Areia		Taxa de Filtração (m ³ /m ² .d)	
	Coeficiente de Desuniformidade (CDU)	Tamanho Efetivo (De)	2.4	4.8
1	2.24	0.210	1.0	1.0
2	2.85	0.210	1.0	1.0
3	4.30	0.200	1.8	2.0
4	4.29	0.230	2.5	2.8
			Penetração de Impurezas (cm)	
			1.3	1.5
			3.0	3.6

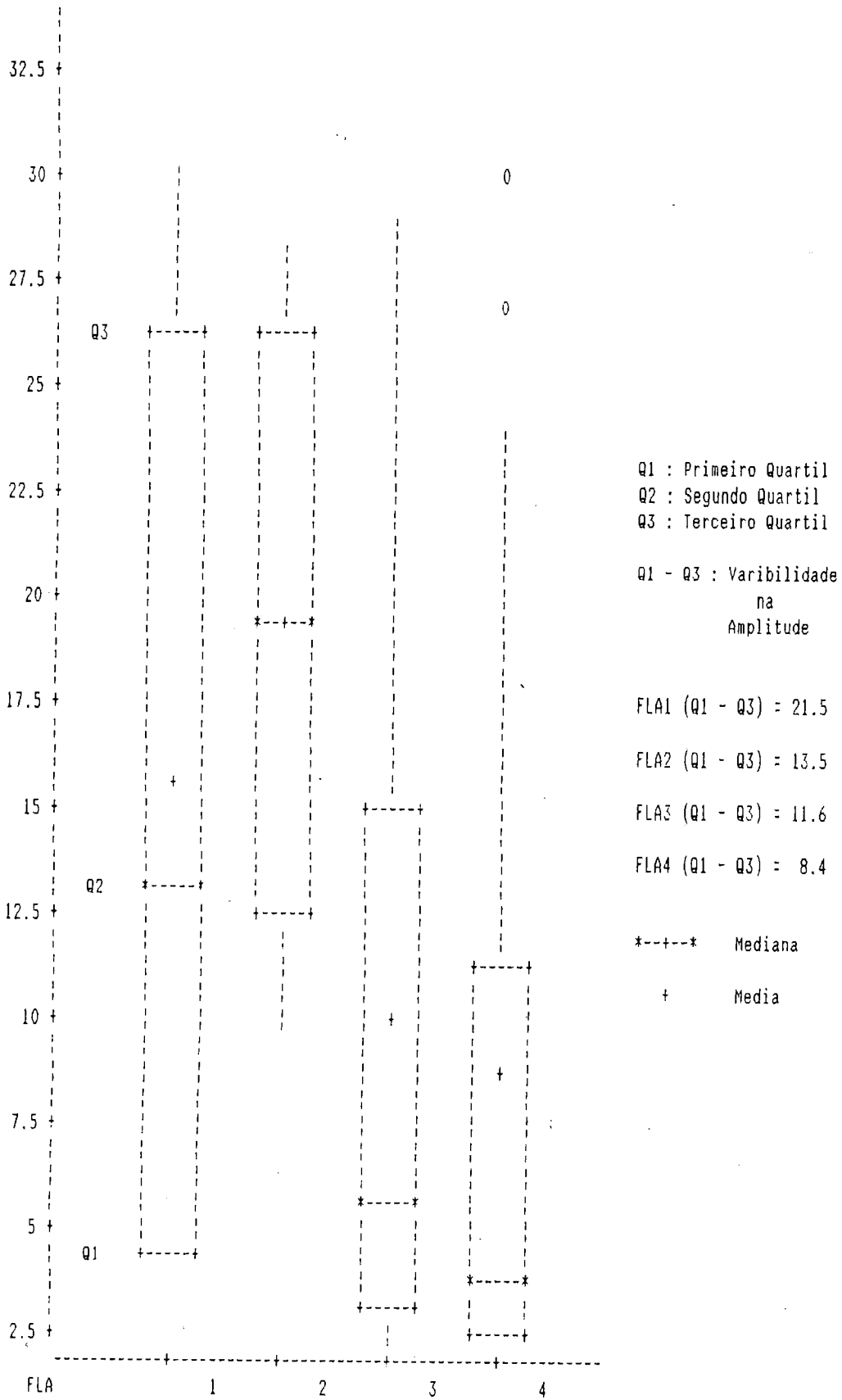


FIGURA 5.1 Comparação grafica dos quartils para os valores de Turbidez (uT) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

Variable=COR
Ensaio la

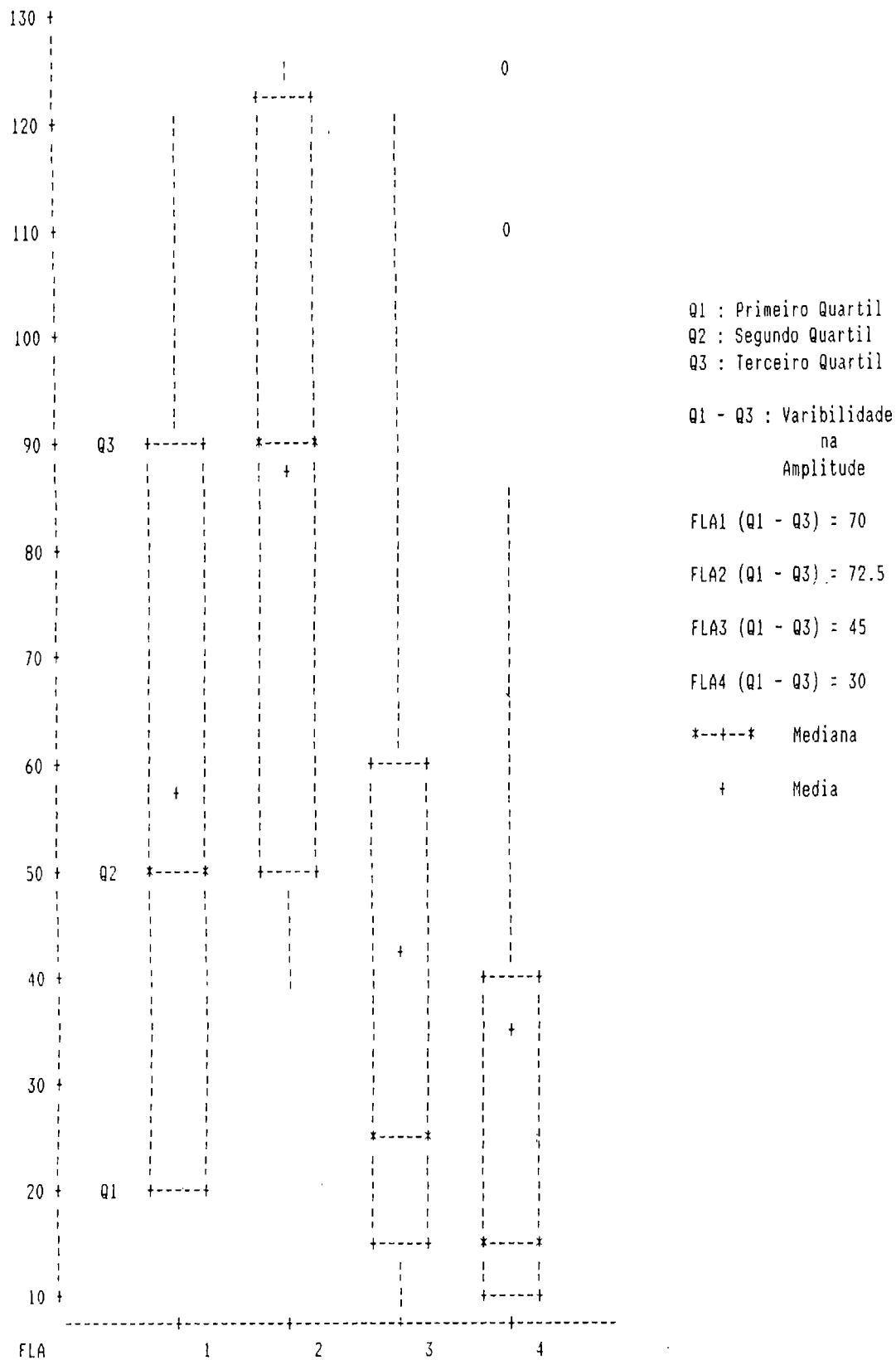


FIGURA 5.2 Comparação grafica dos quartils para os valores de Cor (uC) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

Variable=TURBIDEZ
Ensaio 1b

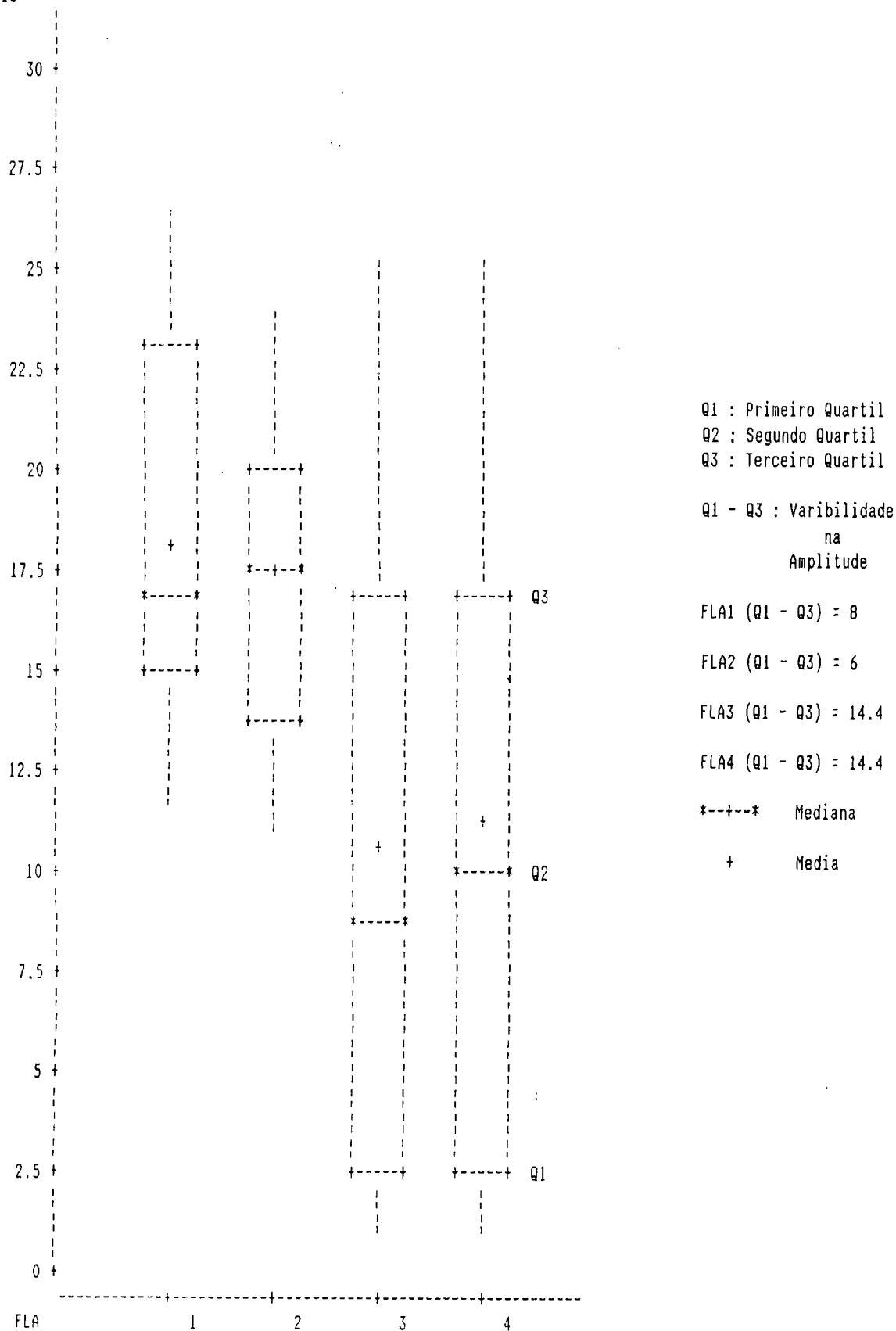


FIGURA 5.3 Comparação grafica dos quartils para os valores de Turbidez (uT) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

Variable=COR
Ensaio 1b

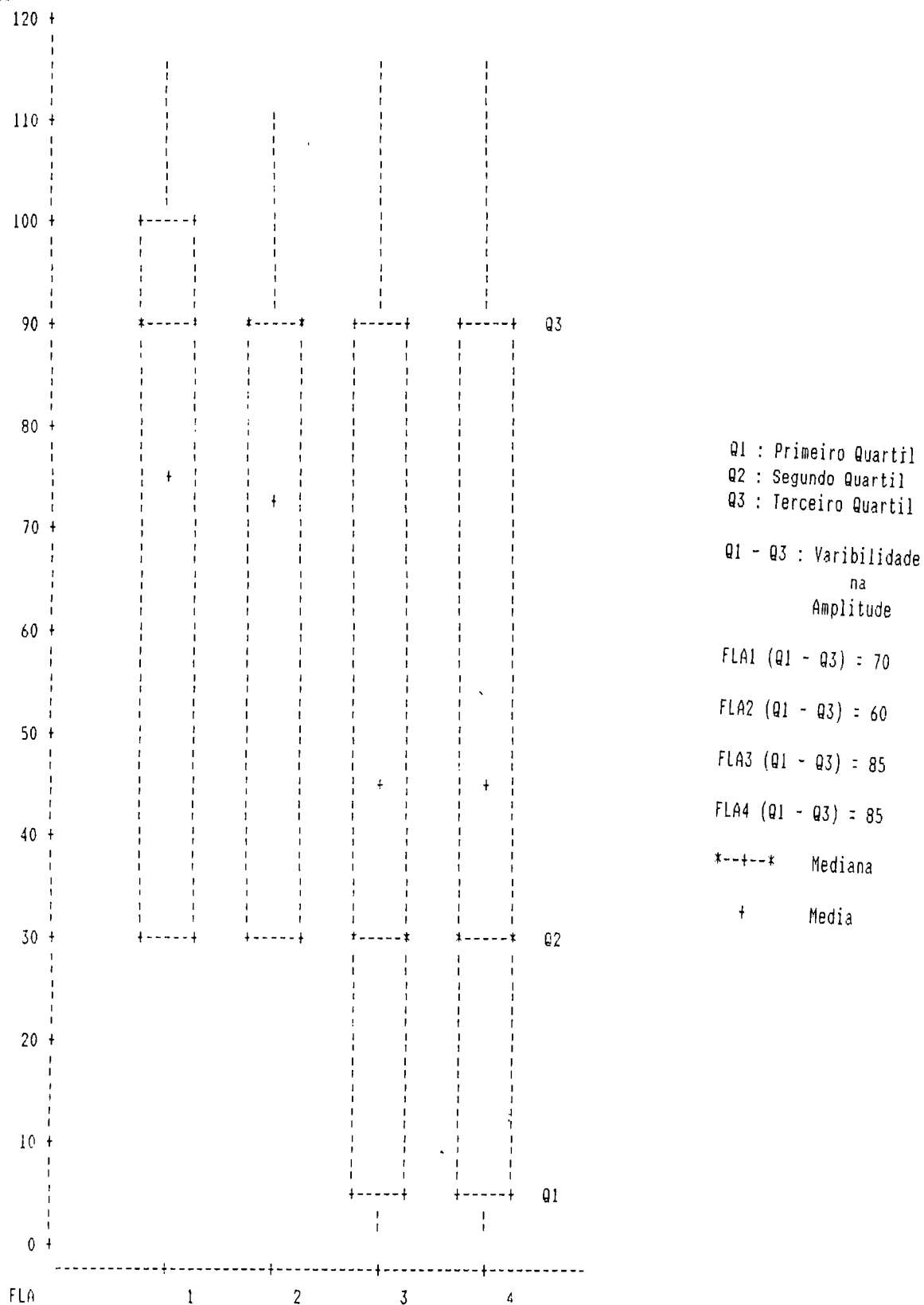


FIGURA 5.4 Comparação grafica dos quartils para os valores de Cor (uC) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

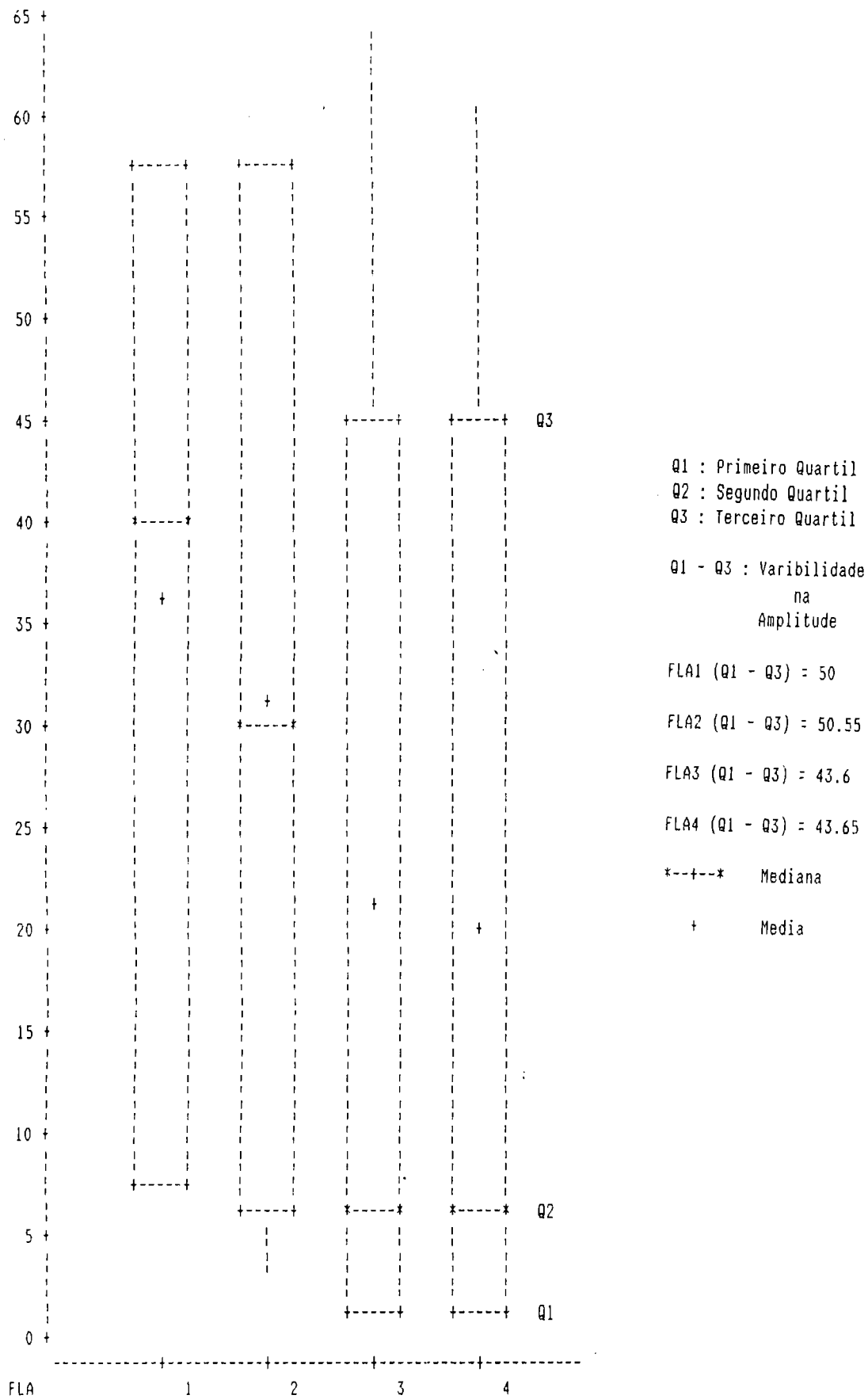
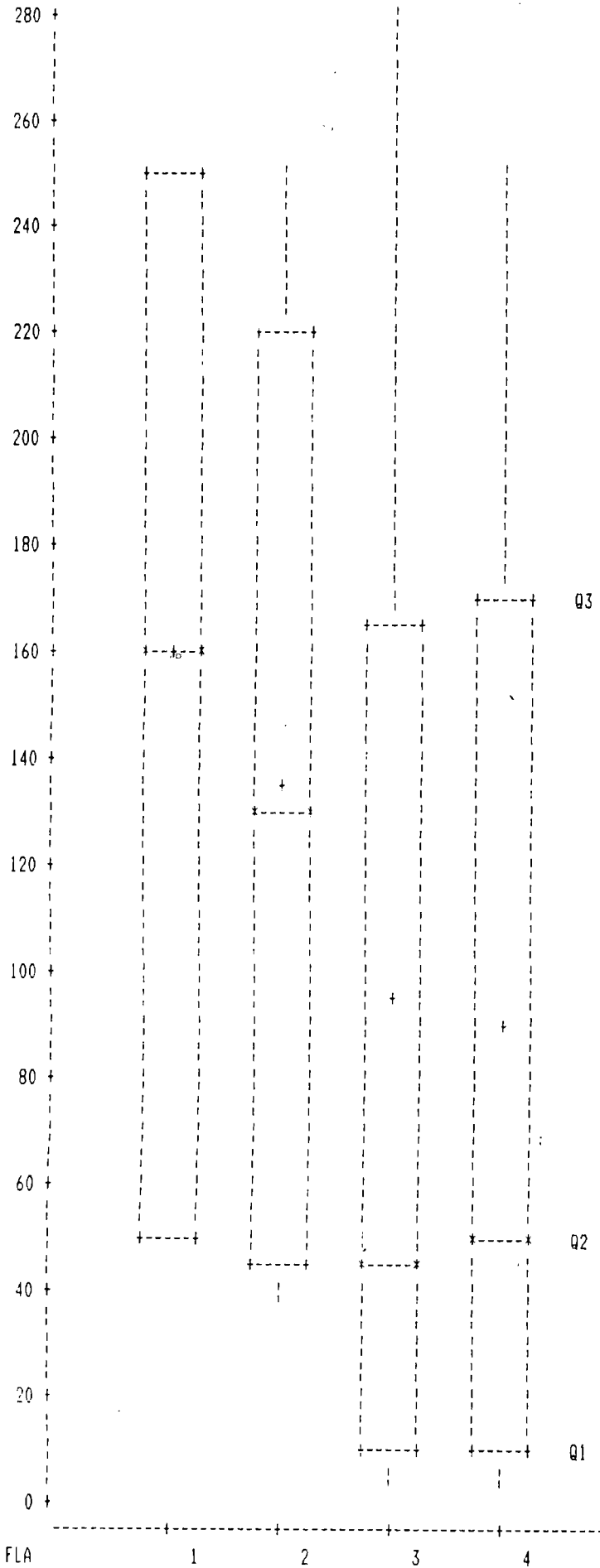


FIGURA 5.5 Comparação grafica dos quartils para os valores de Turbidez (uT) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

Variable:COR
Ensaio lc



Q1 : Primeiro Quartil
Q2 : Segundo Quartil
Q3 : Terceiro Quartil

Q1 - Q3 : Varibilidade na Amplitude

FLA1 (Q1 - Q3) = 200

FLA2 (Q1 - Q3) = 175

FLA3 (Q1 - Q3) = 155

FLA4 (Q1 - Q3) = 160

--- Mediana

+ Media

FIGURA 5.6 Comparação gráfica dos quartils para os valores de Cor (µC) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

Variable=TURBIDEZ
Ensaio 3a

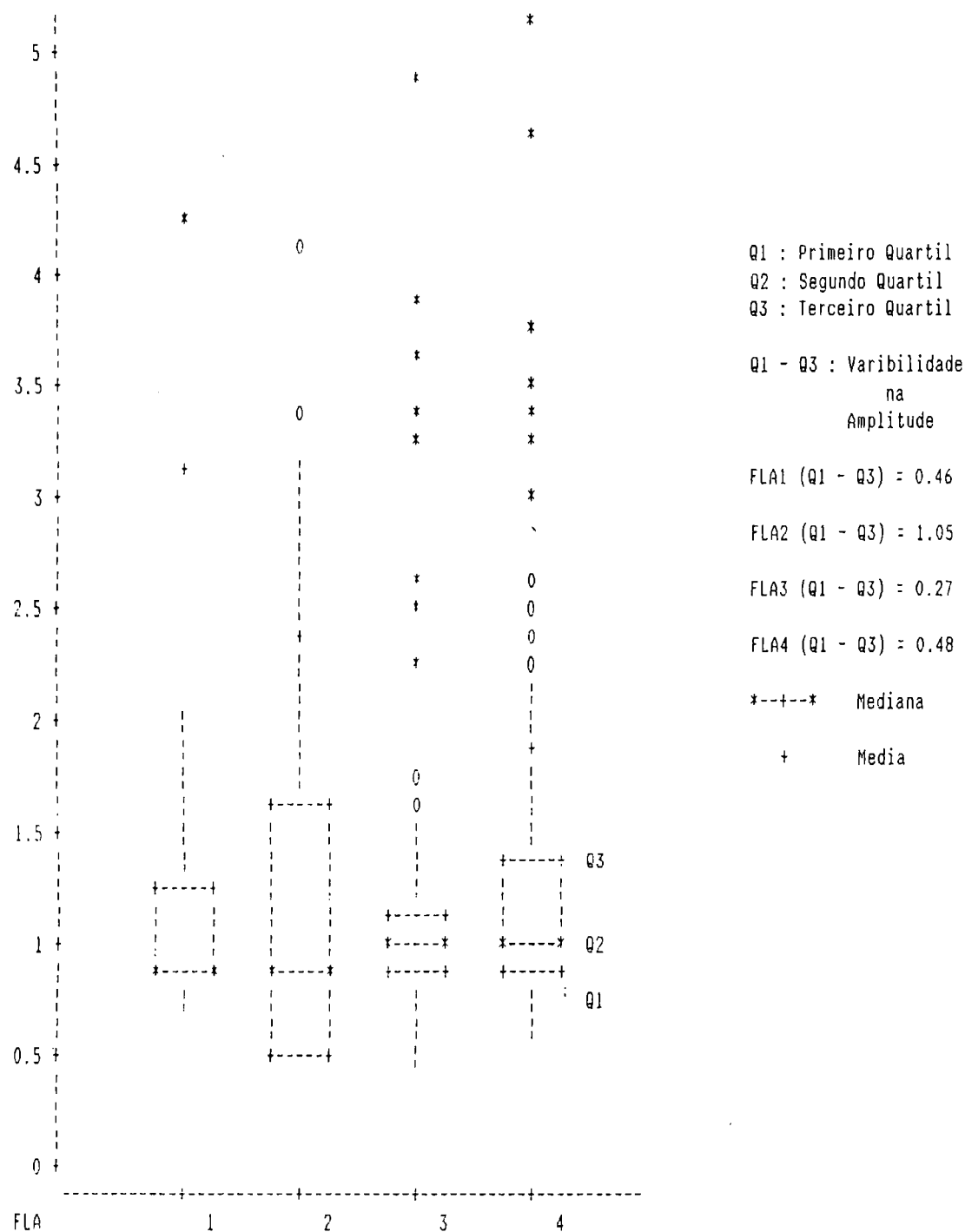


FIGURA 5.7 Comparação grafica dos quartils para os valores de Turbidez (uT) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

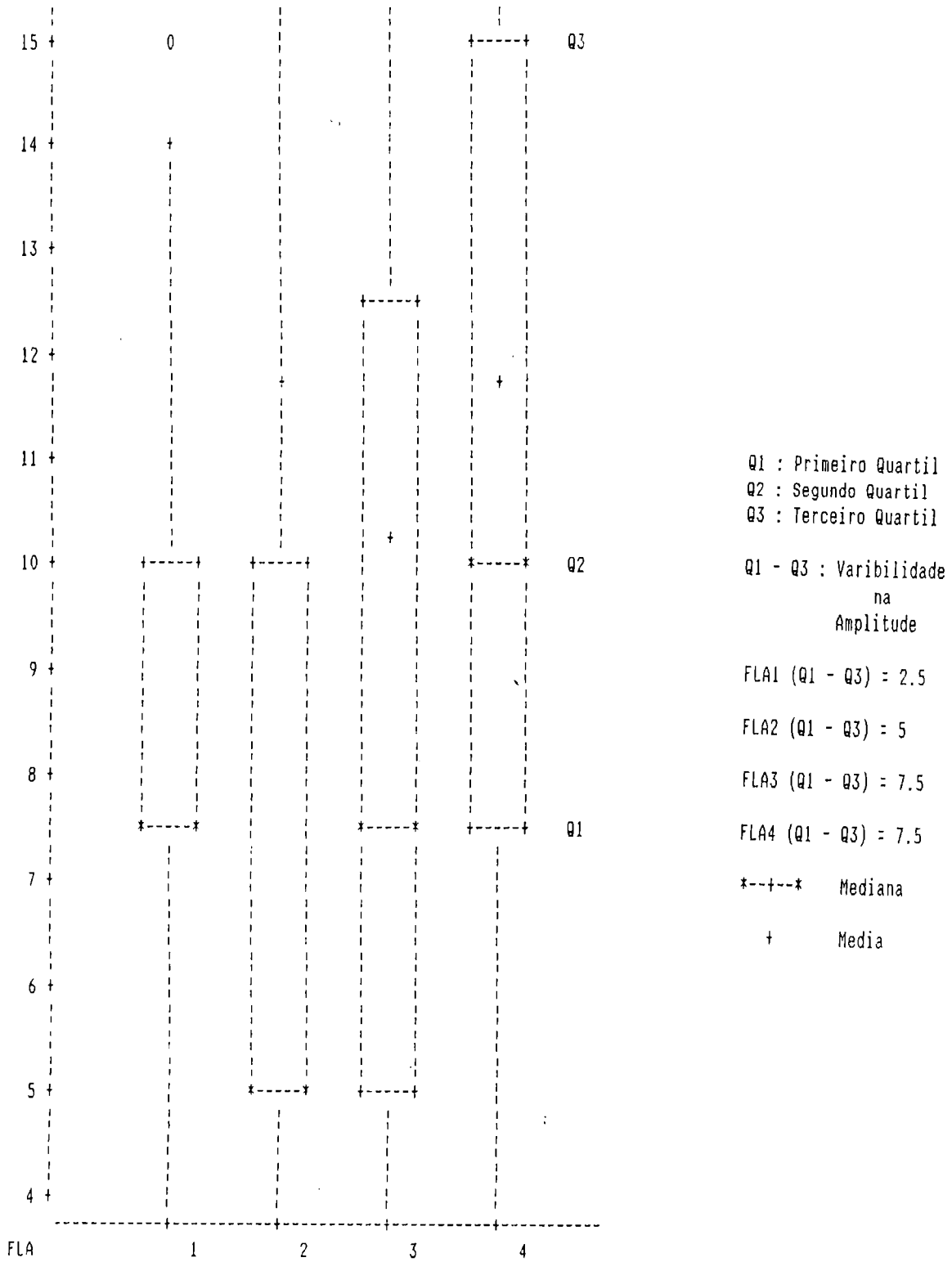


FIGURA 5.8 Comparação grafica dos quartils para os valores de Cor (uC) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

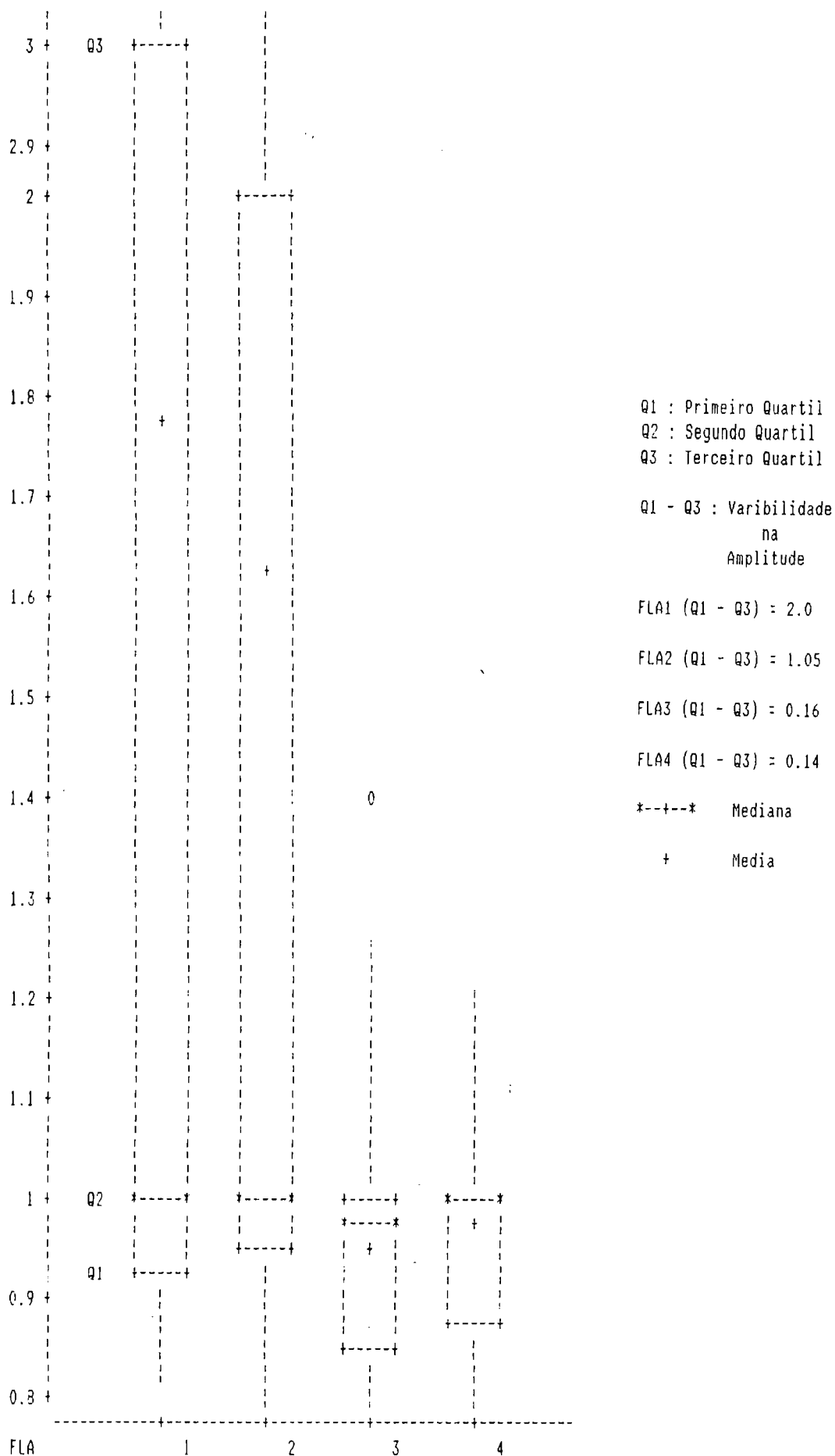


FIGURA 5.9 Comparação grafica dos quartils para os valores de Turbidez (UT) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

Variable=COR
Ensaio 3b

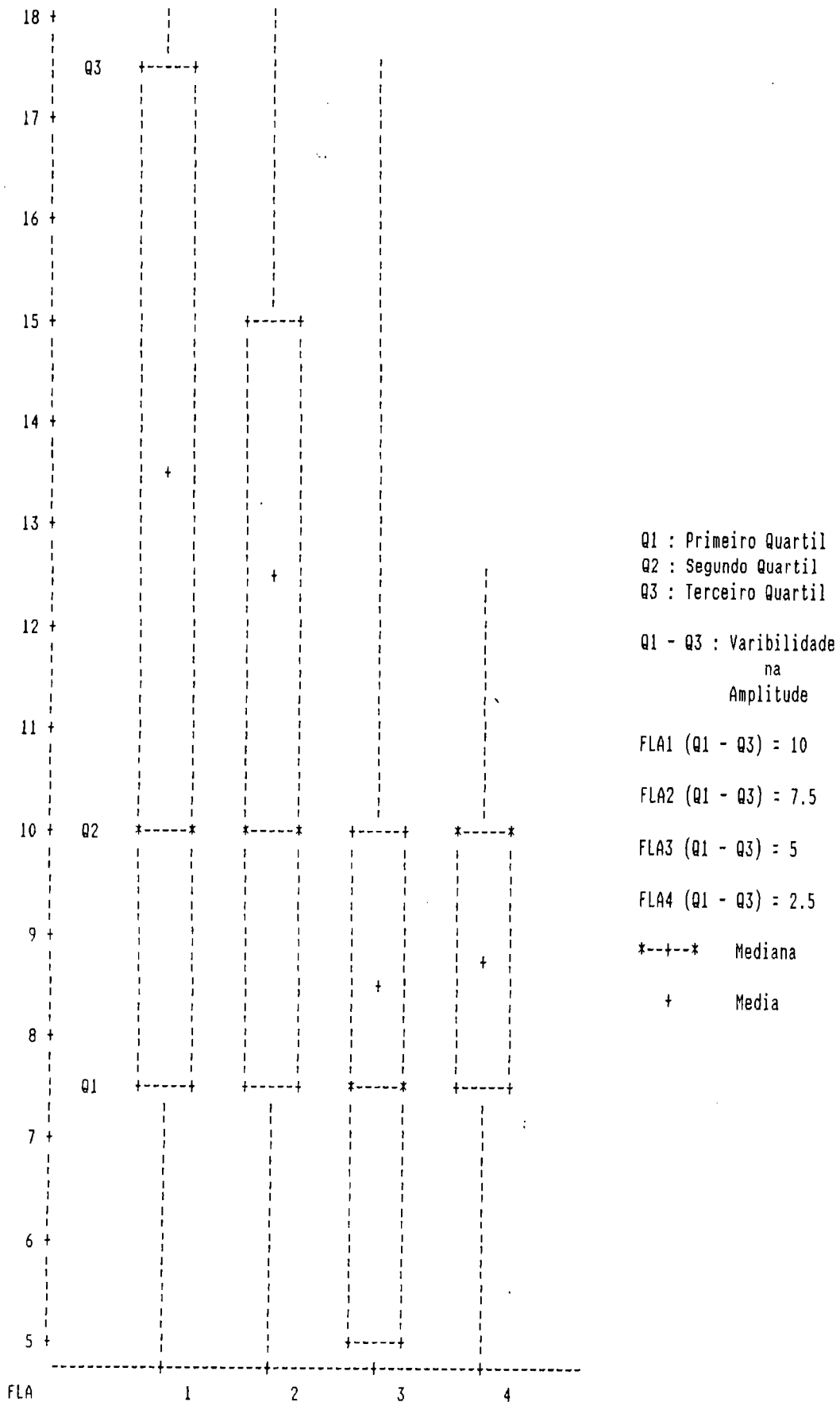


FIGURA 5.10 Comparação grafica dos quartils para os valores de Cor (UC) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

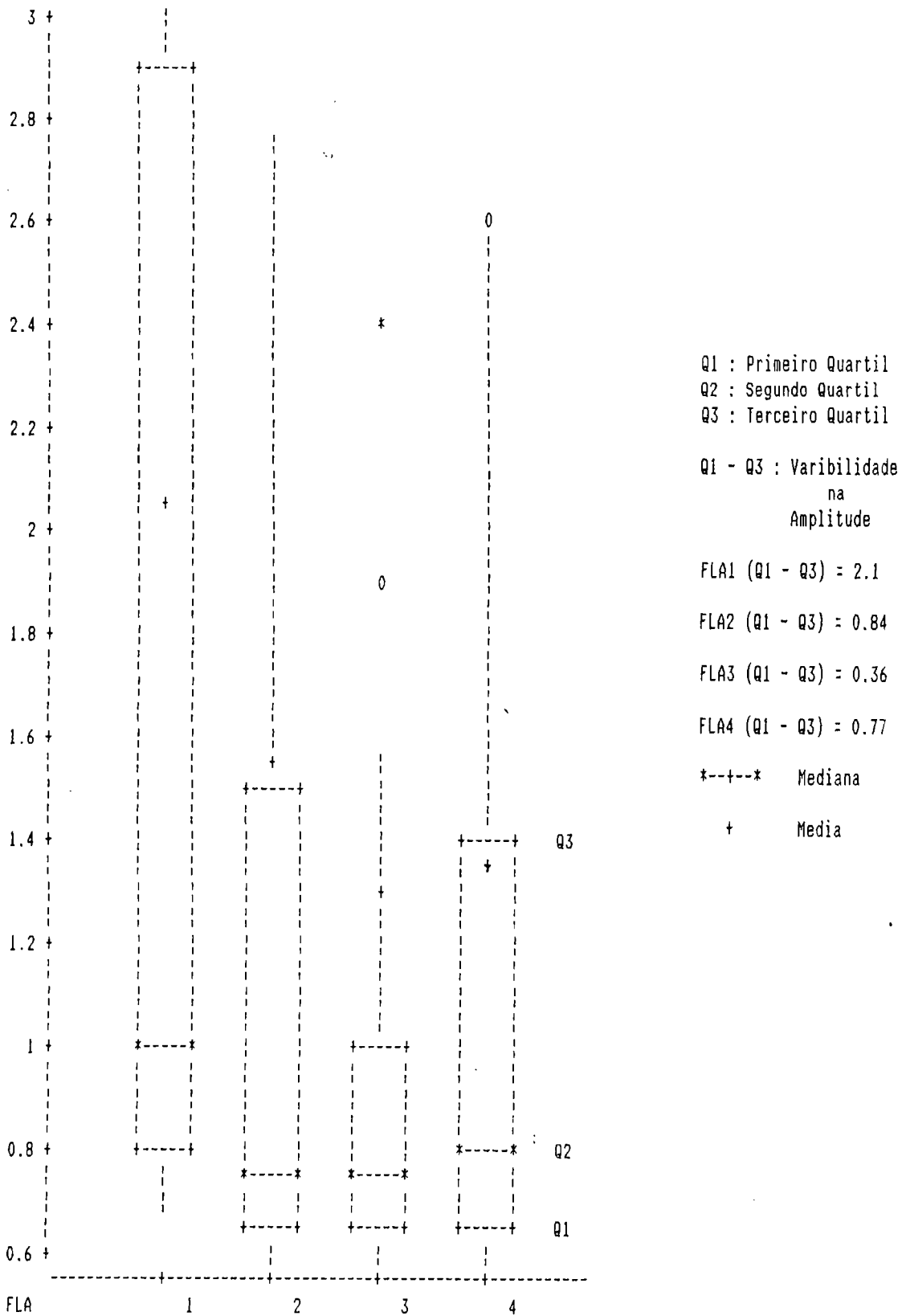


FIGURA 5.11 Comparação grafica dos quartils para os valores de Turbidez (uT) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

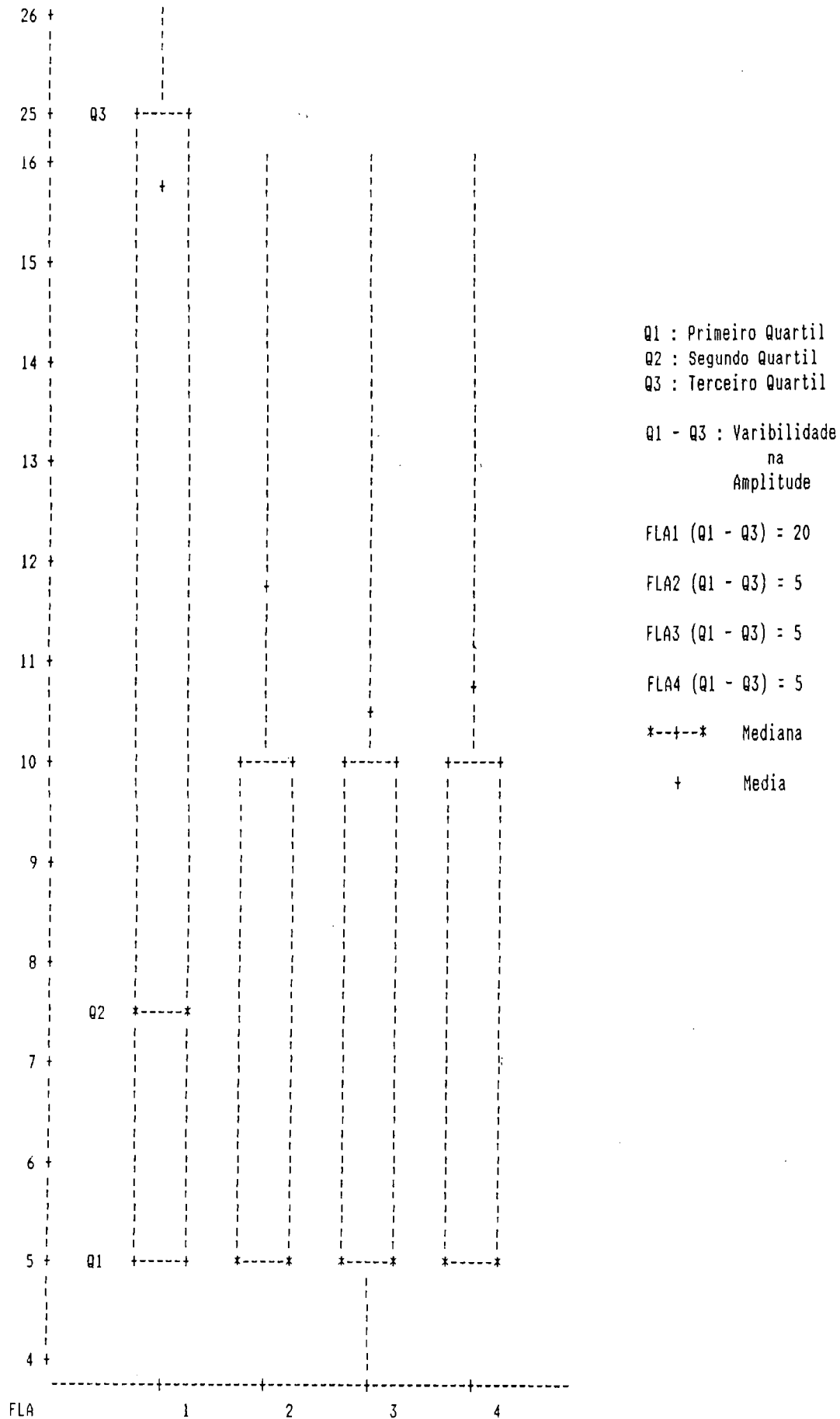
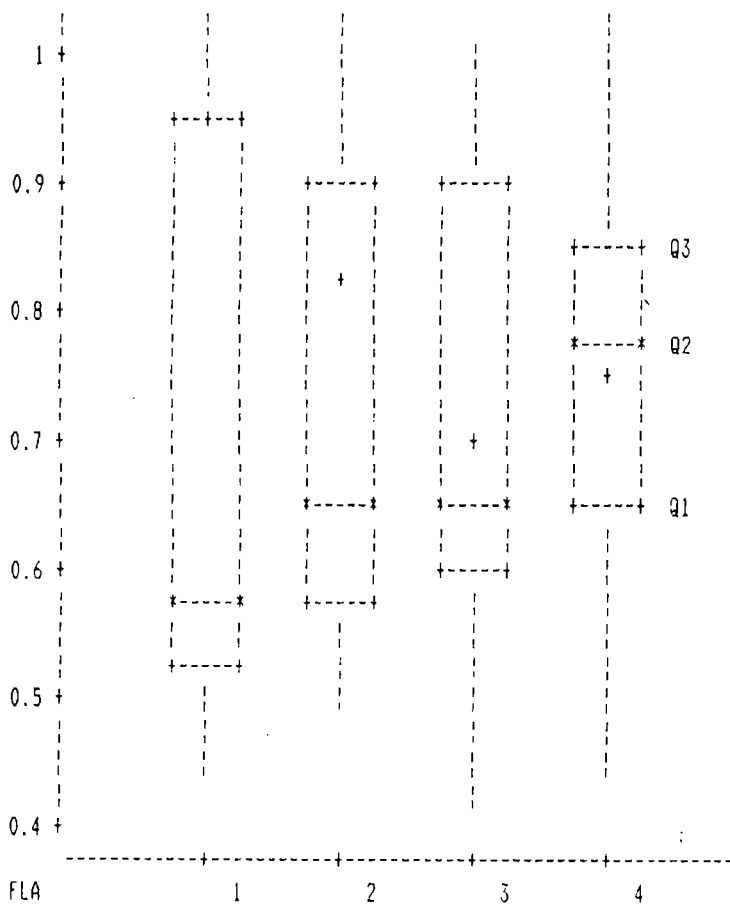


FIGURA 5.12 Comparação grafica dos quartils para os valores de Cor (UC) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

Variable:TURBIDEZ
Ensaio 2b



Q1 : Primeiro Quartil
Q2 : Segundo Quartil
Q3 : Terceiro Quartil

Q1 - Q3 : Varibilidade
na
Amplitude

FLA1 (Q1 - Q3) = 0.43

FLA2 (Q1 - Q3) = 0.33

FLA3 (Q1 - Q3) = 0.28

FLA4 (Q1 - Q3) = 0.2

--- Mediana

+ Media

FIGURA 5.13 Comparação grafica dos quartils para os valores de Turbidez (uT) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

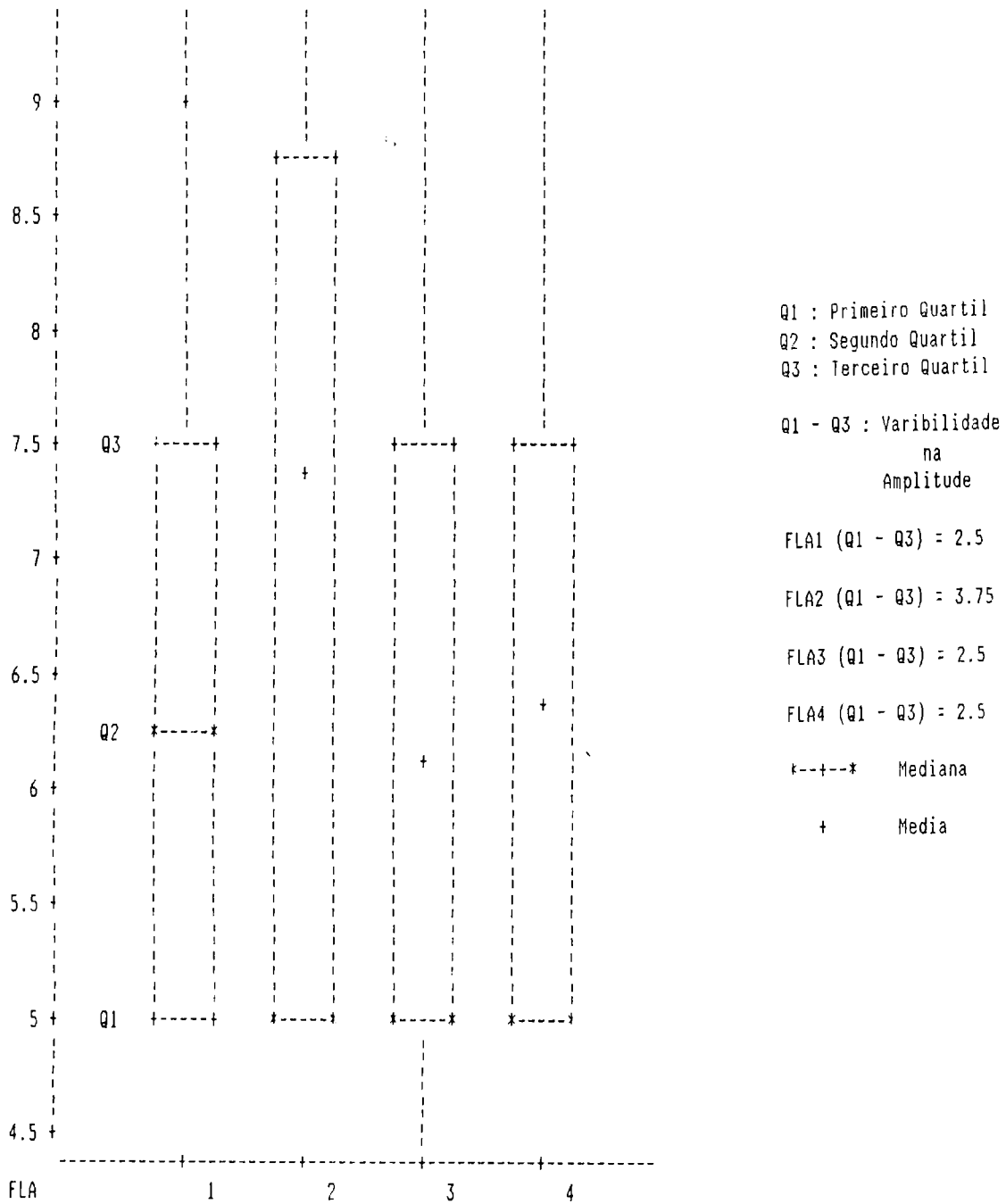


FIGURA 5.14 Comparação grafica dos quartils para os valores de Cor (uC) nas diferentes unidades de filtração (FLA).

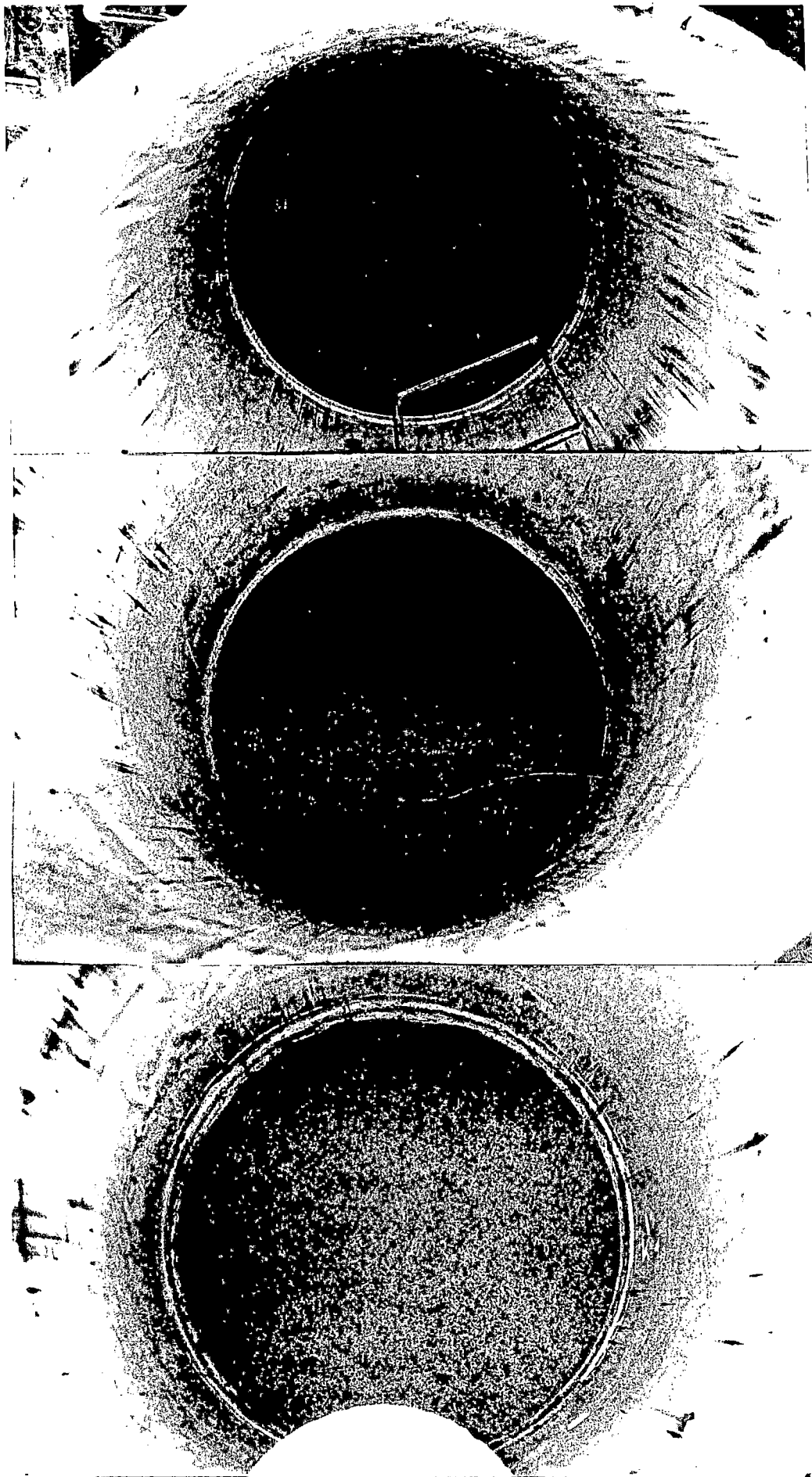


Figura 5.15 Fotografia ilustrando a seqüência de raspagem superficial feita para os diferentes meios filtrantes

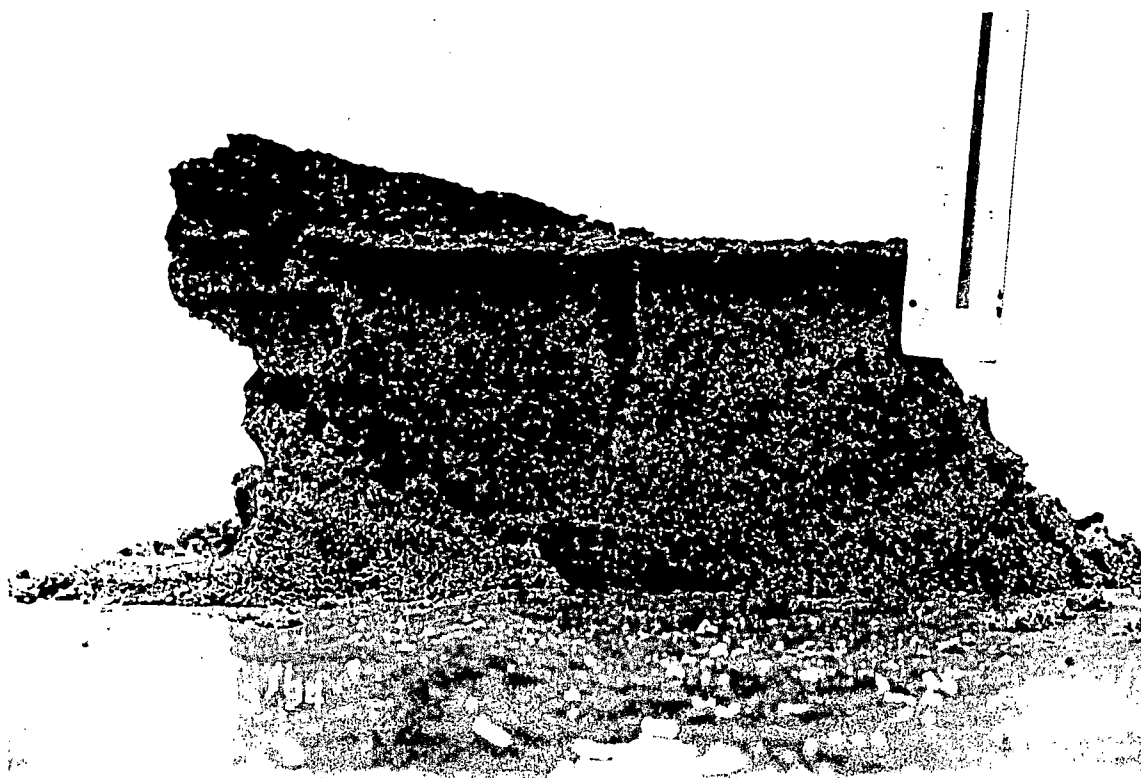


Figura 5.16 Fotografia ilustrando a penetração de impurezas no topo do meio filtrante, medida para o filtro FLA1 no final da carreira 2a. Taxa de filtra 4,8 m³/m².d

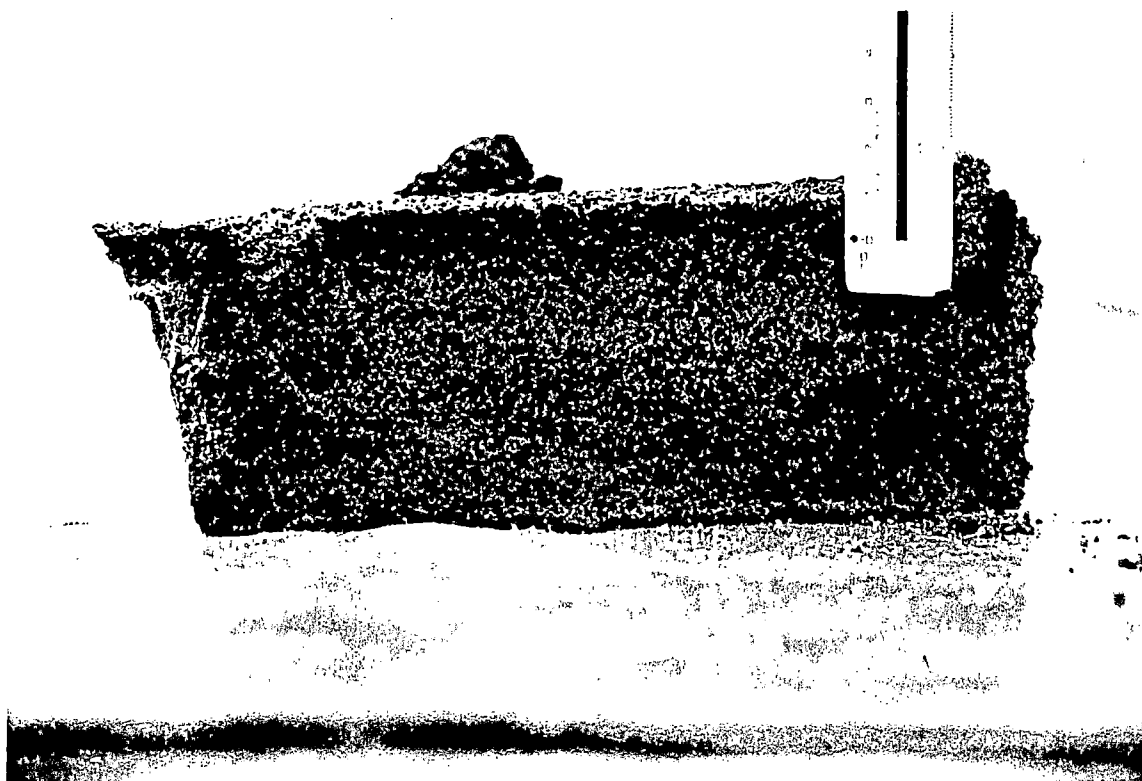


Figura 5.17 Fotografia ilustrando a penetração de impurezas no topo do meio filtrante, medida para o filtro FLA2 no final da carreira 2a. Taxa de filtra 4,8 m³/m².d

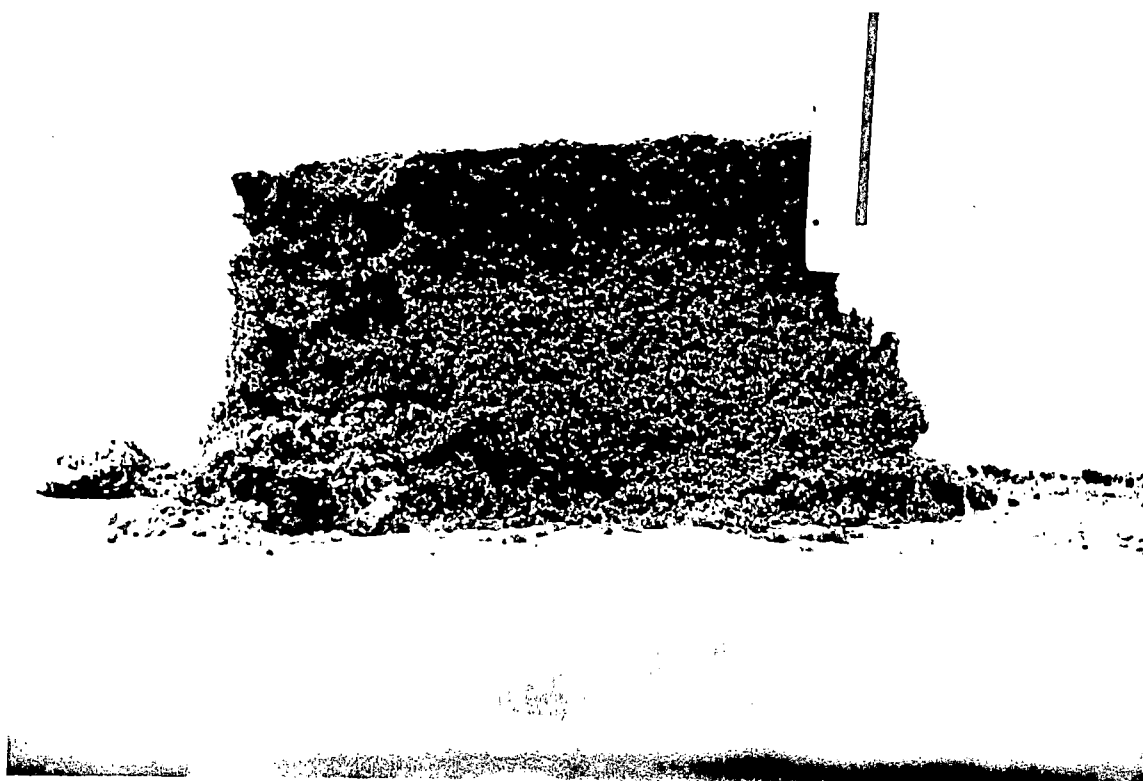


Figura 5.18 Fotografia ilustrando a penetração de impurezas no topo do meio filtrante, medida para o filtro FLA3 no final da carreira 2a. Taxa de filtra 4,8 m³/m².d

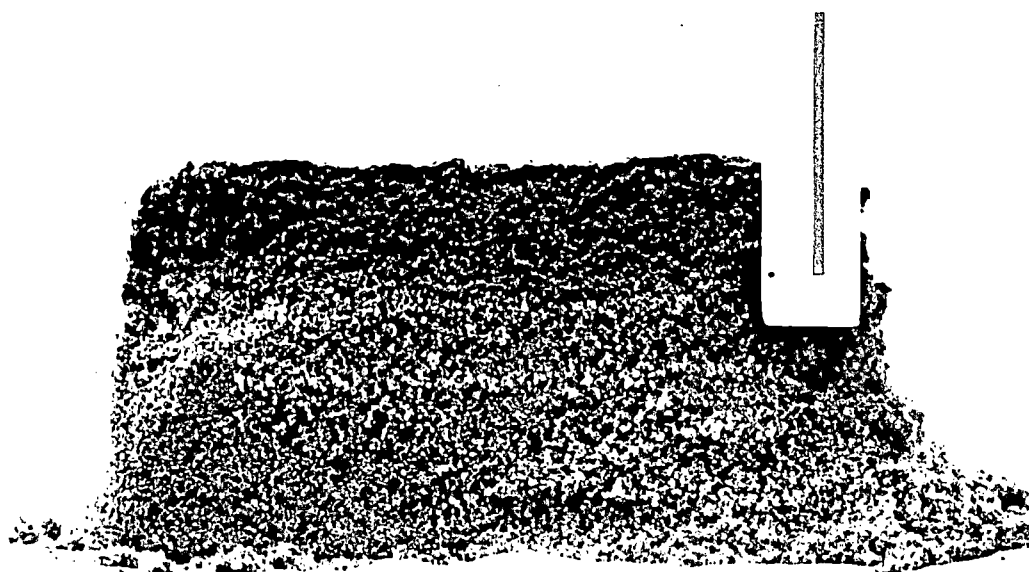


Figura 5.19 Fotografia ilustrando a penetração de impurezas no topo do meio filtrante, medida para o filtro FLA4 no final da carreira 2a. Taxa de filtra 4,8 m³/m².d

6. DISCUSSÃO

6.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MEIOS FILTRANTES

Com os dados das Tabelas A3, A4, A5 e A6 construiu-se a Figura A9 na qual se tem uma relação praticamente linear entre a velocidade de aproximação e o gradiente hidráulico, evidenciando a validade da lei de Darcy ($V = K \cdot h/L$).

Pela Tabela A2 e Figura A9 observou-se uma tendência à diminuição da condutividade hidráulica (K) com o aumento do CDU, o que é evidenciado nos filtros FLA2, FLA3, FLA4, para os quais foram mantidas as mesmas condições de operação durante o ensaio, o que não aconteceu para o FLA1, pois a temperatura foi diferente resultando uma variação de 4°C. Observa-se uma relação entre CDU e D_e para os três filtros, como observado por Hazen, citado por GEYER & OKUN (1971). Este autor escolheu o D_e hidráulicamente, observando que a resistência hidráulica em areia não estratificada mantinha-se inalterada pela variação do tamanho dos grãos com CDU menores ou iguais a 5, para um mesmo D_e . Para CDU entre 2 e 5 e aumentando-se o tamanho efetivo, ocorreu uma diminuição da perda de carga, conforme previsto por Hazen.

6.2. ENSAIOS

6.2.1. ENSAIO 1

6.2.1.1. Perda de Carga

No ensaio 1 (taxa de $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) efetuaram-se três carreiras denominadas 1a, 1b e 1c, no período 04/03/94 a 17/04/94, como especificado na Tabela 4.3 do Capítulo 4, correspondentes à operação simultânea dos filtros lentos FLA1, FLA2, FLA3 e FLA4.

Ao final do tempo de funcionamento da carreira 1a foi verificado um recalque diferencial da areia em de cada filtro, o que levou à modificação da espessura das camadas de areia de 0,8 m para 0,7 m, ficando assim com a profundidade mínima sugerida por HUISMAN (1982). Este recalque afetou a evolução da perda de carga durante o funcionamento das unidades, em função do CDU utilizado (ver Figura B1 no Apêndice B).

O mesmo comportamento diferenciado na evolução da perda de carga (ver Figura B2) foi observado na carreira 1b. Isto foi ocasionado pela compactação na parte superior dos filtros devido à pressão exercida na parte superior durante o nivelamento e raspagem da areia que foram efetuadas manualmente com uma pá, distribuindo o peso do operador em uma tábua (prática esta comumente recomendada por instituições como CIR (1989) e AWWA (1991) e utilizada em muitas estações de filtração lenta que se encontram atualmente em funcionamento). Assim, constatou-se que o nivelamento e a raspagem do meio filtrante, efetuada manualmente com contato direto do operador, acarretou a compactação da parte superior do meio filtrante afetando diretamente a perda de carga .

Para evitar a compactação do topo do meio filtrante, por causa do peso do operador, efetuou-se uma modificação na operação de raspagem da areia. Esta foi feita evitando-se o contato com a parte superficial do meio, efetuando-se a raspagem manualmente da borda superior do filtro com a utilização de enxada. Na Figura 5.15 é ilustrada fotograficamente a sequência de raspagem superficial feita nos diferentes meios filtrantes.

Efetuuou-se a carreira 1c para a qual a evolução da perda de carga esteve de acordo com o comportamento esperado segundo Hazen, citado por

GEYER & OKUN (1971) em função do CDU e do De utilizado nas unidades filtrantes, (ver Figura B3).

Comparando as leituras piezométricas das carreiras 1b e 1c (ver Figura B8 a B15) verificou-se a variação de nível nos piezômetros, mostrando a influência da compactação na perda de carga inicial dos meios filtrantes; assim, o nivelamento e raspagem do meio filtrante, efetuado manualmente e sem contato direto do operador não afeta a perda de carga.

Observa-se que é alta a perda de carga inicial do ensaio 1 para todos os meios filtrantes e devido à taxa de filtração utilizada, ocorreu diminuição na duração da carreira de filtração das unidades. Nas Figuras B1, B2 e B3 verifica-se uma flutuação durante a evolução da perda de carga das unidades de maior CDU, ocasionada, possivelmente, pela mudança da temperatura durante os ensaios.

6.2.1.2. Penetração de Impurezas

As leituras piezométricas dos filtros tomadas durante a carreira 1c (ver Tabelas B5 a B6 e Figuras B12 a B15) permitem observar que para as condições de temperatura durante o ensaio, não houve alterações súbitas nos diferentes piezômetros. Aparentemente, existe uma quantidade remanescente de sólidos não removidos pela raspagem superficial, que são, provavelmente, expelidos ou acomodados nos interstícios dos meios filtrantes durante as primeiras horas da carreira, sendo isto evidenciado no piezômetro P4 dos filtros FLA3 e FLA4, durante a carreira 1c.

Das Figuras B12 a B15 deduz-se que o tamanho do grão que caracteriza o tamanho efetivo (De) utilizado nos meios, foi suficientemente pequeno, para evitar penetração profunda do material presente na água bruta.

Na carreira 1c (taxa de $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) (ver Tabela 5.12) foram tomadas amostras da parte superior do meio filtrante e medida a penetração das partículas retidas (h), obtendo-se para o FLA 1, $h=1,3 \text{ cm}$, FLA2, $h=1,5 \text{ cm}$, FLA3, $h=3,0$ e FLA4, $h=3,6 \text{ cm}$, o que permitiu afirmar que a maior parte dos sólidos foi retida nos primeiros centímetros dos meios filtrantes e que existe influência do CDU na magnitude de penetração de impurezas.

6.2.1.3. Aumento no Tempo de Funcionamento

Com base nos resultados encontrados nas Tabelas B17 a B21 e Figura B3 do ensaio 1, taxa de $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, verificou-se um aumento no tempo médio de funcionamento dos filtros de maior CDU, encontrando-se um fator de aumento dos filtros FLA3 e FLA4 em relação aos filtros FLA1 e FLA2 igual a 2,5 vezes, podendo-se afirmar que para a taxa de filtração utilizada existe influência significativa no tempo de funcionamento das unidades de filtração em função do valor de CDU utilizado.

6.2.1.4. Qualidade do Efluente

A qualidade da água efluente das unidades de filtração durante o ensaio 1 esteve influenciada pela alta taxa de filtração utilizada ($6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$). A aflente com turbidez superior a 10 uT concorreu para a produção de um efluente de alto risco sanitário e não apto para desinfecção, ocasionando rápida colmatação dos meios filtrantes, quando não se tem pré-tratamento, ratificando observações feitas por outros pesquisadores (Di Bernardo (1991); Galvis (1991); Kwamura (1991)).

A má qualidade do aflente durante o ensaio foi ocasionada por chuvas, resultando altos picos de turbidez e cor, da ordem de 110 uT e 500 uC respectivamente, como observado nas Tabelas B1 a B21 e Figuras B16 a B21 do Apêndice B. Desta forma, os valores de cor e turbidez do efluente superaram os limites estabelecidos na Portaria Nº 36 / GM (1990) do Ministério da Saúde.

Na Tabela 5,1 é resumida a aplicação da estatística descritiva dos dados físico-químicos apresentados no Apêndice B, onde se tem remoções de cor e turbidez da ordem de 11% a 30% para os filtros de menor CDU (FLA1 e FLA2) e para os filtros de maior CDU (FLA3 e FLA4) da ordem de 48% a 30% respectivamente, determinando a influência do CDU na redução destes parâmetros.

Nas Figuras B16 a B21 (variação de cor e turbidez) observa-se uma tendência de igual comportamento na variação destes parâmetros. Na análise da amplitude gráfica (estatística descritiva) dos quartis dos parâmetros, cor e turbidez para cada filtro no ensaio 1 (ver Figuras 5.1 a 5.6) pode-se dizer que existem diferenças entre os filtros de maior CDU, quando comparados com os filtros de menor CDU. Observa-se que as medianas das amplitudes são medidas que não são afetadas por dados extremos, o que permite uma melhor comparação entre os meios, juntamente com

a variabilidade na amplitude (A), definida como a diferença entre o primeiro quartil Q1 e o Terceiro quartil Q3.

Tomando como exemplo os parâmetros cor e turbidez da carreira 1c, Figuras B18 e B21, observa-se igual tendência na variação destes parâmetros durante o tempo de funcionamento. Já na análise gráfica da amplitude (ver Figuras 5.4 a 5.6) observa-se diferença dos filtros de maior CDU em relação às suas médias e medianas quando comparadas com os filtros de menor CDU. Assim, para as repetições do ensaio 1 (carreiras 1a, 1b e 1c), os filtros de maior CDU têm seus dados concentrados em valores menores de cor e turbidez que os filtros de menor CDU, o que pode ser evidenciado nos dados de turbidez da carreira 1c durante o tempo de funcionamento das unidades de filtração, FLA1, FLA2, FLA3 e FLA4, para as quais 75 % das observações apresentam turbidez de 7 a 58 uT, 4 a 57 uT, 0,68 a 45 uT e 0,65 a 45 uT, respectivamente. Para os filtros de maior CDU a variabilidade na amplitude (A) define qual tem melhor comportamento nas condições do ensaio para cada parâmetro.

Nas Figuras 5.5 e 5.6 observam-se pequenas diferenças na variabilidade da amplitude dos parâmetros, podendo-se afirmar que os filtros FLA3 e FLA4 têm igual desempenho no que diz respeito à remoção de turbidez e cor.

Pela Tabela 5.1 observa-se que os valores do CDU durante o ensaio 1, não influem nos valores de pH do efluente. O manganês total apresenta baixas concentrações no afluente e efluente, observando-se alta remoção em todos os meios filtrantes utilizados da ordem de 90 a 100 %. Já para o ferro total, a concentração no efluente encontra-se acima do limite padrão estabelecido na Portaria Nº 36 / GM, que é de 0,3 mg/l Os filtros com areia de maior CDU apresentaram remoções de ferro menores ou iguais 60 %, e nos filtros de menor CDU as remoções foram menores ou iguais a 45 %, podendo-se afirmar que existe influência do CDU sobre o parâmetro ferro total nas condições do ensaio 1.

Em virtude da indisponibilidade de produtos químicos para os exames bacteriológicos só foi possível realizar as determinações deste parâmetro para as carreiras 1c, 2a e 3a dos respectivos ensaios (ver Tabela 5.11), cujos dados permitiram avaliar o desempenho dos filtros em relação à remoção bacteriológica; assim, ^{no final de} ~~na~~ carreira 1c do ensaio 1 ~~em~~ no filtro FLA1 ~~após~~ 70 horas, efetuou-se a determinação de coliformes fecais no afluente e efluentes das unidades de filtração, encontrando remoções da ordem de 98 % em todos os meios filtrantes. Esta foi uma

resposta satisfatória de qualidade bacteriológica, a qual pareceu não ser influenciada ao se incrementar o CDU sob as condições do ensaio 1.

Contudo, pelos resultados obtidos no ensaio 1, observa-se as limitações que se tem quando são utilizados filtros lentos como unidades de tratamento direto (sem pré-tratamento) para afluente de turbidez elevada dificultando o atendimento da Portaria Nº 36/GM (1990).

6.2.1.5. Tamanho e Número de Partículas

Durante a carreira 1a, para partículas do efluente do filtro FLA2, só foi possível a coleta de uma amostra, devido ao curto tempo de operação do filtro, sendo avaliados o comportamento dos filtros FLA1, FLA3 e FLA4,

Observando as Figuras B28 a B39, do Apêndice B, nota-se um comportamento aleatório na variação do número de partículas e uma melhor remoção das partículas quando distribuídas na faixa de tamanho médio entre 6,35 a 12,70 μm e 16,0 a 40,30 μm ao serem comparadas com as faixas de tamanho médio 1,16 a 5,04 μm , e para a faixa de tamanho médio de 6,75 a 12,70 μm , a qual é de especial interesse, uma vez que cistos de *Giardia Lambia* têm tamanho médio dessa ordem de grandeza. O observado anteriormente pode ser notado na Tabela 5.2, que fornece a estatística descritiva do ensaio 1. Tomando como exemplo a carreira 1c, as remoções obtidas nos meios filtrantes para as partículas compreendidas na faixa de tamanho médio 1,16 a 5,04 μm , são da ordem de 69 %; já para as faixas de tamanho médio de 6,75 a 12,70 μm e 16,0 a 40,30 μm , as remoções obtidas são da ordem de 94 % e 89 %, respectivamente.

Comparando-se as faixas de tamanho médio de partículas para os diferentes CDU, nota-se que não existem diferenças do ponto de vista estatístico indutivo, sendo isto comprovado pela análise de multivariância (descrita no Apêndice E) (ver Tabela 5.3). É aceita a hipótese de que as médias do número de partículas obtidas para cada faixa de tamanho são iguais, apresentando uma exceção na carreira 1a, na faixa de tamanho médio 1,16 a 5,04 μm , já que a análise indutiva das médias tem diferença significativa entre os filtros utilizados.

O teste de comparação múltipla da estatística indutiva (ver Tabela 5.10) mostra que para os filtros FLA1 e FLA4 as médias são diferentes, sendo o filtro de maior CDU o de melhor desempenho, por apresentar a menor média.

É possível que os filtros de maior CDU apresentem igual ou melhor desempenho na remoção de partículas na faixa de tamanho médio de 1,16 a 40,30 μm quando comparados com os filtros de menor CDU

6.2.2. ENSAIOS 2 e 3

A qualidade da água afluyente durante os ensaios 2 e 3 permitiu obter resultados satisfatórios nos efluentes das unidades de filtração e comportamentos com tendências similares que levaram a realizar a discussão conjunta dos seus resultados.

Nos ensaios 2 e 3, para taxas de 4,8 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ e 2,4 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, respectivamente, efetuaram-se as carreiras 2a e 2b, 3a e 3b, como especificado na Tabela 4,4 do Capítulo 4, correspondente à operação simultanea dos filtros lentos FLA1, FLA2, FLA3 e FLA4.

Efetuu-se uma reprogramação, adiantando-se o ensaio 3 (taxa de 2,4 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$), devido à baixa probabilidade de chuvas no período inicialmente programado, o que traria como consequência melhoria na qualidade da água bruta, ocasionando um aumento considerável no tempo de funcionamento dos filtros de maior CDU, como observado no ensaio 1, dificultando o cumprimento do prazo estipulado para a fase experimental. Assim, o ensaio 3 foi efetuado no período compreendido entre 27/04/94 a 24/08/94, período no qual foram realizadas as carreiras 3a e 3b.

Durante a carreira 3a, foi necessário dar início à carreira 3b colocando em funcionamento os filtros de menor CDU (FLA1 e FLA2) no 134^o dia de operação dos filtros de maior CDU (FLA3 e FLA4), já que os filtros de menor CDU tinham parado de operar no 28^o e 35^o dia de operação da carreira 3a, dando origem à carreira 3b, ver Tabelas C12 a C36 do Apêndice C.

O ensaio 2 (taxa de 2,4 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) foi realizado no período de 09/09/94 a 25/10/94, no qual foram realizadas as carreiras 2a e 2b. Durante a execução do ensaio 2, no 25^o dia de funcionamento dos filtros de maior CDU, como ocorrido no ensaio 3, decidiu-se colocar em funcionamento os filtros de menor CDU, que tinham parado de operar durante a carreira 2a após 16^o e 21^o dias de operação, respectivamente, dando origem à carreira 2b, ver Tabela D6 a D17.

6.2.2.1. Perda de Carga

No ensaio 3 (ver Tabelas C1, C3 e C8 e Figuras C1e C2) observa-se que para um tempo de detenção de 12 horas (tempo no qual mediu-se a perda de carga inicial) houve uma diminuição da perda nos meios filtrantes FLA1, FLA2, FLA3 e FLA4, quando comparados com a perda inicial nos meios filtrantes dos ensaios 1 e 2, com tempos de detenção diferentes, com 4 e 7 horas respectivamente (ver Tabelas B5 e B6, D1, D2 e D4 e Figuras B3, D1 e D2) mostrando a influência da taxa de filtração sobre a perda de carga inicial.

Observa-se que na carreira 2a a turbidez e a temperatura da água afluyente para tempo de detenção de 4 horas, é da ordem de 5,6 uT a 22 °C e a temperatura dos efluentes de 20,5 °C. Para a carreira 1c a turbidez da água afluyente no tempo de detenção de 7 horas corresponde a 80 uT a 25 °C, sendo a temperatura dos efluentes de 24,5 °C. Esta diferença de temperatura entre o afluyente e o efluente, foi ocasionada pelo resfriamento da chapa metálica que recobre o filtro, devido à influência da temperatura exterior.

Percebe-se nas leituras de perda de carga inicial dos filtros durante os ensaios 1 e 2, carreiras 1c e 2a, ver Tabelas D6 a D11, B17 a B21, que para diferentes tempos de detenção e qualidade do afluyente, não existiu diferença significativa entre as perdas de carga iniciais dos filtros.

A viscosidade cinemática (ν) dos efluentes das carreiras 1c e 2a poderia explicar porque não existe diferença significativa entre as perdas de carga iniciais nos filtros. Para o efluente da carreira 1c, e a temperatura de 20,5 °C, μ é da ordem de 1,005 N.s/m² e para o efluente da carreira 2a, e a uma temperatura de 24,5 °C, μ é da ordem de 0,894 N.s/m². Assim a diferença de temperatura pode ter ocasionado um aumento na perda de carga inicial durante o ensaio 2a.

Nas Figuras D1 e D2 e C1 e C2 observa-se que a evolução da perda de carga durante os ensaios 2 e 3 resultou de acordo com o comportamento esperado segundo Hazen (citado por GEYER & OKUN (1971)), em função do CDU e De utilizado nas unidades de filtração.

Percebe-se que os filtros de maior CDU (FLA3 e FLA4) apresentam uma evolução atenuada da perda de carga até aproximadamente metade do tempo de funcionamento (de 0 a 2000 horas na carreira 3a e de 0 a 700 horas na carreira 2a), acentuando-se no final, o que ocasiona carreiras mais longas. Já para os filtros de

CDU (FLA1 e FLA2) é respectivamente de 731 e 898 horas e para os filtros de maior CDU (FLA3 e FLA4) de 2892 e 2628 horas respectivamente, encontrando-se um fator superior a 3 nos filtros de maior CDU quando comparados aos de menor CDU.

Nas Tabelas D8 a D15 e Figura D1 do ensaio 2, taxa de $4,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, notam-se tempos médios de funcionamento dos filtros FLA1 e FLA2, de 420 e 462 horas e para os filtros FLA3 e FLA4, de 1015 a 1111 horas, respectivamente, obtendo-se um fator de aumento nos filtros de maior CDU superior a 2 vezes quando comparado com os de menor CDU.

Pode-se afirmar que existe um incremento no fator médio de aumento do tempo de funcionamento nos meios filtrantes de maior CDU, observando-se também uma tendência significativa de aumento deste fator quando utilizada a taxa de $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ em relação às taxas de $4,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ e $6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$

6.2.2.4. Qualidade do Efluente

A qualidade da água afluyente utilizada durante os ensaios 2 e 3 (Taxas de $4,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ e $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) permitiu um bom desempenho dos meios filtrantes FLA1, FLA2, FLA3 e FLA4.

Devido ao maior número de carreiras dos filtros de menor CDU (FLA1 e FLA2), teve-se a necessidade de se efetuar limpezas mais frequentes (carreiras 2b e 3b) ocasionando uma pior qualidade da água afluyente (ver Figuras C12 e C14, D12 e D14). Observa-se que durante as primeiras horas, logo após a recolocação destes filtros em funcionamento, os mesmos produzem efluente de pior qualidade quando comparados com o produzidos nos filtros de maior CDU, uma vez que estes não haviam sido interrompidos.

Nas Tabelas C12 a C36 e Figuras C11 a C14 do ensaio 3, carreiras 3a e 3b, observa-se a presença de picos de turbidez de até 30 uT e cor de até 170 uC no afluyente, devido à ocorrência de chuvas localizadas e aos valores referidos anteriormente, considerados altos para o tratamento direto por filtração lenta, causando piora na qualidade do efluente.

Na Tabela 5.4 é resumida a aplicação da χ^2 estatística descritiva dos dados físico-químicos do ensaio 3, taxa de $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, tendo-se obtido remoções de turbidez da ordem de 80 % e cor da ordem de 83 % nos filtros de menor

CDU (FLA1 e FLA2). Nos filtros de maior CDU (FLA3 e FLA4) tanto a remoção de cor quanto a de turbidez foi da ordem de 86 %.

Para o ensaio 2, taxas de $4,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, na Tabela 5.7, resume-se a aplicação da estatística descritiva dos dados físico-químicos, encontrando-se remoções de turbidez e cor maiores ou iguais a 80 % em todas as unidades de filtração. Desta forma, não foi observada diferença significativa na remoção de turbidez e cor em função do CDU dos meios filtrantes.

Na análise de amplitude gráfica da carreira 3a (ver Figuras 5.7) observa-se que os filtros FLA1 e FLA2 apresentam menores medianas quando comparados com os filtros FLA3 e FLA4. A diferença entre medianas é pouco significativa, o que pode ser evidenciado nos dados obtidos nas unidades de filtração FLA1, FLA2, FLA3 e FLA4, nas quais 75 % das observações (3º quartil) encontram-se com turbidez entre 0,75 a 1,30, 0,45 a 1,60, 0,52 a 1,10, 0,57 a 1,40, respectivamente.

Como a diferença de medianas é pouco significativa, a menor amplitude (A) define qual filtro apresenta melhor comportamento estatístico. Dentre os filtros FLA1, $A=0,46$, FLA2, $A=1,05$, FLA3, $A=0,27$, FLA4, $A=0,48$, o filtro FLA3 é o melhor. Para os filtros FLA1 e FLA4 (ver Figura 5.7) a diferença entre amplitudes é pouco significativa. Neste caso, a determinação da unidade que apresentou melhor comportamento foi feita em função da média, sendo FLA4 o melhor.

A determinação da unidade de filtração que apresenta melhor comportamento em função da estatística descritiva dos quartis (figuras 5.7, 5.9 5.11 e 5.13) para as demais carreiras, deve-se seguir a ordem de análise apresentada para a carreira 3a : mediana, amplitude e média. Conclui-se que o melhor comportamento na remoção de turbidez é obtido nos filtros de maior CDU (FLA3 e FLA4).

Da análise gráfica dos quartis dos ensaios 2 (taxa de $4,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) e 3 (taxa de $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) tomaram-se como exemplo os dados do parâmetro cor aparente nas carreiras 2a e 3a. Na carreira 3a (ver Figura 5.8) nota-se que somente nos efluentes dos filtros FLA2 e FLA3 foram observados valores de cor menores ou iguais a 5 uC durante 25 % das observações (1º quartil). Para 75 % das observações em todas as unidades de filtração os valores da cor não superaram 15 uC.

A comparação das medianas mostra que o filtro FLA2 apresenta os melhores resultados.

Na carreira 2a (ver Figura 5.12) nota-se que em todos os filtros, 25 % das observações apresentaram valores de cor menores ou iguais a 5 uC

nos efluentes das unidades FLA2, FLA3, FLA4, e 75 % das observações da cor não superou 10 uC. Estes filtros apresentam a mesma amplitude.

Os resultados obtidos nos ensaios 2 e 3, para os parâmetros cor e turbidez nos diferentes meios filtrantes, mostram que parte das observações encontram-se acima dos valores limite de turbidez (1 uT) e cor (5 uC) estabelecidos na Portaria Nº 36/GM (1990), limites excessivamente rigorosos quando é empregada filtração lenta em areia como tecnologia de tratamento.

Nas Tabelas 5.4 e 5.7, correspondentes aos ensaios 3 e 2, nota-se que os valores obtidos de pH, temperatura, concentração de ferro e de manganês total, estiveram dentro dos limites estabelecidos na Portaria Nº 36/GM., não sendo observada influência significativa ao ser incrementado o CDU.

Para as carreiras 2a e 3a, em todos os meios filtrantes, foram obtidas remoções de coliformes fecais e de colônias de bactérias heterótrofas nos efluentes, da ordem de 98 % (ver Tabela 5.11). Assim, para os tamanhos efetivos (De) estudados: 0,210; 0,207; 0,195 e 0,225 mm, associados respectivamente com valores do CDU de 2,24, 2,85, 4,30, 4,29, houve uma remoção bacteriológica satisfatória.

6.2.2.5. Tamanho e Número de Partículas

Nas Figuras C19 a C26 do ensaio 3 (taxa de 2,4 $m^3/m^2.d$) observa-se que em todas as unidades de filtração o número de partículas distribuídas nas faixas de tamanho médio de 1,16 a 5,04 μm , 6,35 a 12,70 μm e 16,0 a 40,30 μm , apresentou um comportamento aleatório.

A remoção de partículas foi maior nas faixas de tamanho médio de 6,35 a 12,70 μm e 16,0 a 40,30 μm , tanto no ensaio 2 (taxa de 4,8 $m^3/m^2.d$, ver Figuras D19 a D26) quanto no ensaio 3 (Figuras C19 a C26).

A remoção de partículas calculada a partir das Tabelas 5.5 e 5.8 dos ensaios 3 e 2, para a carreira 3a, nas faixas de tamanho médio 1,16 a 5,04 μm , 6,35 a 12,70 μm e 16,0 a 40,30 μm , é da ordem de 66 %, 91 % e 91 % respectivamente e da ordem de 74 %, 90 % e 82 % respectivamente para a carreira 2a.

Ao serem comparadas as remoções de partículas observadas nos ensaios 1, 2 e 3, levando-se em consideração a diferente qualidade afluente, podemos afirmar que independentemente da taxa de filtração, a maior remoção

de partículas foi verificada nas faixas de tamanho médio 6,35 a 12,70 μm e 16,0 a 40,30 μm .

Nos ensaios 2 e 3 (ver Tabelas 5.5 a 5.10) foram comparadas as distribuições de partículas nas faixas de tamanho médio de 1,16 a 5,04 μm , 6,35 a 12,70 μm e 16,0 a 40,30 μm , entre os diferentes meios filtrantes, FLA1, FLA2, FLA3 e FLA4, por meio da análise de multivariância.

No ensaio 3 (taxa de 2,4 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) (Ver Tabelas 5.5 e 5.6) ao aplicar o teste de multivariância é aceita a hipótese de que as médias do número de partículas compreendidas nas faixas de tamanho de 1,16 a 5,04 μm e 16,0 a 40,30 μm são iguais ao se comparar os diversos filtros, ocorrendo uma exceção na faixa de tamanho medio 6,35 a 12,70 μm .

Na análise de comparação múltipla (Tabela 5.10) encontrou-se que as médias do número de partículas compreendidas na faixa de tamanho 6,35 a 12,70 μm dos filtros FLA1 e FLA4 não são iguais, tendo o filtro de maior CDU (FLA4) apresentado melhor desempenho na remoção de partículas compreendidas nesta faixa de tamanho, já que apresenta a menor média (ver Tabela 5.5).

Para ensaio 2 (taxa de 2,4 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) (Tabelas 5.8 e 5.9) são iguais as médias do número de partículas nas diferentes faixas de tamanho, ao ser aplicado o teste de multivariância, tendo todos os meios filtrantes o mesmo desempenho na remoção de partículas.

Dos resultados obtidos nos ensaios 2 e 3 para partículas, pode-se afirmar que os filtros de maior CDU apresentaram igual desempenho na remoção de partículas na faixa de tamanho médio 1,16 a 40,30 μm quando comparados aos filtros de menor CDU.

7. CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada, tem-se que:

a) Conclusões Gerais

a.1) O conhecimento acerca das combinações do coeficiente de desuniformidade (CDU) e tamanho efetivo (De) tem um grande potencial para redução do risco sanitário associado a enfermidades de origem hídrica, bem como outros parâmetros físico-químicos da água ;

a2) A boa eficiência de remoção de contaminantes e o aumento significativo na duração das carreiras de filtração dos filtros com CDU em torno de 4,30 e $De = 0,20\text{mm}$, para taxas de filtração em torno de $4,8\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, abre a possibilidade de se melhorar o desempenho de grande parte das instalações de tratamento de água por filtração lenta em areia, que se encontram atualmente em funcionamento e de novas instalações;

b) Conclusões Específicas

b.1) O tamanho do grão que caracteriza o tamanho efetivo utilizado na pesquisa, D_e , é suficientemente pequeno para evitar penetração profunda das impurezas presentes na água bruta.

b.2) As taxas de filtração utilizadas influem significativamente na duração das carreiras de filtração em função do CNU;

b.3) Para a taxa de filtração de $6\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, os filtros de maior CDU têm seus dados concentrados em valores menores de cor e turbidez que os filtros de menor CDU, existindo influência direta do CDU na remoção de cor e turbidez

b.4) A penetração de impurezas é função do CDU, D_e e da taxa de filtração utilizada, crescendo com o aumento do CDU, D_e e a taxa de filtração, para os meios estudados.

b.5) A quantidade de areia a ser removida por raspagem superficial é função do CDU, D_e e taxa de filtração utilizada, aumentando com o incremento do CDU, e de D_e para os meios e taxas de filtração estudadas.

b.6) Os meios filtrantes com maior CDU tiveram um fator de incremento na duração das carreiras de filtração da ordem de 3,8 vezes quando comparado com os meios de menor CDU; assim, filtros de menor CDU precisam de limpezas mais frequentes.

b.7) A diminuição das taxas de filtração geram incremento no fator de aumento da duração das carreiras de filtração de filtros de maior CDU.

b.8) Para os meios com maior CDU, obteve-se maior remoção de partículas na faixa de tamanho médio de 6,35 a $12,70\mu\text{m}$ e de 16,00 a $40,30\mu\text{m}$.

b.9) Os filtros de maior CDU utilizados apresentaram igual ou melhor desempenho na remoção de partículas quando comparados aos filtros de menor CDU.

8. RECOMENDAÇÕES

A partir da experiência obtida e a análise dos resultados da pesquisa, tem-se que:

a) Com relação a futuras pesquisas, sugere-se:

a1) Estudar a possibilidade de aplicar as mantas em combinação com os meios filtrantes de maior CDU, a partir das características estudadas.

a2) Estudar a penetração de algas nos filtros de maior CDU e sua relação com a contagem de partículas.

a3) Estudar o comportamento dos filtros de maior CDU precedidos de pré-filtração.

a4) Avaliar a possibilidade de construção de um dispositivo para a lavagem da areia aplicando o princípio adotado, exposto na metodologia do capítulo 4.

b) Com relação ao projeto e à operação de sistemas de filtração lenta:

b1) Que sejam utilizadas areias com CDU em torno de 4,30 e De por volta de 0,2 mm.

b2) Que seja utilizado o método de lavagem da areia de acordo com a metodologia exposta no capítulo 4, a fim de não modificar suas características.

b3) Que não sejam utilizados sistemas de nivelamento e raspagem superficial de areia que gerem compactação da mesma;

b4) Que não sejam utilizados filtros lentos como unidades de tratamento direto.



APÊNDICE A
Caracterização dos meios filtrantes
Tabelas e Figuras

TABELA A1 Distribuição da Esfericidade nos Intervalos Granulométricos

ABERTURA DAS PENEIRAS		Coeficiente de Esfericidade (Ce)*
Série Americana N	(mm)	
18	1.000	0.73
20	0.840	0.75
30	0.590	0.77
40	0.420	0.81
50	0.297	0.85
70	0.210	0.87
100	0.149	0.87
140	0.105	0.89
<140	0.008	

(*) Calculada pelo Método de Comparação Visual de Rutterhouse (1941) Segundo Kenitiro S.(1973).

Tabela A2 Características dos Meios Filtrantes de Areia das Unidades de Filtração Lenta Utilizadas.

Filtro	Especificações da Areia					
	Tamanho Efetivo (D60 mm)	Tamanho Efetivo (D10 mm)	Coefficiente de Não-Uniformidade (Cu)	Porosidade (%)	Coefficiente Médio de Esfericidade*	Condutividade Hidráulica** (m/s)
1	0.471	0.210	2.24	43.47	0.80	1.91E-04
2	0.590	0.207	2.85	44.50	0.81	2.45E-04
3	0.840	0.195	4.30	45.79	0.80	2.00E-04
4	0.960	0.225	4.29	45.27	0.78	4.20E-04

(*) Esfericidade Média Calculada, ver Figuras A5, A6, A7 e A8.

(**) Condutividade Hidráulica Calculada, ver Figura A9.

TABELA A3 Determinação Experimental do Gradiente Hidráulico com diferentes Velocidades de Aproximação

P1		P2		P3		P4		P5		Perda de carga inicial h (m)	Gradiente Hidráulico h/L (m/m)	Vazão (l/min)	Velocidade de aproximação (m/s)	Taxa (m ³ /m ² .d)	Temperatura (C)
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)							
1.271	1.358	1.530	1.732	1.784	0.513	0.733	4.197	1.39E-04	12.030	25.5					
1.255	1.314	1.429	1.567	1.604	0.349	0.499	2.797	9.28E-05	8.017	25.5					
1.249	1.290	1.377	1.484	1.510	0.261	0.373	2.090	6.93E-05	5.990	25.5					
1.245	1.277	1.349	1.435	1.450	0.205	0.293	1.664	5.52E-05	4.769	25.5					
1.238	1.254	1.288	1.334	1.347	0.109	0.156	0.853	2.83E-05	2.445	26					

TABELA A4 Determinação Experimental do Gradiente Hidráulico com diferentes Velocidades de Aproximação

P1		P2		P3		P4		P5		Perda de carga inicial h (m)	Gradiente Hidráulico h/L (m/m)	Vazão (l/min)	Velocidade de aproximação (m/s)	Taxa (m ³ /m ² .d)	Temperatura (C)
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)							
1.247	1.314	1.408	1.620	1.645	0.398	0.569	4.170	1.38E-04	11.952	29					
1.240	1.285	1.348	1.494	1.506	0.266	0.380	2.780	9.22E-05	7.968	29					
1.234	1.268	1.314	1.426	1.435	0.201	0.287	2.110	7.00E-05	6.048	29					
1.232	1.259	1.296	1.385	1.396	0.164	0.234	1.690	5.61E-05	4.844	29					
1.225	1.240	1.257	1.303	1.307	0.082	0.117	0.840	2.79E-05	2.408	29					

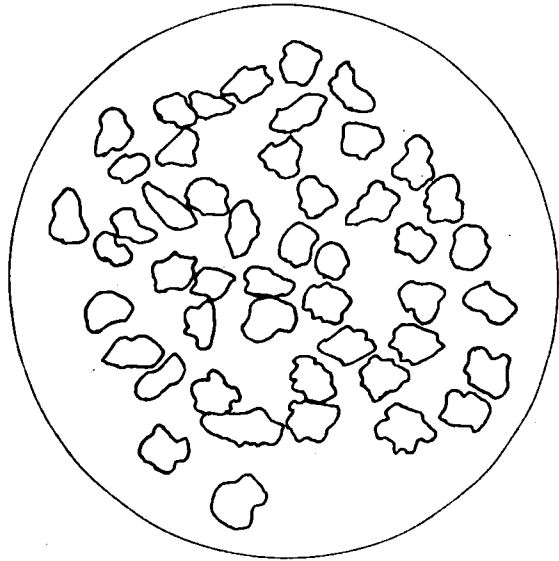
TABELA A5 Determinação Experimental do Gradiente Hidráulico com diferentes Velocidades de Aproximação

FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Perda de carga inicial h (m)	Gradiente Hidráulico h/L (m/m)	Vazão (l/min)	Velocidade de aproximação (m/s)	Taxa (m ³ /m ² .d)	Temperatura (C)
P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)						
1.252	1.305	1.405	1.707	1.725	0.473	0.676	4.170	1.38E-04	11.952	27.5
1.253	1.278	1.340	1.530	1.537	0.284	0.406	2.760	9.16E-05	7.911	28.5
1.250	1.263	1.306	1.445	1.459	0.209	0.299	2.070	6.87E-05	5.933	28.5
1.240	1.256	1.294	1.414	1.417	0.177	0.253	1.710	5.67E-05	4.901	28.5
1.235	1.243	1.260	1.320	1.324	0.089	0.127	0.830	2.75E-05	2.379	28.5

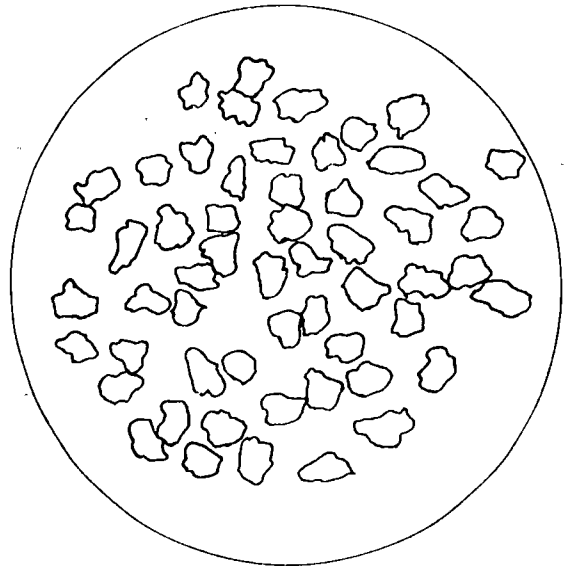
TABELA A6 Determinação Experimental do Gradiente Hidráulico com diferentes Velocidades de Aproximação

FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Perda de carga inicial h (m)	Gradiente Hidráulico h/L (m/m)	Vazão (l/min)	Velocidade de aproximação (m/s)	Taxa (m ³ /m ² .d)	Temperatura (C)
P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)						
1.243	1.289	1.358	1.462	1.472	0.229	0.327	4.210	1.40E-04	12.067	28.5
1.234	1.264	1.313	1.393	1.398	0.164	0.234	2.780	9.22E-05	7.968	28.5
1.225	1.247	1.284	1.334	1.340	0.115	0.164	2.100	6.97E-05	6.019	28.5
1.223	1.240	1.272	1.316	1.320	0.097	0.139	1.760	5.84E-05	5.045	28.5
1.217	1.224	1.239	1.261	1.263	0.046	0.066	0.830	2.75E-05	2.379	29

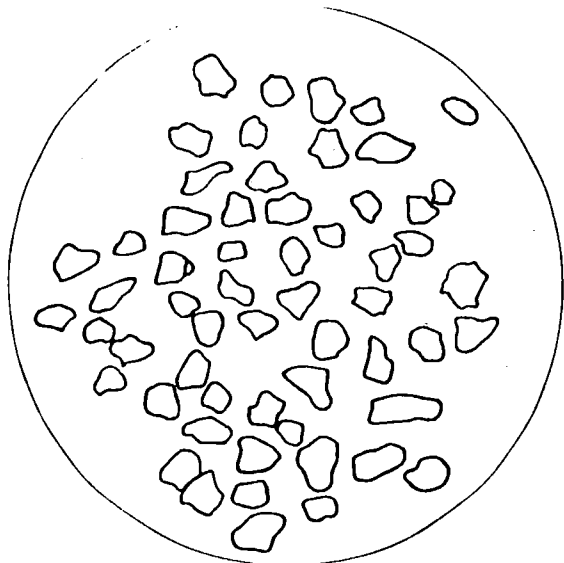
FIGURA A1 - Projeção do Contorno dos Grãos para os Diferentes Intervalos Granulométricos que Conformam as Curvas dos Meios Filtrantes Utilizados



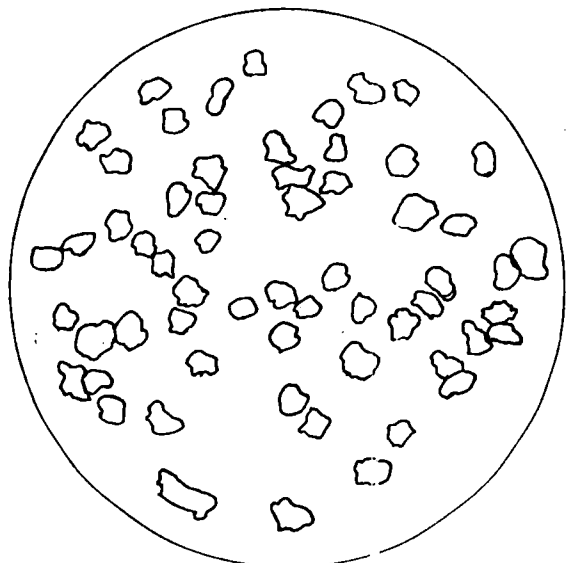
SERIE AMERICANA Nº 18



SERIE AMERICANA Nº 20

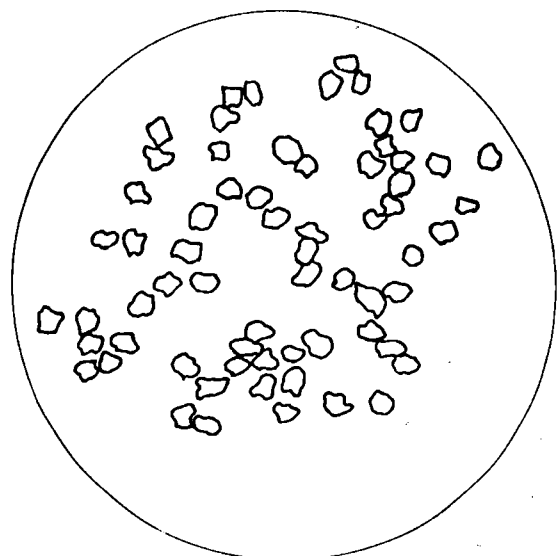


SERIE AMERICANA Nº 30

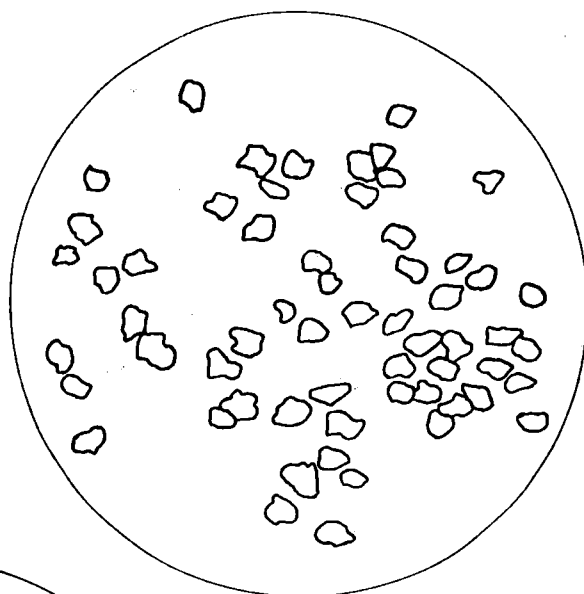


SERIE AMERICANA Nº 40

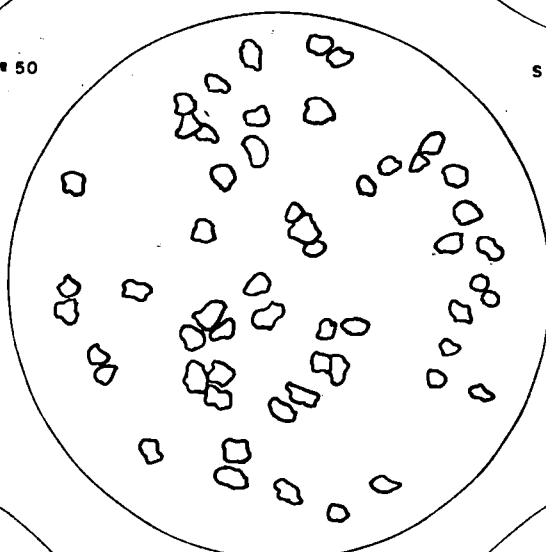
FIGURA A2 - Projeção do Contorno dos Grãos para os Diferentes Intervalos Granulométricos que Conformam as Curvas dos Meios Filtrantes Utilizados



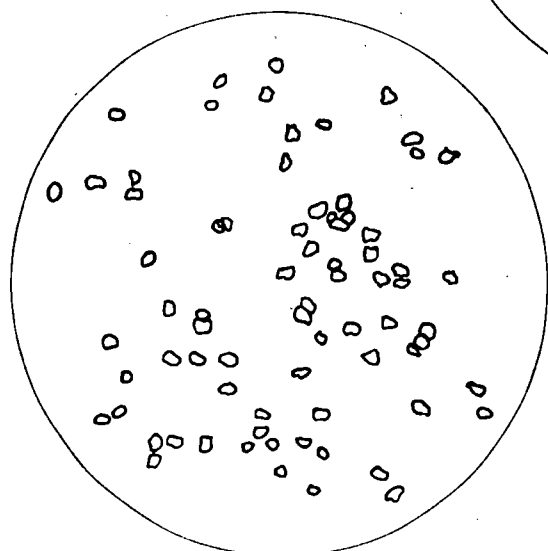
SERIE AMERICANA Nº 50



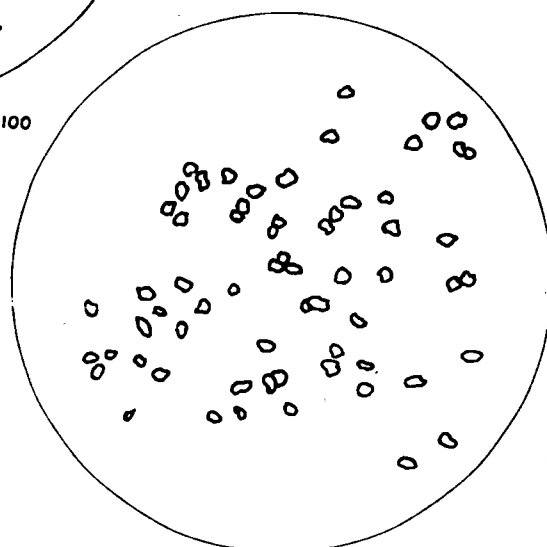
SERIE AMERICANA Nº 70



SERIE AMERICANA Nº 100



SERIE AMERICANA Nº <math>N < 140</math>



SERIE AMERICANA Nº 140

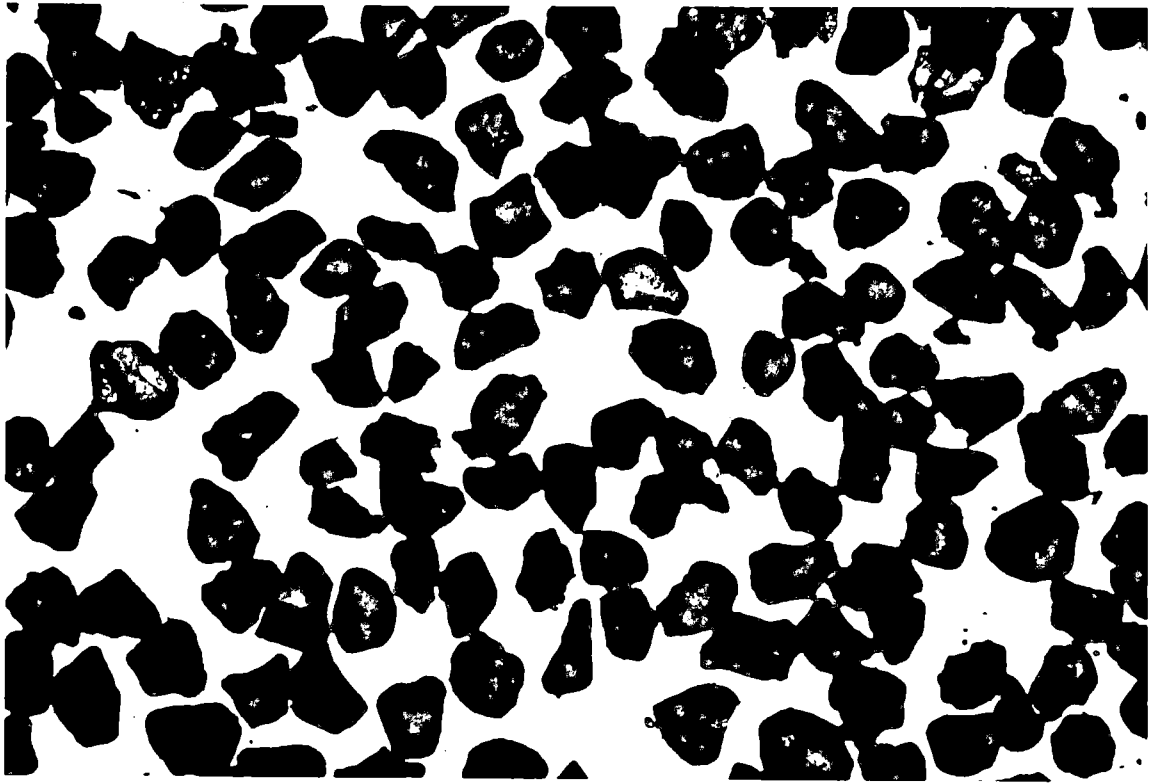


Figura A3 Fotografia dos contornos dos menores grãos de areia que compõem as diferentes curvas granulométricas (Tamanho 0,074 a 0,105 mm)

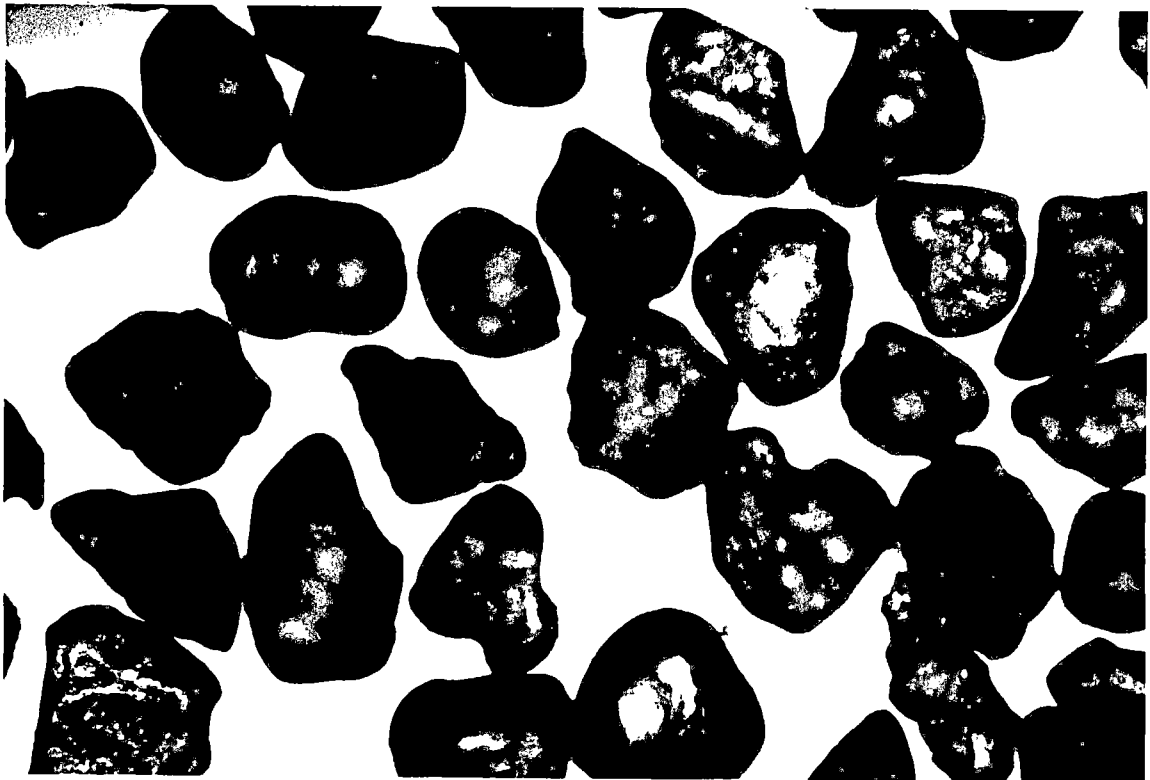


Figura A3a Fotografia dos contornos dos menores e maiores grãos de areia que compõem as diferentes curvas granulométricas (Tamanho 1,0 a 1,19 mm)

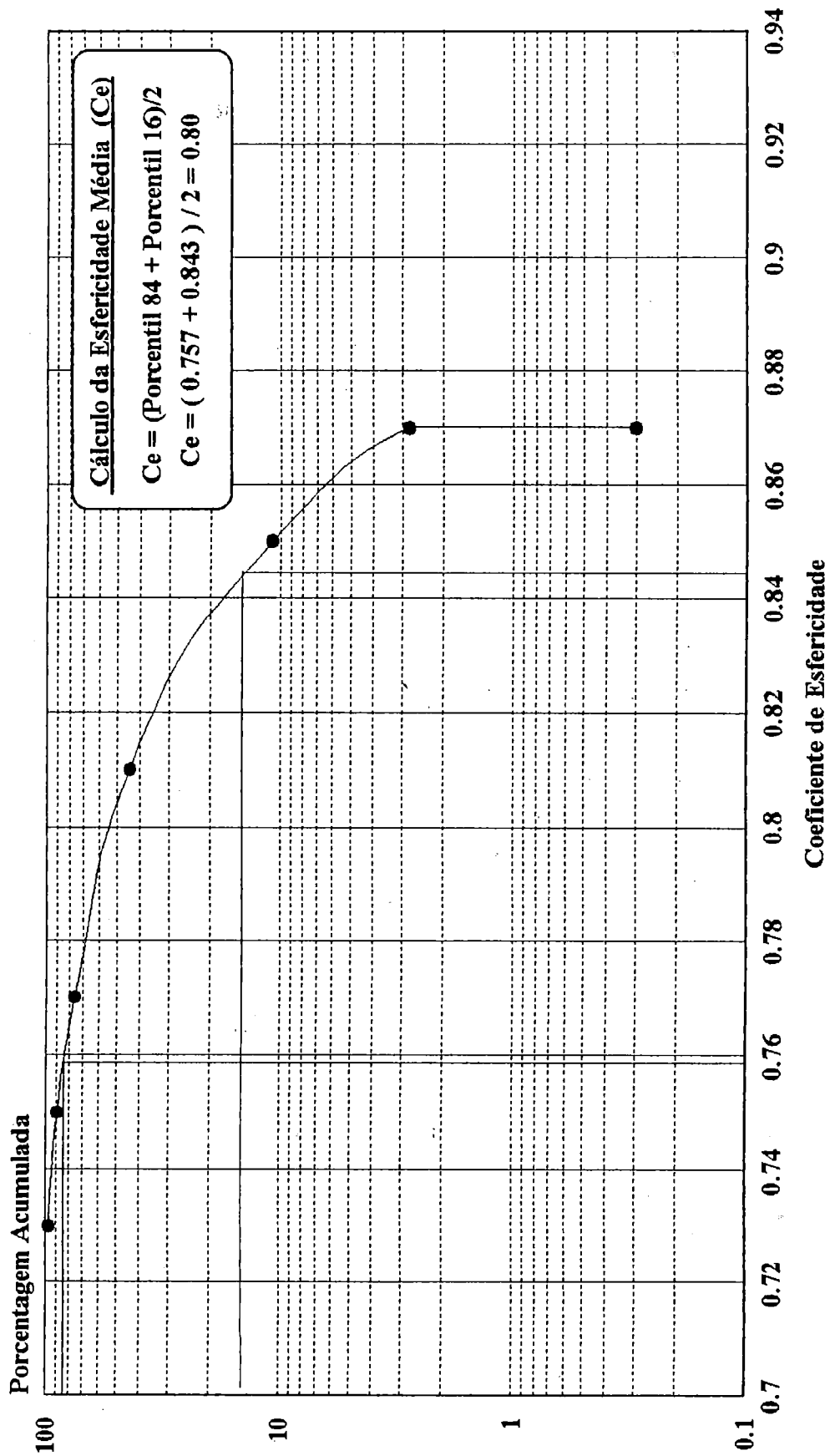


Figura A5 Curva Acumulada de Distribuição da Esfericidade da Areia Utilizada como Meio Filtrante no FLA 1.

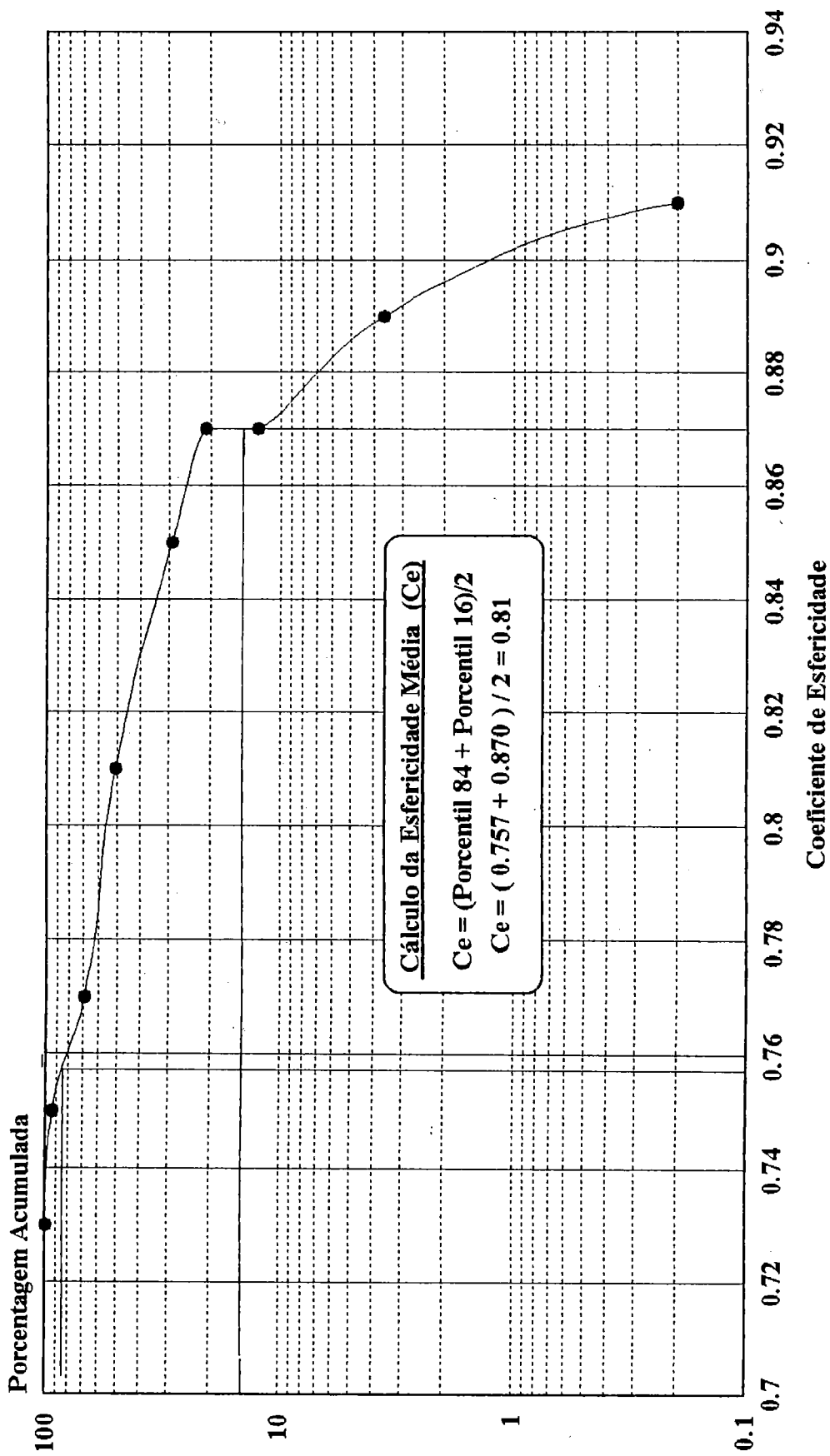


Figura A6 Curva Acumulada de Distribuição da Esfericidade da Areia Utilizada como Meio Filtrante no FLA 2.

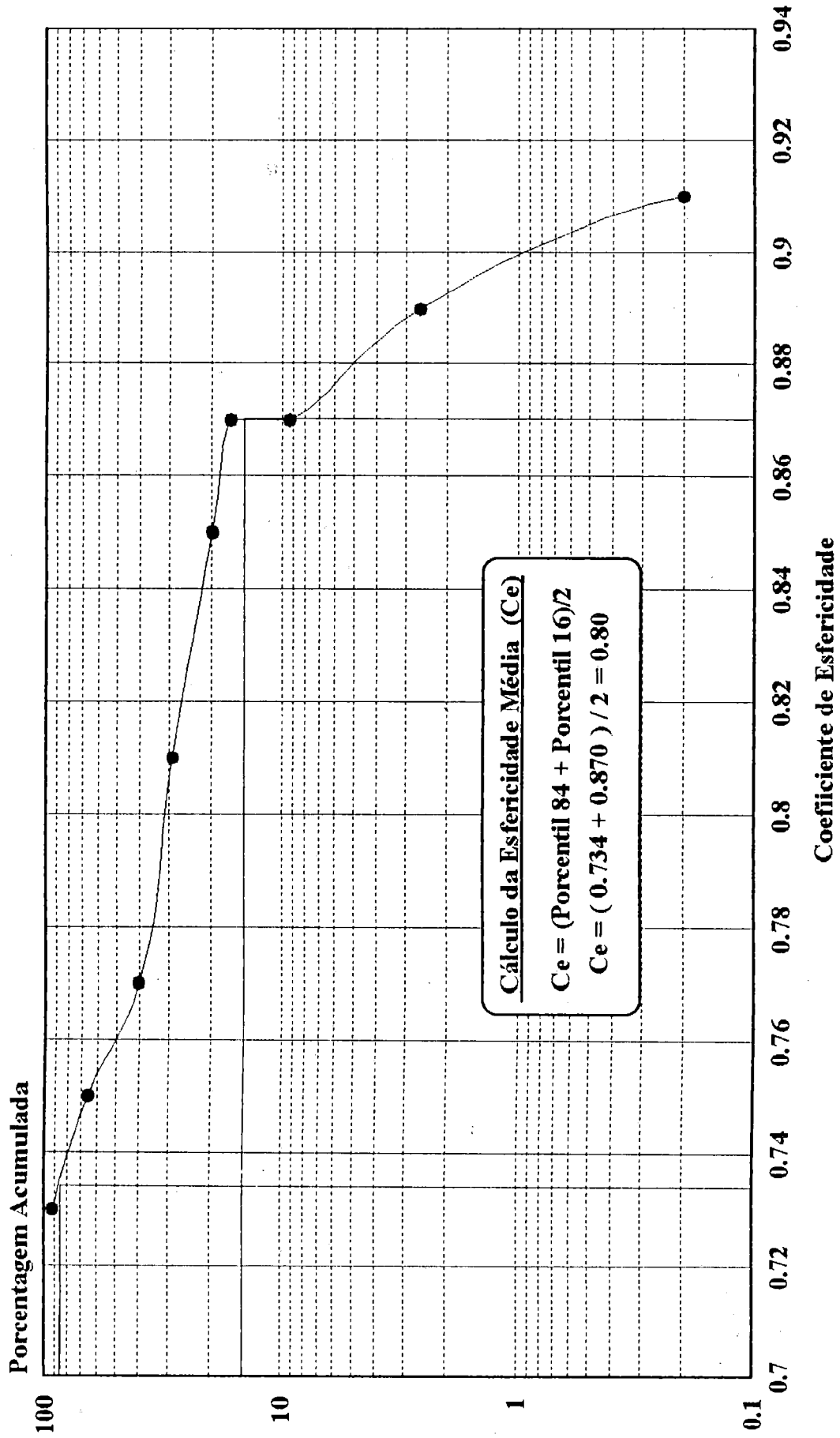


Figura A7 Curva Acumulada de Distribuição da Esfericidade da Areia Utilizada como Meio Filtrante no FLA 3.

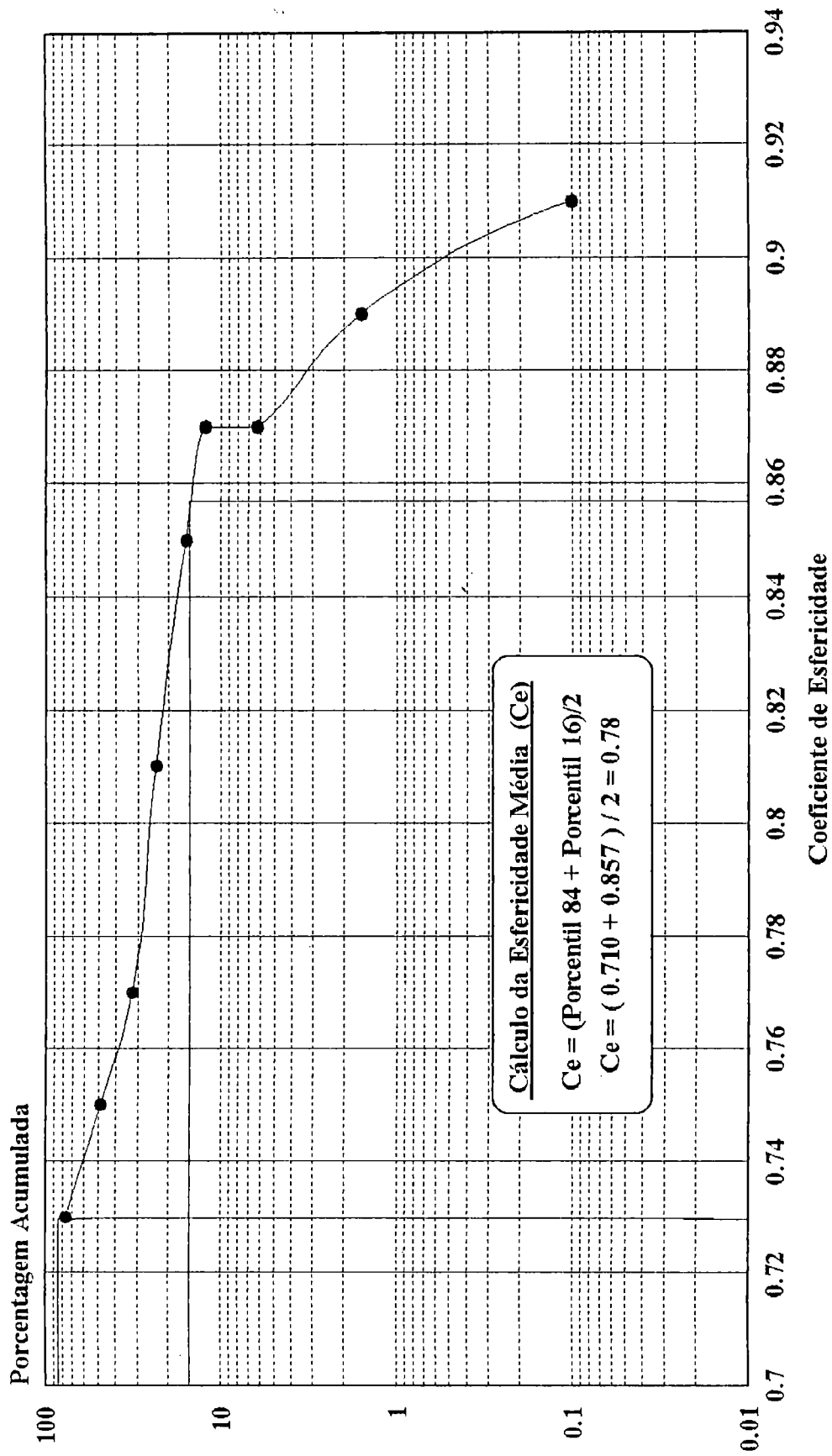


Figura A8 Curva Acumulada de Distribuição da Esfericidade da Areia Utilizada como Meio Filtrante no FLA 4.

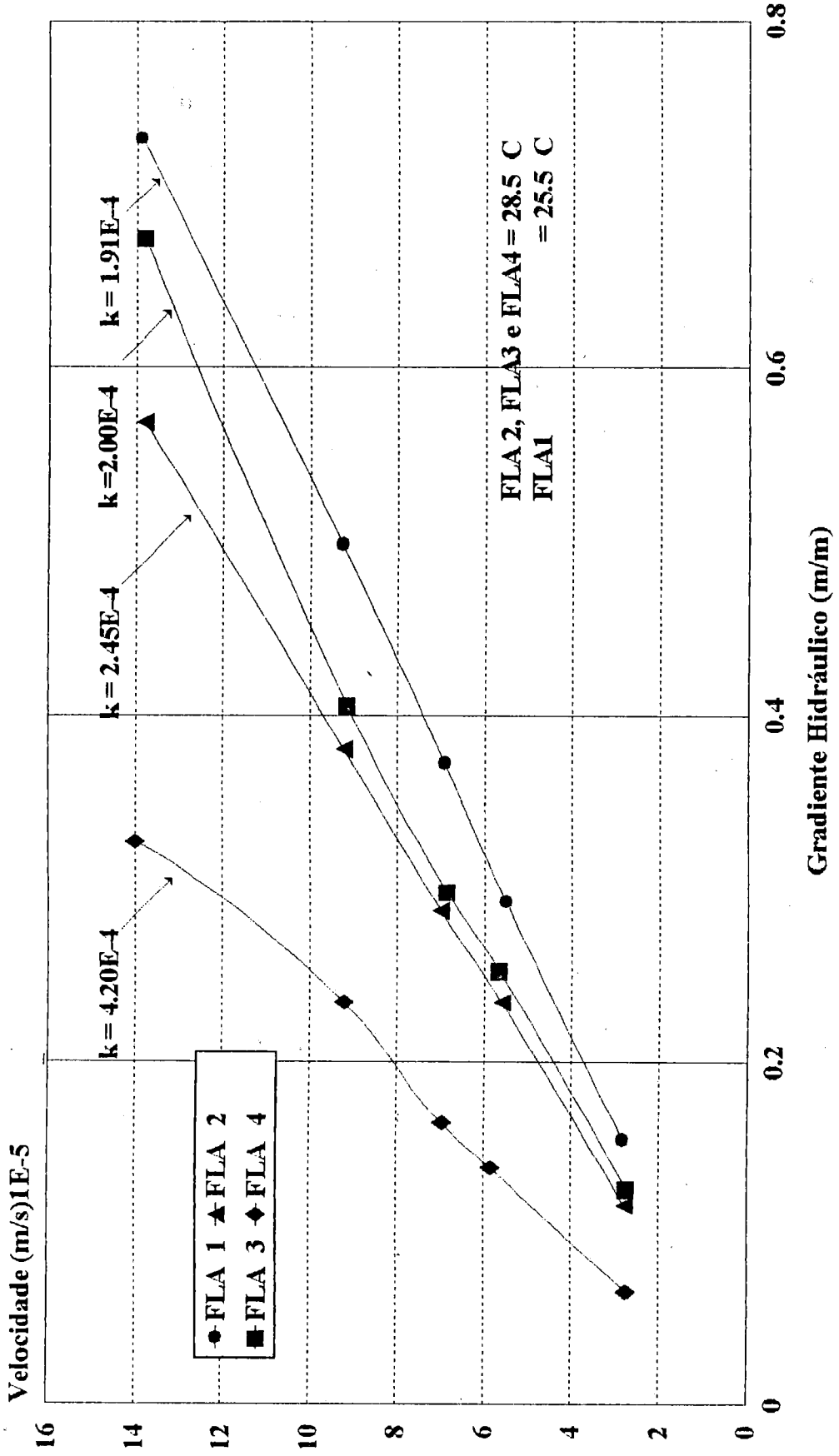


Figura A9 Relação entre a Velocidade e o Gradiante Hidráulico obtido Experimentalmente para os meios filtrantes de Areia Utilizadas nas Unidades de Filtração

APÊNDICE B
Tabelas e Figuras

TABELA B1 Ensaio : 1a

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d.

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: Cu = 2.24 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)	FLA 2: Cu = 2.85 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)	
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		
15/2/94 11:00	0:00													
15/2/94 17:00	6:00	1.437	1.475	1.540	1.615	1.665	0.228	1.392	1.439	1.523	1.620	1.676	0.284	
16/2/94 18:30	31:50	1.438	1.480	1.545	1.625	1.743	0.305	1.394	1.445	1.532	1.635	1.827	0.433	
17/2/94 18:30	55:50	1.436	1.470	1.525	1.592	1.868	0.432	1.392	1.437	1.507	1.597	2.084	0.692	
18/2/94 12:30	73:00	1.415	1.451	1.508	1.573	2.010	0.595	1.397	1.444	1.516	1.610	2.350	0.953	
18/2/94 18:30	79:50	1.415	1.447	1.500	1.569	2.053	0.638	.	.	.	.	.	.
19/2/94 18:30	103:50	1.411	1.442	1.492	1.548	2.199	0.788	.	.	.	.	.	.
20/2/94 10:30	119:50	1.425	1.456	1.505	1.564	2.350	0.925	.	.	.	.	.	.

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA B2 Ensaio : 1a

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d.

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS						Total do filtro (m)	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS						Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro (m)	
15/2/94 11:00	0.00														
15/2/94 17:00	6.00	1.406	1.432	1.472	1.510	1.542	0.136	1.398	1.422	1.477	1.563	1.600	0.202		
16/2/94 18:30	31.50	1.410	1.435	1.477	1.517	1.589	0.179	1.402	1.425	1.483	1.578	1.637	0.235		
17/2/94 18:30	55.50	1.401	1.421	1.453	1.485	1.673	0.272	1.398	1.417	1.461	1.540	1.633	0.235		
18/2/94 12:30	73.00	1.403	1.421	1.455	1.485	1.767	0.384	1.394	1.413	1.455	1.528	1.665	0.271		
18/2/94 18:30	79.50	1.404	1.423	1.455	1.485	1.855	0.451	1.394	1.412	1.450	1.518	1.677	0.283		
19/2/94 18:30	103.50	1.397	1.413	1.442	1.470	1.866	0.469	1.395	1.412	1.446	1.505	1.686	0.291		
20/2/94 10:30	119.50	1.404	1.422	1.449	1.477	1.890	0.486	1.393	1.410	1.445	1.502	1.693	0.300		
20/2/94 18:30	127.50	1.397	1.414	1.444	1.467	1.963	0.566	1.400	1.413	1.447	1.502	1.719	0.319		
21/2/94 18:30	151.50	1.396	1.411	1.443	1.455	2.133	0.737	1.397	1.411	1.440	1.490	1.767	0.370		
22/2/94 14:30	169.50	1.400	1.412	1.428	1.447	2.350	0.950	1.397	1.411	1.438	1.485	1.862	0.465		
23/2/94 18:30	197.50	-	-	-	-	-	-	1.397	1.410	1.437	1.481	2.020	0.623		
24/2/94 7:30	210.50	-	-	-	-	-	-	1.390	1.403	1.427	1.467	2.145	0.755		
25/2/94 18:30	245.50	-	-	-	-	-	-	1.388	1.401	1.422	1.458	2.255	0.867		
26/2/94 11:30	262.50	-	-	-	-	-	-	1.392	1.403	1.422	1.460	2.350	0.958		

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA B3 Ensaio : 1b
 Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento.Taxa de Filtração : 6.0 m3/m2.d.

DATA dd/mm/aa	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: Cu = 2.24 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]	FLA 2: Cu = 2.85 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]						
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)							
4/3/94	16:30																		
4/3/94	21:00	1.435	1.461	1.505	1.562	1.590	0.155	1.401	1.442	1.504	1.598	1.643	0.242						
5/3/94	8:00	1.435	1.464	1.512	1.570	1.601	0.166	1.400	1.444	1.512	1.613	1.665	0.265						
5/3/94	16:30	1.435	1.468	1.531	1.600	1.629	0.194	1.400	1.441	1.494	1.604	1.649	0.249						
6/3/94	10:00	1.435	1.467	1.529	1.600	1.690	0.255	1.399	1.441	1.500	1.632	1.703	0.304						
6/3/94	21:00	1.434	1.467	1.528	1.606	1.790	0.356	1.399	1.441	1.499	1.633	1.799	0.400						
7/3/94	9:00	1.435	1.470	1.530	1.601	1.924	0.489	1.400	1.444	1.495	1.627	1.934	0.534						
8/3/94	8:30	1.434	1.466	1.517	1.578	2.141	0.707	1.390	1.438	1.492	1.627	2.152	0.762						
8/3/94	17:30	1.434	1.463	1.507	1.564	2.228	0.794	1.390	1.435	1.487	1.623	2.239	0.849						
9/3/94	5:30	1.435	1.467	1.518	1.580	2.350	0.915	1.392	1.437	1.490	1.627	2.350	0.958						

TABELA B4 Ensaio : 1b

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d.

DATA dd/mm/aa	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro (m)	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
4/3/94	16:30	1.399	1.417	1.463	1.510	1.543	0.144	1.402	1.414	1.435	1.506	1.546	0.144
4/3/94	21:00	1.398	1.417	1.463	1.509	1.546	0.148	1.397	1.408	1.431	1.505	1.547	0.150
5/3/94	8:00	1.395	1.414	1.456	1.501	1.542	0.147	1.394	1.405	1.426	1.496	1.545	0.151
5/3/94	16:30	1.397	1.414	1.453	1.493	1.549	0.152	1.398	1.408	1.430	1.497	1.563	0.165
6/3/94	10:00	1.396	1.413	1.451	1.491	1.573	0.177	1.399	1.410	1.431	1.499	1.593	0.194
6/3/94	21:00	1.397	1.414	1.450	1.488	1.602	0.205	1.399	1.411	1.433	1.498	1.621	0.222
8/3/94	8:30	1.395	1.410	1.440	1.470	1.630	0.235	1.399	1.410	1.429	1.483	1.662	0.263
8/3/94	17:30	1.395	1.408	1.434	1.461	1.668	0.273	1.398	1.408	1.427	1.476	1.696	0.298
9/3/94	5:30	1.397	1.412	1.440	1.470	1.736	0.339	1.400	1.412	1.432	1.489	1.767	0.367
9/3/94	21:00	1.398	1.410	1.434	1.457	1.786	0.388	1.399	1.410	1.437	1.477	1.807	0.408
10/3/94	7:30	1.402	1.417	1.438	1.465	1.806	0.404	1.394	1.404	1.424	1.474	1.838	0.444
10/3/94	21:30	1.402	1.415	1.436	1.458	1.857	0.455	1.392	1.402	1.420	1.466	1.867	0.475
11/3/94	7:30	1.401	1.413	1.434	1.456	1.860	0.459	1.394	1.405	1.424	1.470	1.899	0.505
11/3/94	21:30	1.400	1.413	1.433	1.454	1.943	0.543	1.394	1.404	1.423	1.468	1.967	0.573
12/3/94	7:30	1.398	1.410	1.429	1.451	1.925	0.527	1.396	1.407	1.425	1.472	1.993	0.597
12/3/94	23:30	1.395	1.405	1.422	1.440	2.005	0.610	1.394	1.403	1.420	1.457	2.038	0.644
13/3/94	10:00	1.398	1.410	1.429	1.452	2.070	0.672	1.395	1.408	1.428	1.474	2.143	0.748
13/3/94	22:30	1.395	1.405	1.423	1.441	2.177	0.782	1.391	1.402	1.418	1.460	2.199	0.808
14/3/94	8:00	1.397	1.409	1.425	1.444	2.186	0.789	1.392	1.403	1.421	1.460	2.234	0.842
14/3/94	23:30	1.395	1.405	1.426	1.438	2.350	0.955	1.391	1.402	1.418	1.457	2.350	0.959

TABELA B5 Ensaio : 1c
 Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d.

DATA dd/mm/aa	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: Cu = 2.24 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro [m]	FLA 2: Cu = 2.85 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro [m]				
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)					
1/4/94	16:30																
1/4/94	20:30	1.240	1.288	1.370	1.452	1.470	0.230	1.235	1.266	1.344	1.443	1.464	0.229				
2/4/94	12:00	1.243	1.300	1.388	1.486	1.520	0.277	1.238	1.273	1.366	1.485	1.523	0.285				
3/4/94	12:00	1.243	1.298	1.380	1.477	1.626	0.383	1.237	1.274	1.371	1.502	1.605	0.368				
4/4/94	12:00	1.241	1.292	1.363	1.468	1.803	0.562	1.236	1.272	1.360	1.477	1.723	0.487				
5/4/94	12:00	1.243	1.290	1.357	1.457	2.025	0.782	1.238	1.275	1.362	1.470	1.890	0.652				
6/4/94	12:00	1.240	1.280	1.337	1.402	2.250	1.010	1.236	1.272	1.347	1.440	2.063	0.827				
7/4/94	12:00	1.240	1.282	1.339	1.405	2.350	1.110	1.235	1.274	1.350	1.448	2.153	0.918				
8/4/94	12:00							1.234	1.270	1.342	1.435	2.350	1.116				

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA B6 Ensaio : 1c

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 6.0m³/m².d.

DATA dd/mm/aa	h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro [m]	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro [m]						
			P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)							
1/4/94	0:00	0:00																		
1/4/94	20:30	4:00	1.226	1.245	1.284	1.320	1.335	0.109	1.241	1.253	1.280	1.348	1.363	0.122						
2/4/94	12:00	15:50	1.228	1.247	1.290	1.326	1.350	0.122	1.244	1.256	1.287	1.364	1.385	0.141						
3/4/94	12:00	27:50	1.228	1.245	1.281	1.315	1.360	0.132	1.244	1.256	1.238	1.361	1.400	0.156						
4/4/94	12:00	39:50	1.226	1.240	1.272	1.300	1.441	0.215	1.244	1.254	1.278	1.350	1.469	0.225						
5/4/94	12:00	51:50	1.230	1.245	1.270	1.300	1.555	0.325	1.242	1.255	1.277	1.345	1.570	0.328						
6/4/94	12:00	63:50	1.225	1.238	1.261	1.284	1.530	0.305	1.237	1.250	1.270	1.325	1.553	0.316						
7/4/94	12:00	75:50	1.225	1.240	1.254	1.288	1.630	0.405	1.237	1.252	1.272	1.331	1.640	0.403						
8/4/94	12:00	87:50	1.223	1.236	1.260	1.287	1.689	0.466	1.239	1.253	1.275	1.335	1.680	0.441						
9/4/94	12:00	99:50	1.226	1.240	1.263	1.337	1.735	0.509	1.240	1.254	1.278	1.337	1.722	0.482						
10/4/94	12:00	111:50	1.226	1.240	1.262	1.345	1.831	0.605	1.240	1.255	1.277	1.368	1.815	0.575						
11/4/94	12:00	123:50	1.227	1.240	1.260	1.354	1.950	0.723	1.240	1.254	1.277	1.399	1.924	0.684						
12/4/94	12:00	135:50	1.227	1.240	1.260	1.354	2.022	0.795	1.238	1.253	1.273	1.402	1.986	0.748						
13/4/94	12:00	147:50	1.228	1.242	1.263	1.360	2.032	0.804	1.240	1.256	1.278	1.413	1.997	0.757						
14/4/94	12:00	159:50	1.227	1.240	1.260	1.365	2.123	0.896	1.237	1.250	1.270	1.413	2.063	0.826						
15/4/94	12:00	171:50	1.228	1.244	1.265	1.350	2.194	0.966	1.247	1.264	1.288	1.435	2.150	0.903						
16/4/94	12:00	183:50																		
17/4/94	12:00	195:50	1.225	1.235	1.254	1.365	2.350	1.125	1.237	1.252	1.275	1.434	2.350	1.113						

TABELA B7 Ensaios : 1a
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA	dd/mm/aa	h:mm	TEMPO DE		TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
			FUNCIONAMENTO (h)	APARENTE						
15/2/94	11:00		0:00							
15/2/94	17:00		6:00		31	130	7.0			26.5
16/2/94	18:30		31:50		32	140	6.8	1.306	0.000	26.5
17/2/94	18:30		55:50		28	150	6.6			26.5
18/2/94	12:30		73:00		25	120	6.7	1.863	0.020	27.0
18/2/94	18:30		79:50		24	140	6.8			27.0
19/2/94	18:30		103:50		22	130	6.8			27.5
20/2/94	10:30		119:50		24	150	6.6	1.805	0.027	27.0
20/2/94	18:30		127:50		24	150	6.8			27.0
21/2/94	18:30		151:50		16	150	6.9			27.0
22/2/94	14:30		169:50		23	120	6.8	1.820	0.029	28.0
23/2/94	18:30		197:50		17	100	6.8			27.0
24/2/94	7:30		210:50		16	90	6.8	1.415	0.017	26.5
25/2/94	18:30		245:50		15	90	6.8			27.0
26/2/94	11:30		262:50		16	100	6.7	1.102	0.010	27.0

TABELA B8 Ensaio : 1a
 Efluente : FLA 1; Cu = 2,24
 Taxa de Filtração : 6,0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
15/2/94	11:00							0,00
15/2/94	17:00	120	6,8			27,5	0,228	6,00
16/2/94	18:30	90	6,7	1,306	0,000	27,0	0,305	31,50
17/2/94	18:30	60	7,1			27,5	0,432	55,50
18/2/94	12:30	50	7,0	0,992	0,000	26,0	0,595	73,00
18/2/94	18:30	40	7,0			28,5	0,638	79,50
19/2/94	18:30	20	6,9			28,5	0,788	103,50
20/2/94	10:30	20	6,8	0,332	0,000	25,5	0,925	119,50

TABELA B9 Ensaio : 1a
 Efluente : FLA 2; Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
15/2/94	11:00							0.00
15/2/94	17:00	125	6.9			27.5	0.284	6.00
16/2/94	18:30	120	6.7	1.104	0.000	27.5	0.433	31.50
17/2/94	18:30	60	7.1			28.0	0.692	55.50
18/2/94	12:30	40	6.8	0.640	0.000	26.0	0.953	73.00

TABELA B10 Ensaio : 1a
 Efluente : FLA 3; Cu = 4.30
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
15/2/94	11:00							0.00
15/2/94	17:00	120	7.0			27.5	0.136	6.00
16/2/94	18:30	115	7.1	1.223	0.000	27.5	0.179	31.50
17/2/94	18:30	60	6.9			28.0	0.272	55.50
18/2/94	12:30	30	6.9	0.610	0.000	26.0	0.364	73.00
18/2/94	18:30	30	6.8			28.5	0.451	79.50
19/2/94	18:30	10	6.8			28.5	0.469	103.50
20/2/94	10:30	15	6.8			25.5	0.486	119.50
20/2/94	18:30	20	6.7	0.326	0.000	28.0	0.566	127.50
21/2/94	18:30	20	7.0			27.5	0.737	151.50
22/2/94	14:30	10	6.8	0.321	0.000	27.5	0.950	169.50

TABELA B11 Ensaio : 1a
 Efluente : FLA 4; Cu = 4,29
 Taxa de Filtração : 6,0 m³/m².d

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	CARGA NA AREIA (m)	PERDA DE FUNCIONAMENTO (h)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
15/2/94	11:00								0,00	
15/2/94	17:00	30,0	125	7,1			27,5	0,202	6,00	
16/2/94	18:30	27,0	110	7,1	1,180	0,000	27,5	0,235	31,50	
17/2/94	18:30	17,0	60	7,0			28,0	0,235	55,50	
18/2/94	12:30	11,0	40	6,9	0,718	0,000	26,0	0,271	73,00	
18/2/94	18:30	8,0	30	7,0			28,5	0,283	79,50	
19/2/94	18:30	2,5	10	6,9			28,5	0,291	103,50	
20/2/94	10:30	3,4	20	6,8			25,5	0,300	119,50	
20/2/94	18:30	3,2	15	6,8	0,310	0,000	28,0	0,319	127,50	
21/2/94	18:30	3,5	15	7,0			28,0	0,370	151,50	
22/2/94	14:30	3,5	15	6,8	0,627	0,000	27,5	0,465	169,50	
23/2/94	18:30	3,0	15	6,8			28,0	0,623	197,50	
24/2/94	7:30	2,6	10	6,8	0,220	0,000	27,0	0,755	210,50	
25/2/94	18:30	2,5	10	6,7			27,5	0,867	245,50	
26/2/94	11:30	2,5	10	6,8	0,107	0,000	27,0	0,958	262,50	

TABELA B12 Ensaios : 1b
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA		TEMPO DE		TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
dd/mm/aa	h:mm	(h)	FUNCIONAMENTO						
4/3/94	16:30	0.00							
4/3/94	21:00	4.50		27.0	130	6.9			25.0
5/3/94	8:00	15.50		25.0	130	6.9	1.700	0.100	25.0
5/3/94	16:30	24.00							25.0
6/3/94	10:00	42.00		36.0	190	6.8	1.623	0.020	24.5
6/3/94	21:00	53.00							24.0
7/3/94	9:00	65.00		35.0	200	6.8	1.702	0.020	23.0
8/3/94	8:30	88.50							23.0
8/3/94	17:30	97.50		35.0	170	6.9			25.0
9/3/94	5:30	109.50		30.0	150	6.9	1.568	0.010	23.0
9/3/94	21:00	125.00							24.0
10/3/94	7:30	135.50							25.5
10/3/94	21:30	149.50		22.0	120	6.9	1.375	0.010	25.0
11/3/94	7:30	159.50							25.5
11/3/94	21:30	173.50		18.0	60	6.9			25.0
12/3/94	7:30	183.50							26.0
12/3/94	23:30	197.50		18.0	60	6.9	1.188	0.028	25.0
13/3/94	10:00	208.00							26.0
13/3/94	22:30	221.50		14.0	50	6.9			25.0
14/3/94	8:00	231.00							25.5
14/3/94	23:30	246.50		12.0	90	6.7	0.996	0.007	26.0

TABELA B13 Ensaio : 1b
 Efluente : FLA 1; Cu = 2.24
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
4/3/94	16:30							0.00
4/3/94	21:00	90	6.9			23.0	0.155	4.50
5/3/94	8:00	90	6.9	1.070	0.000	23.0	0.166	15.50
5/3/94	16:30					25.0	0.194	24.00
6/3/94	10:00	115	7.0	1.060	0.000	22.5	0.255	42.00
6/3/94	21:00					22.5	0.356	53.00
7/3/94	9:00	100	7.0	1.702	0.000	22.5	0.489	65.00
8/3/94	8:30	30	6.8			22.5	0.707	88.50
8/3/94	17:30	30	6.9	1.054	0.000	24.5	0.794	97.50
9/3/94	5:30					23.0	0.915	109.50

TABELA B14 Ensaio : 1b
 Efluente : FLA 2; Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE	(UC)	TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)			(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
4/3/94	16:30							0.00
4/3/94	21:00	18	90			23.0	0.242	4.50
5/3/94	8:00	17	90	1.000	0.000	23.0	0.265	15.50
5/3/94	16:30					25.0	0.249	24.00
6/3/94	10:00	24	110	1.032	0.000	22.5	0.304	42.00
6/3/94	21:00					22.5	0.400	53.00
7/3/94	9:00	20	90	0.648	0.000	23.0	0.534	65.00
8/3/94	8:30					22.5	0.762	88.50
8/3/94	17:30	14	30			24.5	0.849	97.50
9/3/94	5:30	11	30	0.640	0.000	23.0	0.958	109.50

TABELA B15 Ensaio : 1b
 Efluente : FLA 3; Cu = 4,30
 Taxa de Filtração : 6,0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	PH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
4/3/94	16:30							0,00
4/3/94	21:00	90	6,9			23,0	0,144	4,50
5/3/94	8:00	90,0	7,0	1,050	0,000	23,0	0,148	15,50
5/3/94	16:30					25,0	0,147	24,00
6/3/94	10:00	115,0	6,9	1,124	0,000	22,5	0,152	42,00
6/3/94	21:00					22,5	0,177	53,00
7/3/94	9:00	100,0	6,8	0,670	0,000	22,5	0,205	65,00
8/3/94	8:30					22,5	0,235	88,50
8/3/94	17:30	40,0	6,8			24,5	0,273	97,50
9/3/94	5:30	30,0	6,9	0,540	0,000	23,0	0,339	109,50
9/3/94	21:00					23,0	0,388	125,00
10/3/94	7:30					24,0	0,404	135,50
10/3/94	21:30	15,0	6,9	0,328	0,000	25,0	0,455	149,50
11/3/94	7:30					25,0	0,459	159,50
11/3/94	21:30	15,0	6,8			25,0	0,543	173,50
12/3/94	7:30					24,0	0,527	183,50
12/3/94	23:30	5,0	6,7	0,170	0,000	24,0	0,610	197,50
13/3/94	10:00					24,0	0,672	208,00
13/3/94	22:30	2,5	6,8			24,0	0,782	221,50
14/3/94	8:00					25,5	0,789	231,00
14/3/94	23:30	2,5	6,6	0,187	0,000	26,0	0,955	246,50

TABELA B16 Ensaio : 1b
 Efluente : FLA 4; Cu = 4.29
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE	(UC)	TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)			(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
4/3/94	16:30							0.00
4/3/94	21:00	17	90			23.0	0.144	4.50
5/3/94	8:00	16.0	90.0	1.080	0.000	23.0	0.150	15.50
5/3/94	16:30					25.0	0.151	24.00
6/3/94	10:00	25.0	115.0	1.070	0.000	22.5	0.165	42.00
6/3/94	21:00					22.5	0.194	53.00
7/3/94	9:00	22.0	100.0	0.700	0.000	22.5	0.222	65.00
8/3/94	8:30					22.5	0.263	88.50
8/3/94	17:30	15.0	40.0			24.5	0.298	97.50
9/3/94	5:30	10.0	30.0	0.400	0.000	23.0	0.367	109.50
9/3/94	21:00					23.0	0.408	125.00
10/3/94	7:30					24.0	0.444	135.50
10/3/94	21:30	6.0	10.0	0.260	0.000	25.0	0.475	149.50
11/3/94	7:30					25.0	0.505	159.50
11/3/94	21:30	3.8	20.0			25.0	0.573	173.50
12/3/94	7:30					24.0	0.597	183.50
12/3/94	23:30	2.0	3.0	0.232	0.000	24.0	0.644	197.50
13/3/94	10:00					24.0	0.748	208.00
13/3/94	22:30	2.6	5.0			24.0	0.808	221.50
14/3/94	8:00					25.5	0.842	231.00
14/3/94	23:30	1.2	5.0	0.220	0.000	26.0	0.959	246.50

TABELA B17 Ensaios : 1c
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA	FUNÇIONAMENTO		TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
	dd/mm/aa	h:mm							TEMPO DE (h)
1/4/94	16:30	0.00						
1/4/94	20:30	4.00	80	400	6.9			25.0
2/4/94	12:00	15.50	88	400	6.9	1.315	0.023	25.0
3/4/94	12:00	27.50	68	300	6.2			23.0
4/4/94	12:00	39.50	55	250	6.5	1.418	0.015	23.5
5/4/94	12:00	51.50	37	200	7.0			24.0
6/4/94	12:00	63.50	30	150	6.9	1.315	0.013	23.5
7/4/94	12:00	75.50	27	150	6.6	1.258	0.012	23.5
8/4/94	12:00	87.50	22	150	7.0			22.0
9/4/94	12:00	99.50	18	120	7.2			22.0
10/4/94	12:00	111.50	15	100	7.3	1.070	0.001	22.5
11/4/94	12:00	123.50	13	100	7.2			22.5
12/4/94	12:00	135.50	12	80	7.1	0.928	0.001	22.5
13/4/94	12:00	147.50	11	90	7.1			23.5
14/4/94	12:00	159.50	10	80	7.3	0.947	0.012	23.5
15/4/94	12:00	171.50	56	250	6.9			23.0
16/4/94	12:00	183.50	-	-	-			-
17/4/94	12:00	195.50	110	500	6.9	1.225	0.001	25.0

(-) Filtro Fora de Operação. Problema no Suministro de Energia.

TABELA B18 Ensaio : 1c
 Efluente : FLA 1; Cu = 2.24
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA		TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	(uT)	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
			(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
1/4/94	16:30								0.00
1/4/94	20:30	58	250				24.5	0.230	4.00
2/4/94	12:00	58.00	250	6.8	0.98	0.001	24.5	0.277	15.50
3/4/94	12:00	58.00	250	7.00			23.0	0.383	27.50
4/4/94	12:00	40.00	160	6.90	0.932	N.D	25.0	0.562	39.50
5/4/94	12:00	25.00	120	7.10			25.5	0.782	51.50
6/4/94	12:00	8.00	50	6.80	0.526	N.D	22.0	1.010	63.50
7/4/94	12:00	7.00	50	6.80	0.54	N.D	22.0	1.110	75.50

TABELA B19 Ensaio : 1c
 Efluente : FLA 2; Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
1/4/94	16:30							0.00
1/4/94	20:30	220	6.9			24.5		4.00
2/4/94	12:00	220	6.9	0.968	0.004	24.5	0.285	15.50
3/4/94	12:00	250	7.0			23.0	0.368	27.50
4/4/94	12:00	160	7.0	1.143	0.000	25.0	0.487	39.50
5/4/94	12:00	100	7.1			25.5	0.652	51.50
6/4/94	12:00	50	6.8	0.650	0.000	22.0	0.827	63.50
7/4/94	12:00	40	6.7	0.490	0.000	22.0	0.918	75.50
8/4/94	12:00	40	6.8			20.0	1.116	87.50

TABELA B20 Ensaio : 1c
 Efluente : FLA 3; Cu = 4,30
 Taxa de Filtração : 6,0 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
1/4/94	16:30							0,00
1/4/94	20:30	300,0	6,9			24,5	0,109	4,00
2/4/94	12:00	300,0	6,9	1,000	0,003	24,5	0,122	15,50
3/4/94	12:00	250,0	7,0			23,0	0,132	27,50
4/4/94	12:00	160,0	6,7	1,140	0,000	25,0	0,215	39,50
5/4/94	12:00	120,0	7,1			25,5	0,325	51,50
6/4/94	12:00	40,0	6,7	0,500	0,000	22,0	0,305	63,50
7/4/94	12:00	50,0	6,7	0,475	0,000	22,0	0,405	75,50
8/4/94	12:00	50,0	6,8			20,0	0,466	87,50
9/4/94	12:00	12,5	7,2			20,0	0,509	99,50
10/4/94	12:00	10,0	7,4	0,136	0,000	21,0	0,605	111,50
11/4/94	12:00	10,0	7,3			21,0	0,723	123,50
12/4/94	12:00	0,9	7,2	0,220	0,000	24,0	0,795	135,50
13/4/94	12:00	0,9	7,1			22,5	0,804	147,50
14/4/94	12:00	0,7	7,1	0,044	0,000	23,0	0,896	159,50
15/4/94	12:00	7,3	6,9			22,0	0,966	171,50
16/4/94	12:00	-	-			-	-	183,50
17/4/94	12:00	50,0	7,1	0,580	0,000	23,0	1,125	195,50

TABELA B21 Ensaio : 1c
 Efluente : FLA 4; Cu = 4.29
 Taxa de Filtração : 6.0 m³/m².d

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
1/4/94	0:00								0.00
1/4/94	20:30	60.00	220	6.9				0.122	4.00
2/4/94	12:00	60.00	250	6.9	1.202	0.009	24.5	0.141	15.50
3/4/94	12:00	60.00	250	6.9			23.0	0.156	27.50
4/4/94	12:00	40.00	160	6.7	1.068	0.000	25.0	0.225	39.50
5/4/94	12:00	25.00	120	7.1			25.5	0.328	51.50
6/4/94	12:00	6.70	50	6.8	0.550	0.000	22.0	0.316	63.50
7/4/94	12:00	6.40	50	6.8	0.450	0.000	22.0	0.403	75.50
8/4/94	12:00	4.40	50	6.8			20.0	0.441	87.50
9/4/94	12:00	1.60	10	7.1			20.0	0.482	99.50
10/4/94	12:00	1.50	10	7.1	0.153	0.000	21.0	0.575	111.50
11/4/94	12:00	1.20	10	7.1			21.0	0.684	123.50
12/4/94	12:00	0.85	5	7.0	0.051	0.000	24.0	0.748	135.50
13/4/94	12:00	0.85	5	7.2			22.5	0.757	147.50
14/4/94	12:00	0.65	2.5	7.1	0.001	0.000	23.0	0.826	159.50
15/4/94	12:00	8.50	40	6.9			22.0	0.903	171.50
16/4/94	12:00	-	-	-	-	-	-	-	183.50
17/4/94	12:00	50.00	180	7.1	0.492	0.000	23.0	1.113	195.50

Tabela B22 Ensaio (1a)
 Taxa de Filtração 6m3/m2.d
 Número Total de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 40.30 µm				
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
73	979328	421385	520729	318415	304410
103.5	1038631	375939	-	444007	126399
127.5	1045361	417156	-	186401	268780
169.5	869746	-	-	190681	120738
210.5	593375	-	-	-	112343
262.5	829963	-	-	-	247162

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

Tabela B23 Ensaio (1a)
 Taxa de Filtração 6m3/m2.d
 Número de partículas/ml da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 5.04 µm				
	Água bruta	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
73	973405	419343	519296	316997	303740
103.5	1033066	375345	-	443551	126165
127.5	1041056	416479	-	186160	268453
169.5	864341	-	-	190159	120530
210.5	589759	-	-	-	112010
262.5	826964	-	-	-	246733

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

Tabela B24 Ensaio (1a)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número de partículas/ml da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6.35 a 12.7 µm		
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)	
		FLA1:2.24	FL2:285
		FL3:4.30	FLA4:4.29
73	5778	1913	1304
103.5	5432	551	428
127.5	4182	647	231
169.5	5237	-	489
210.5	3542	-	-
262.5	2921	-	-

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

Tabela B25 Ensaio (1 a)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número total de partículas/ml, da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas entre 16,0 a 40,30 um					
	Água bruta	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)
73	145	129	129	127	47	
103.5	133	43	-	28	14	
127.5	123	30	-	10	12	
169.5	168	-	-	33	15	
210.5	74	-	-	-	18	
262.5	78	-	-	-	34	

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação

TABELA B26 Ensaio (1b)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número Total de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 40.30 µm				
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
42	794160	252993	210060	120644	124981
97.5	412404	224570	150629	9303	132064
125	374069	105250	78348	99192	65999
149	433274	-	-	118602	122578
183	233793	-	-	81116	207988
246.5	615330	-	-	158506	226440

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

Tabela B27 Ensaio (1b)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 5.04 µm			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
42	785483	251965	209196	119829
97.5	404470	223437	150307	9154
125	370760	105011	77910	98938
149	429108	-	-	118360
183	230186	-	-	81005
246.5	610946	-	-	158357

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação

TABELA B28 Ensaio (1b)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,7 µm			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
			FLA1:2.24	FL2:285
			FL3:4.30	FLA4:4.29
42	8547	975	844	804
97.5	7805	1098	302	142
125	3250	232	409	230
149	4049	-	-	226
183	3594	-	-	106
246.5	4308	-	-	145
				1775
				408
				150
				200
				324
				214

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

TABELA B29 Ensaio (1b)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho					
	Médio 16.0 a 40.30 µm					
Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)					
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29		
42	130	53	20	11	17	
97.5	129	35	20	7	18	
125	59	7	29	24	5	
149	117	-	-	16	9	
183	38	-	-	5	12	
246.5	76	-	-	4	7	

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

Tabela B30 Ensaio (1c)
 Taxa de Filtração 6m3/m2.d
 Número Total de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 40.30 µm			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)	FLA1:2.24	FLA4:4.29
15.5	71279		FL2:285	FL3:4.30
39.5	498128	345579	250937	314940
75.5	452274	280965	213172	173828
87.5	331349	21984	150522	101736
111.5	286938	-	72035	75075
123.5	303876	-	-	87616
135.5	475053	-	-	94582
147.5	1497679	-	-	63820
		-	-	159559
				292252
				215860
				431405
				124939
				60917
				61713
				58463
				180827

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

Tabela B31 Ensaio (1c)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 5.04 µm		Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
	Água bruta		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
15.5	705967		344982	250622	314479	291884
39.5	492755		280681	212927	173676	215707
75.5	448681		21706	150222	101597	431155
87.5	328363		-	71877	74977	124738
111.5	283736		-	-	87503	60756
123.5	301050		-	-	94497	61641
135.5	469931		-	-	63770	58413
147.5	1490627		-	-	159345	180231

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação.

Tabela B32 Ensaio (1c)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6.35 a 12.7 um	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
			FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
15.5	6655	584	307	450	360	
39.5	5275	270	237	148	149	
75.5	3480	265	279	130	226	
87.5	2933	-	153	94	194	
111.5	3162	-	-	106	157	
123.5	2756	-	-	81	69	
135.5	5009	-	-	48	48	
147.5	6979	-	-	209	590	

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação

Tabela B33 Ensaio (1c)
 Taxa de Filtração 6m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o efluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16.0 a 40.30 µm	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)				
			FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29	
15.5	107	13	8	11	8		
39.5	98	14	8	4	4		
75.5	113	13	21	9	24		
87.5	53	-	5	4	7		
111.5	40	-	-	7	4		
123.5	70	-	-	4	3		
135.5	113	-	-	2	2		
147.5	73	-	-	5	6		

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação

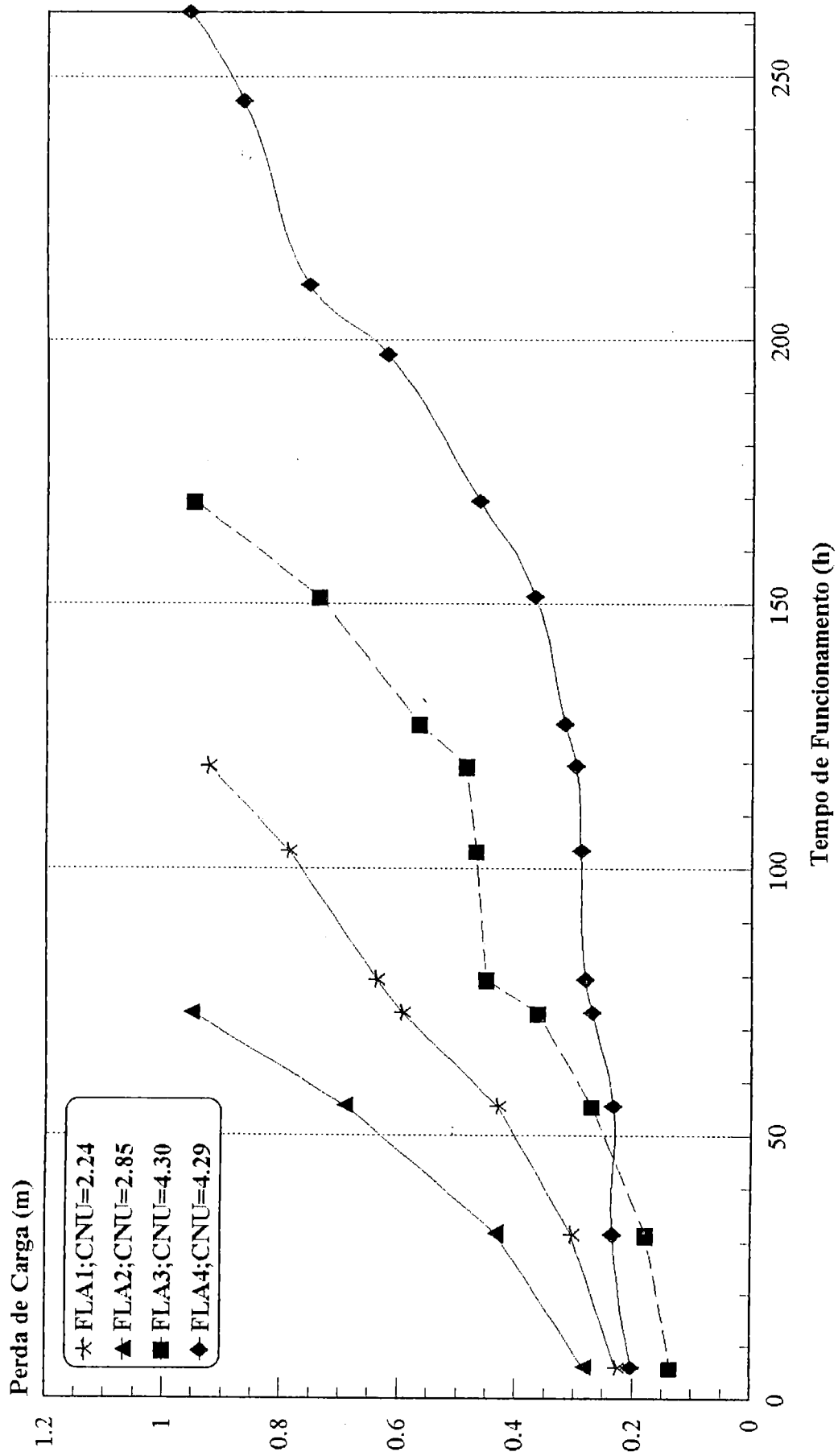


Figura B1 Variação da Perda de Carga Durante o Funcionamento dos Filtros para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a).

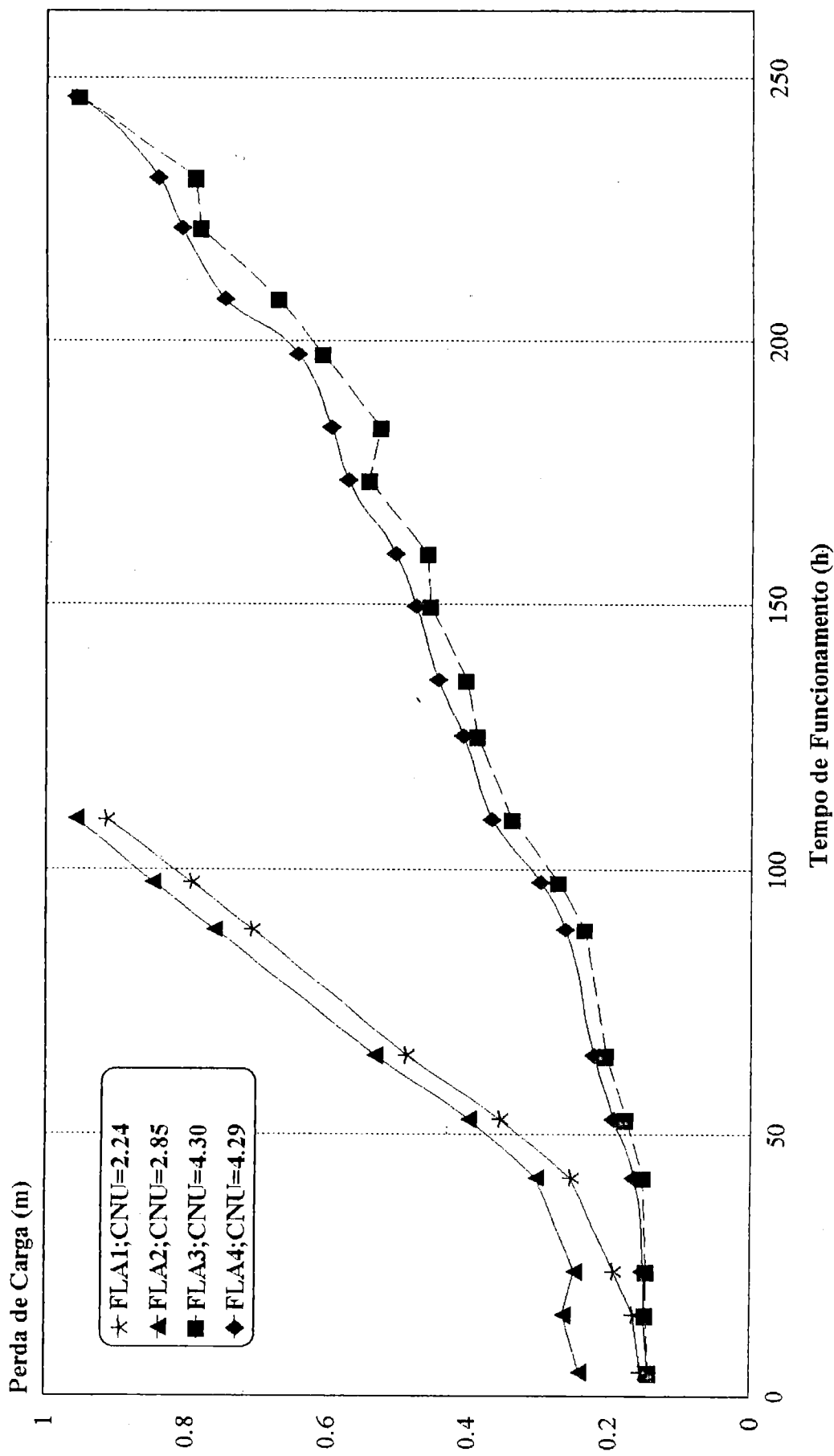


Figura B2 Variação da Perda de Carga Durante o Tempo de Funcionamento dos Filtros para uma Taxa de Filtração de 6m³/m².d no Ensaio (1b).

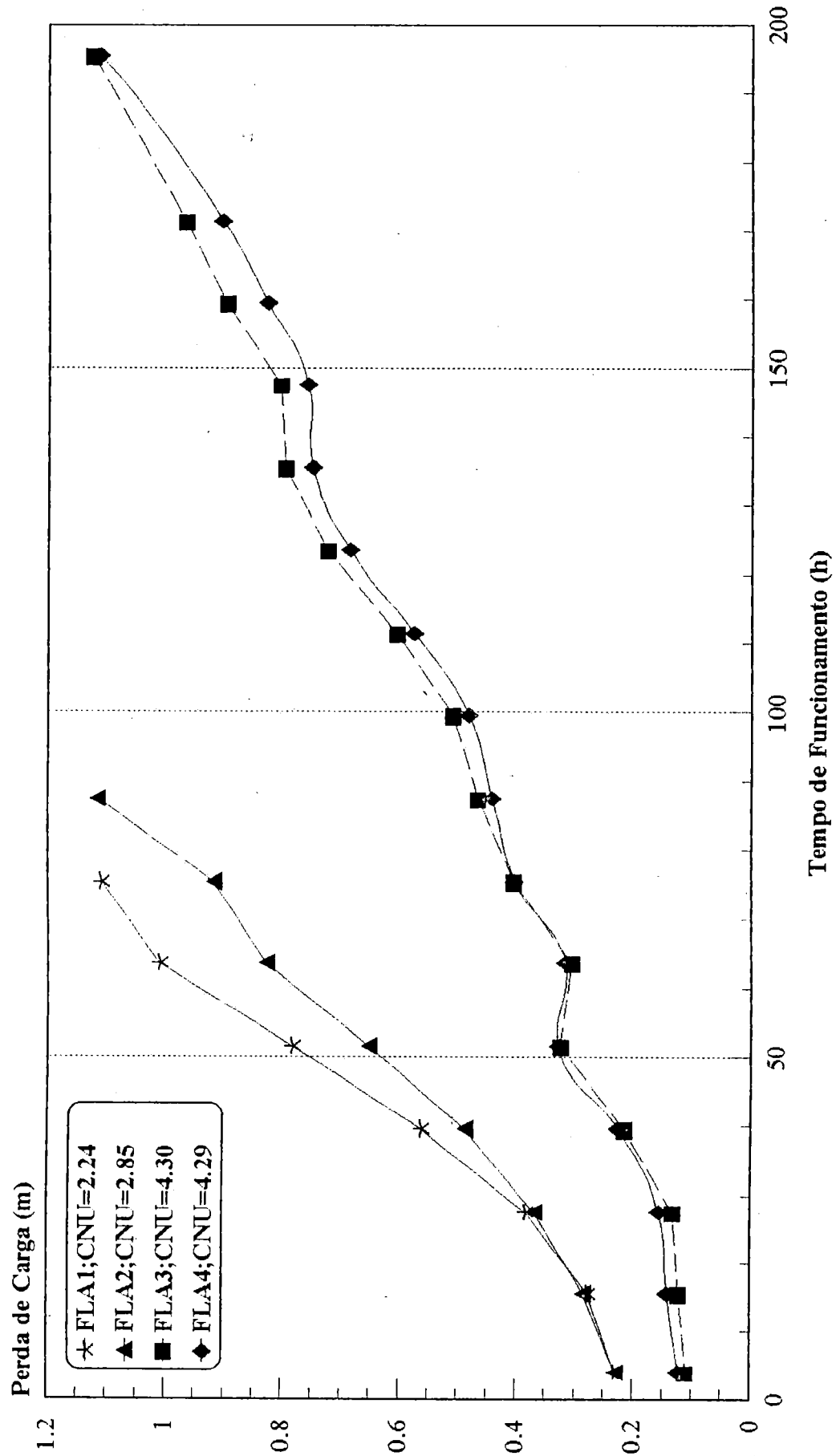


Figura B3 Variação da Perda de Carga Durante o Funcionamento dos Filtros para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c).

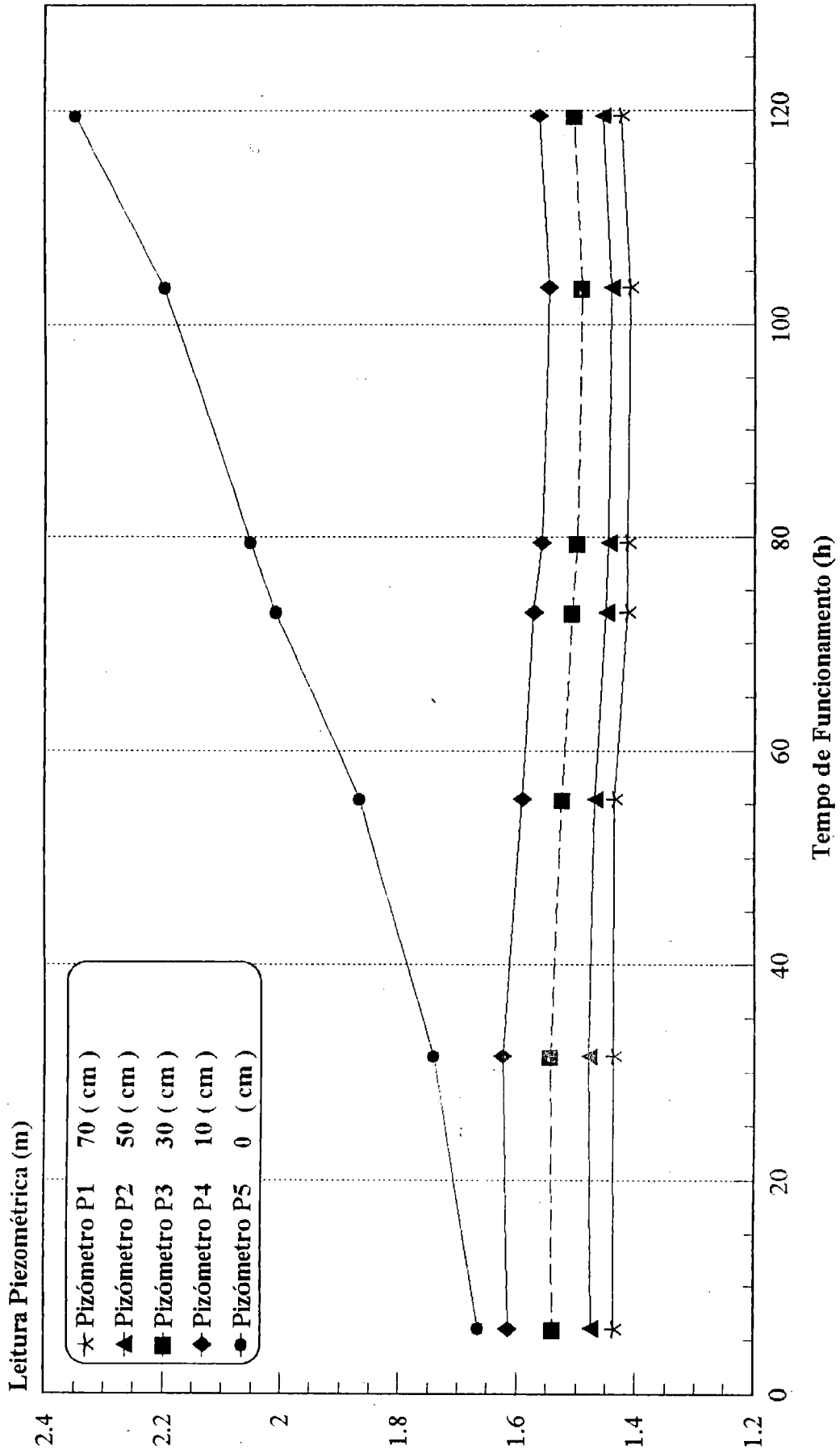


Figura B4 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 1 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a)

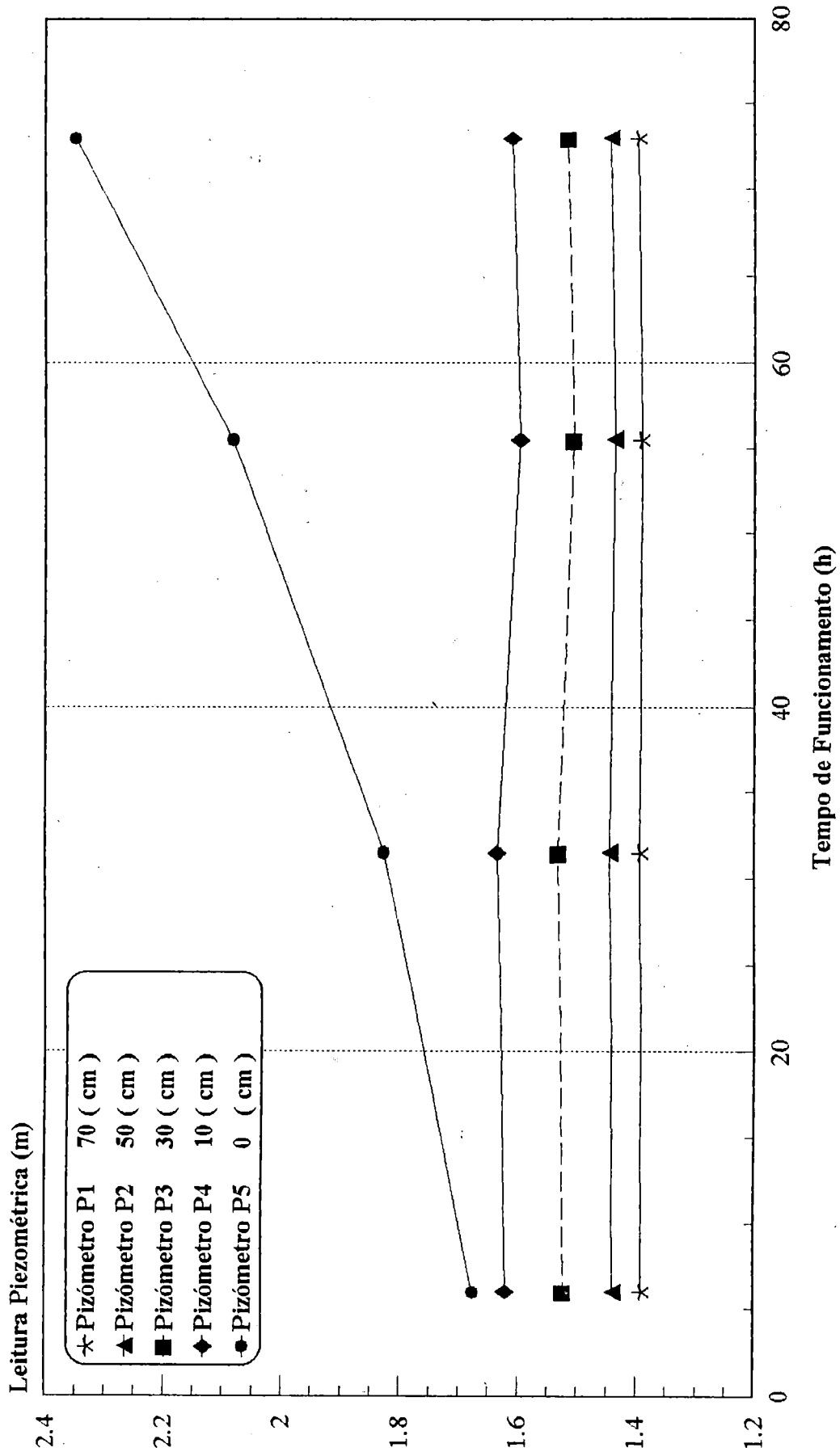


Figura B5 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 2 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a)

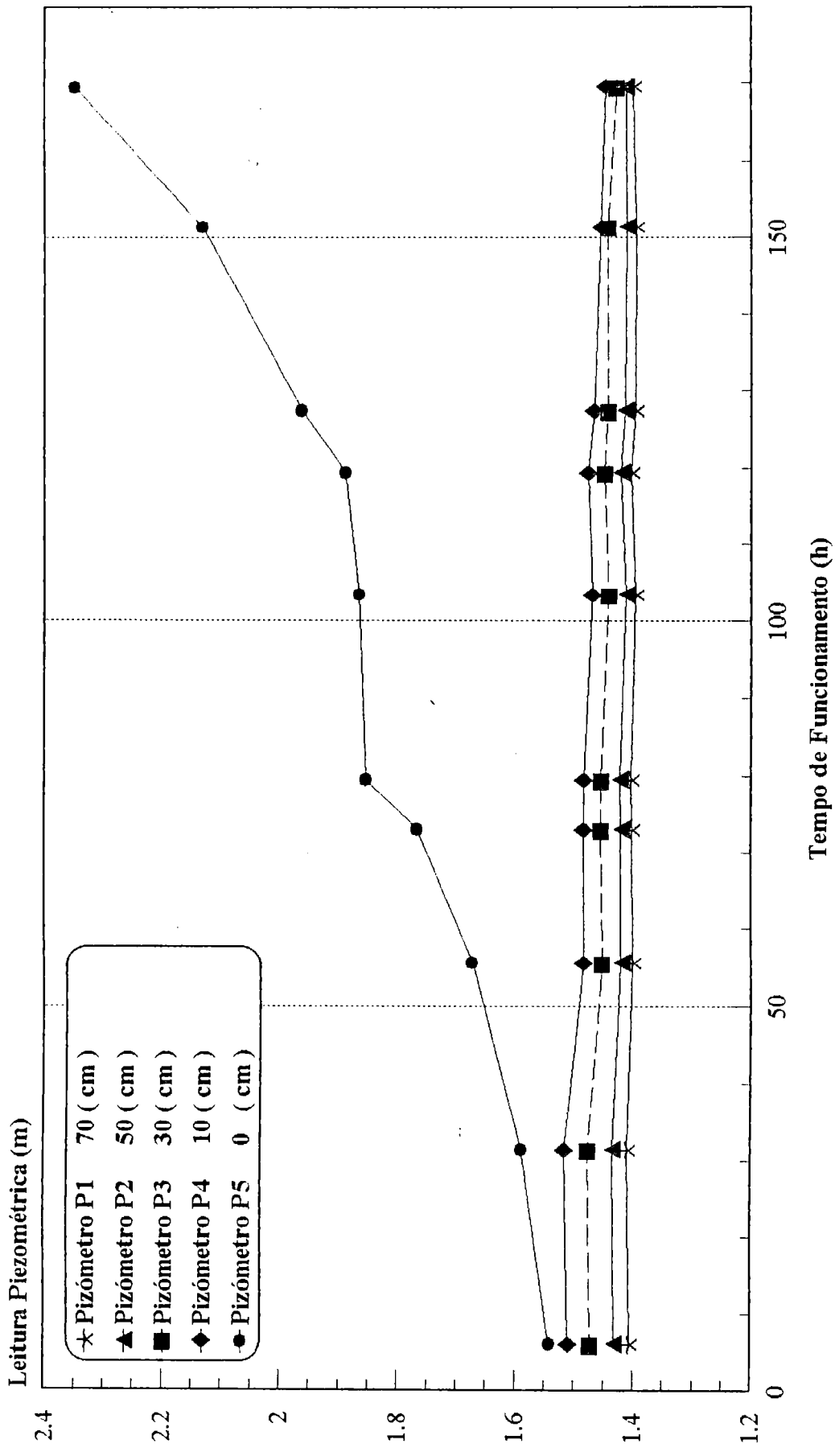


Figura B6 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 3 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a)

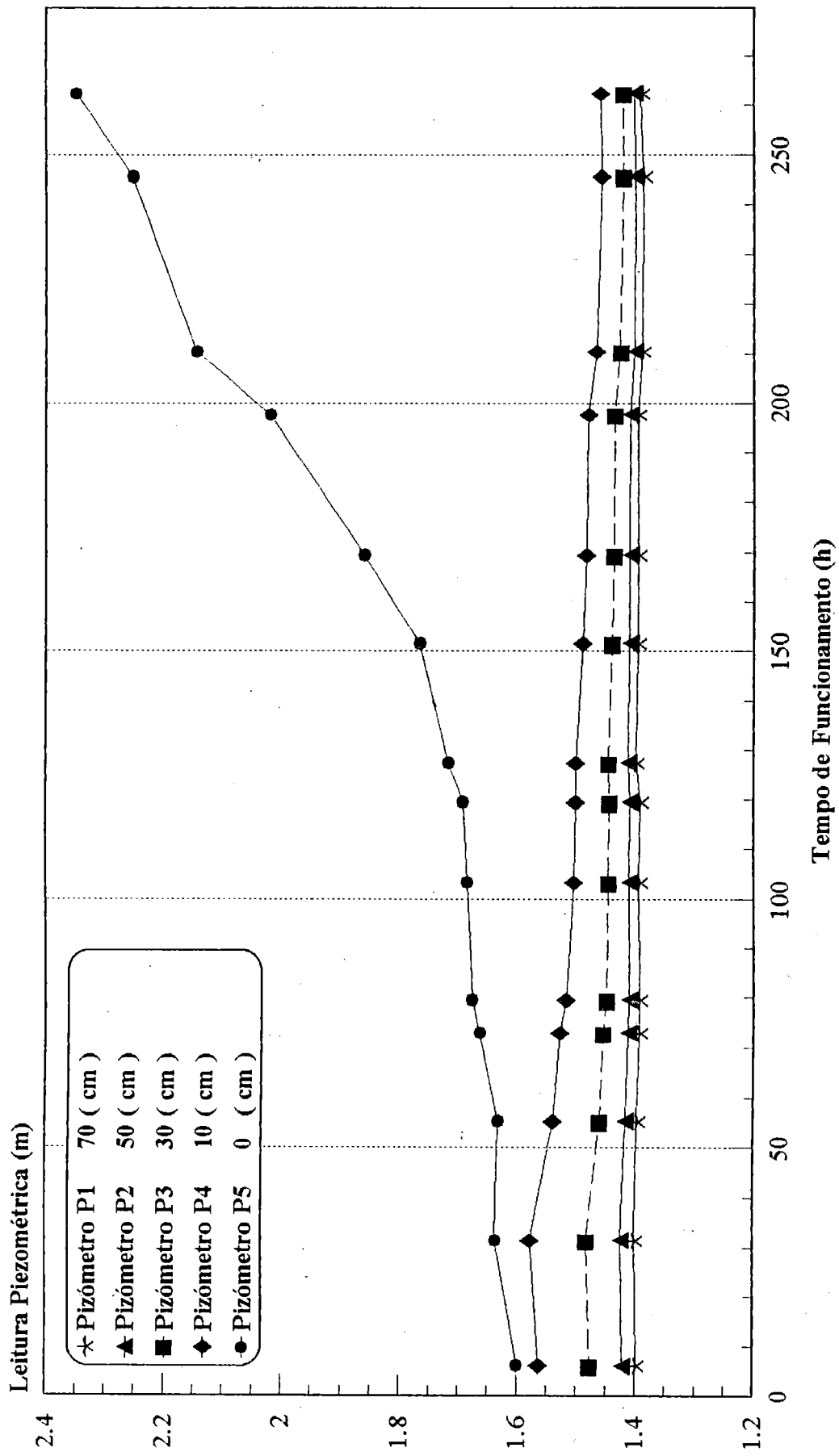


Figura B7 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 4 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a).

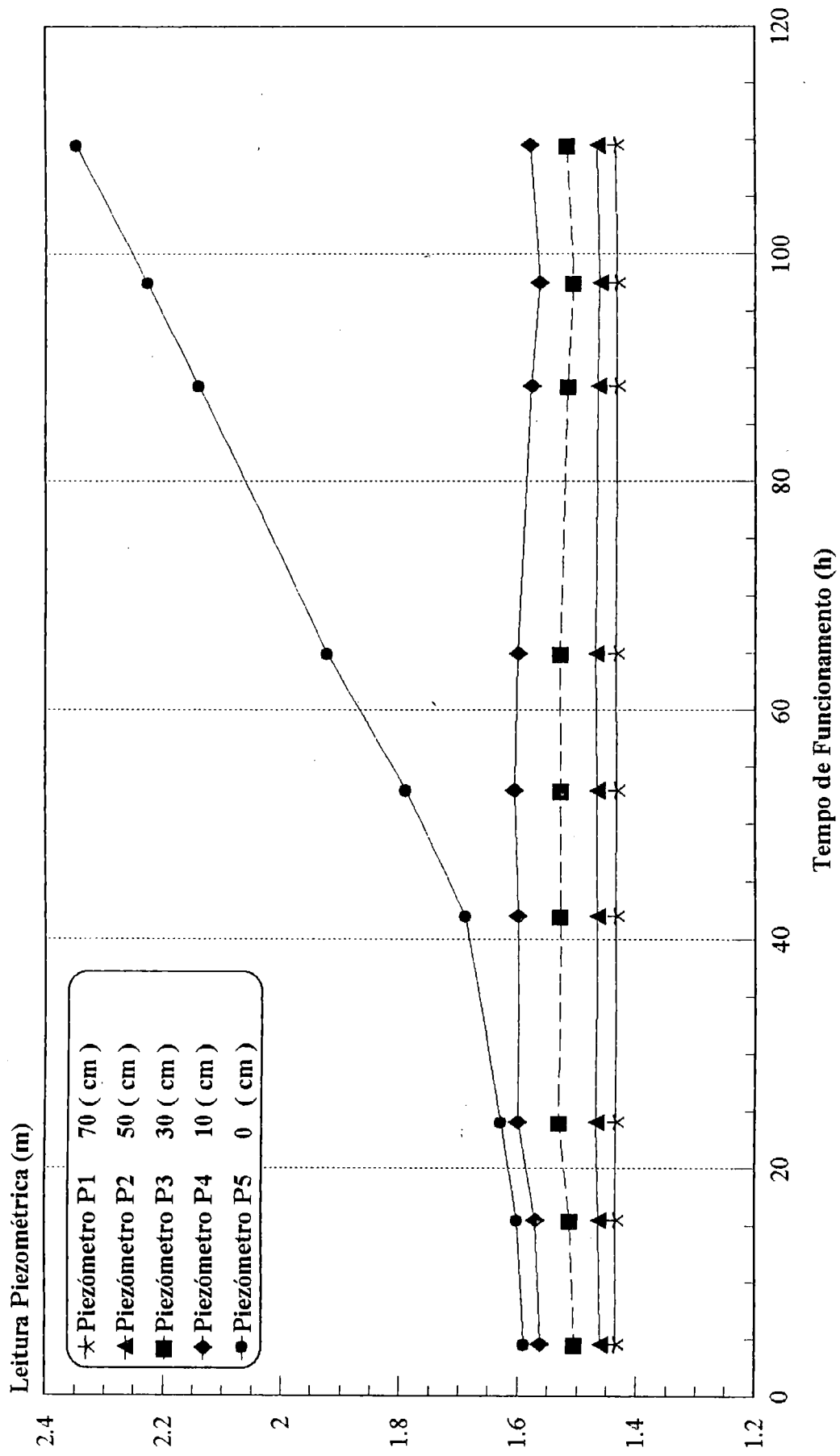


Figura B8 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 1 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b)

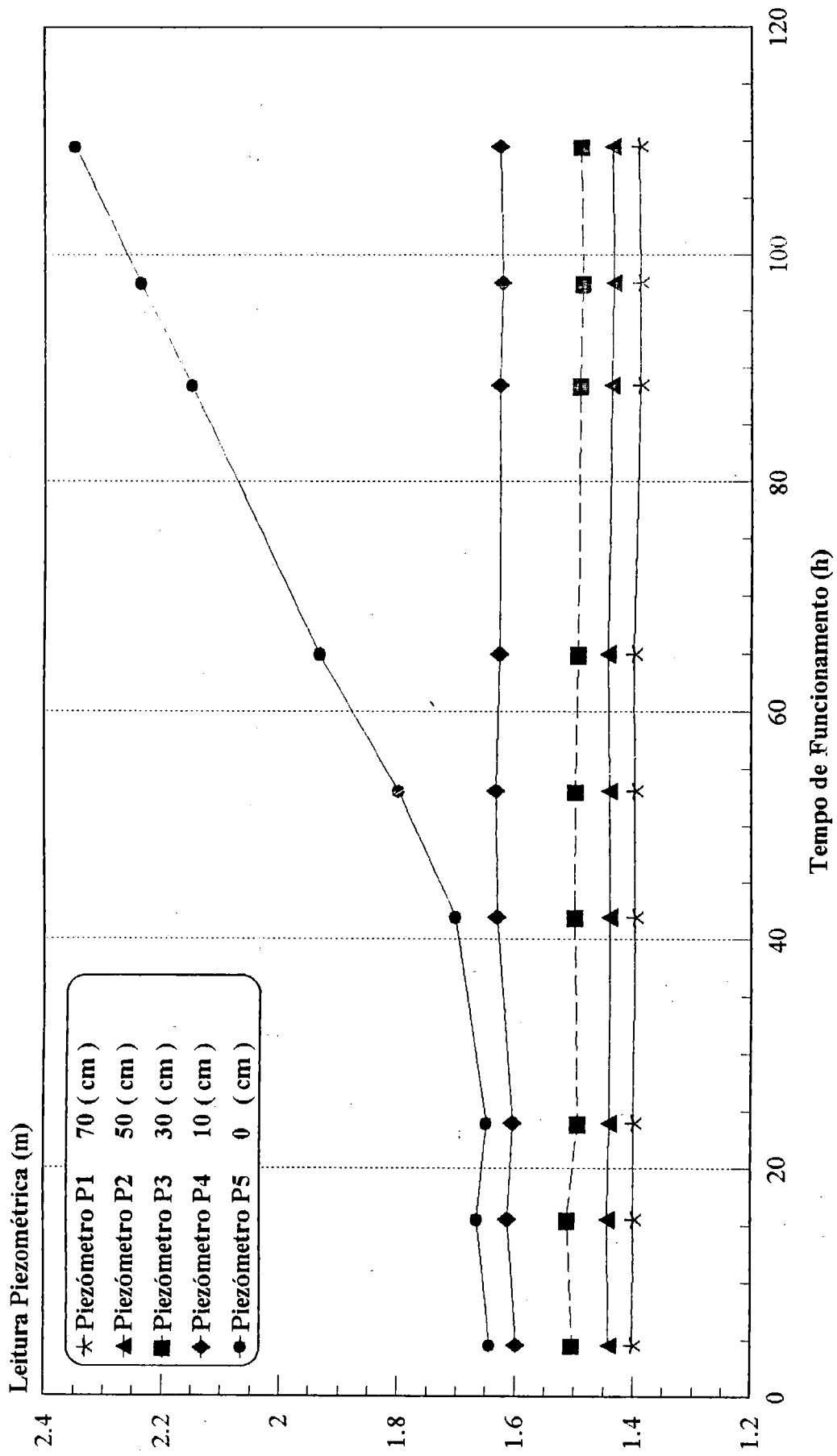


Figura B9 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 2 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b)

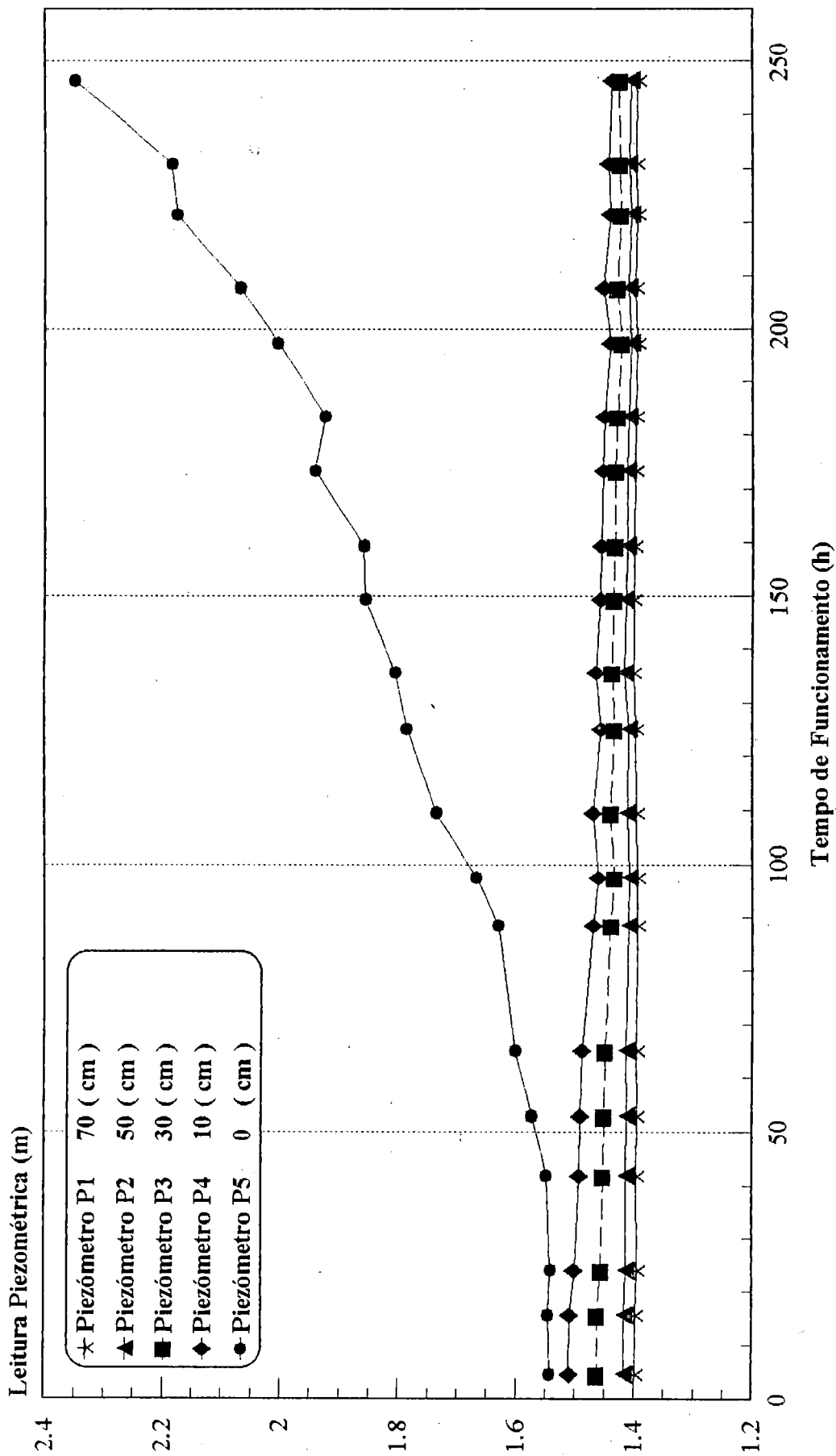
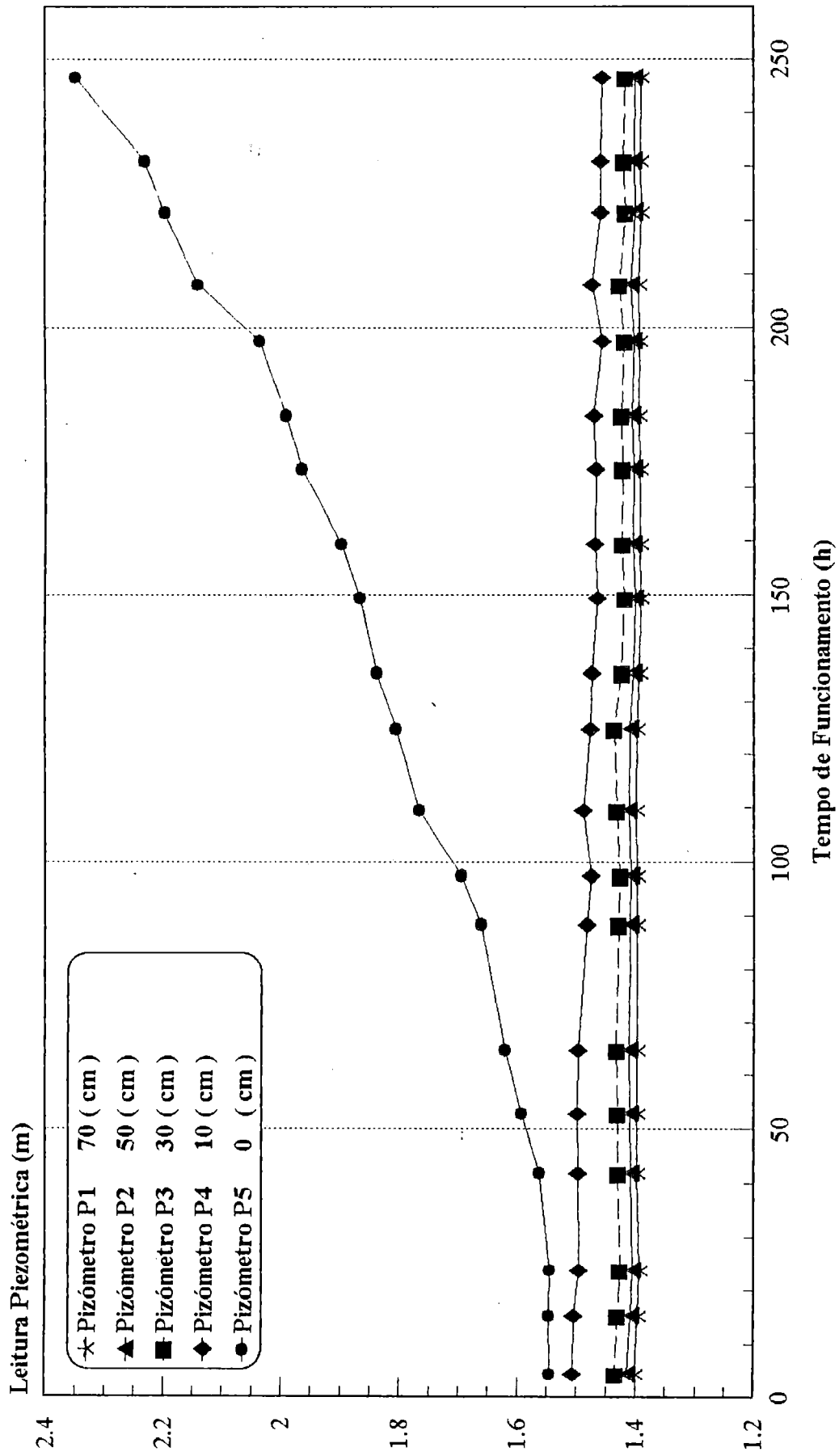


Figura B10 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 3 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b).



158
 Figura B11 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 4 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b).

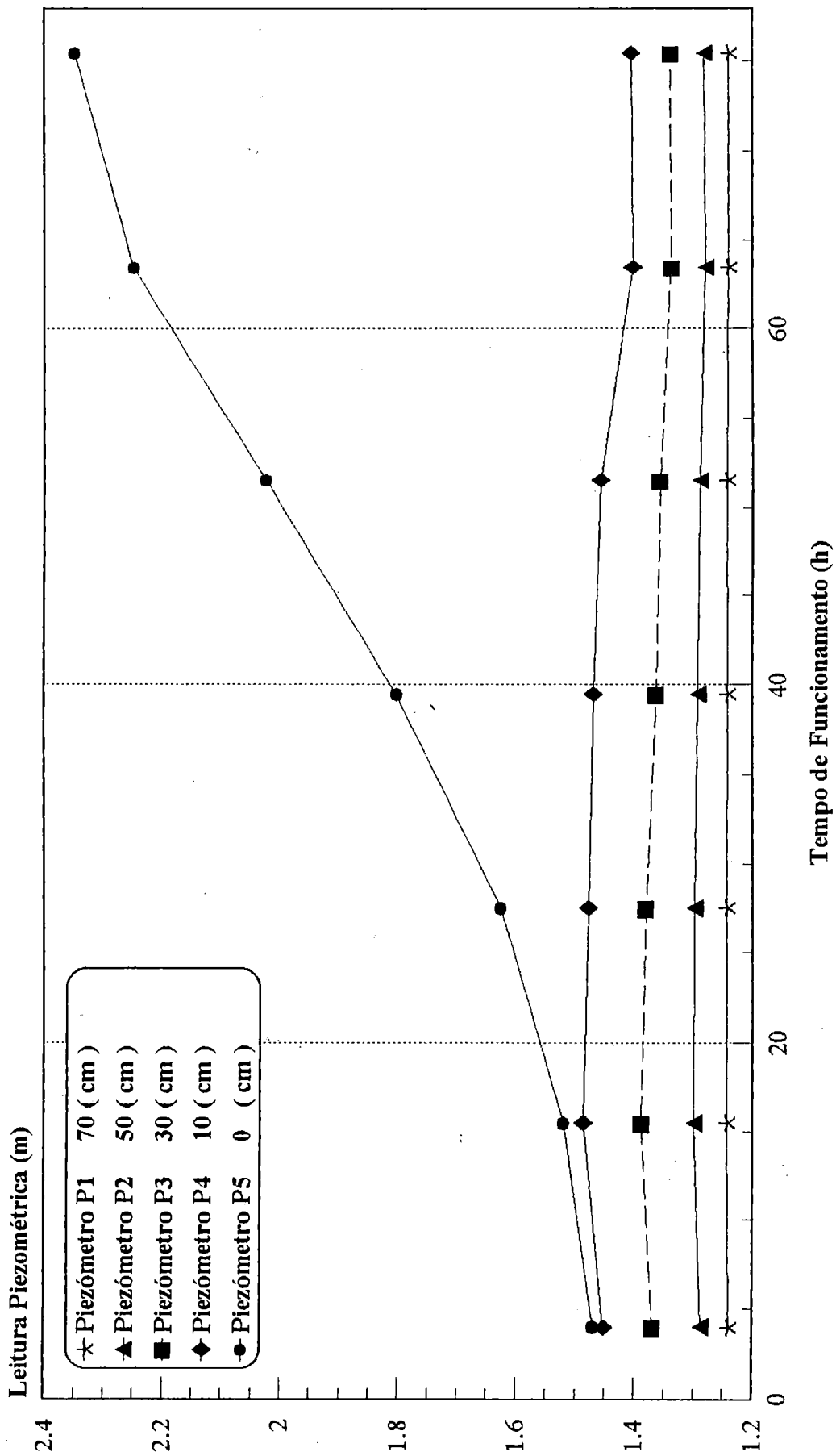


Figura B12 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 1 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c)

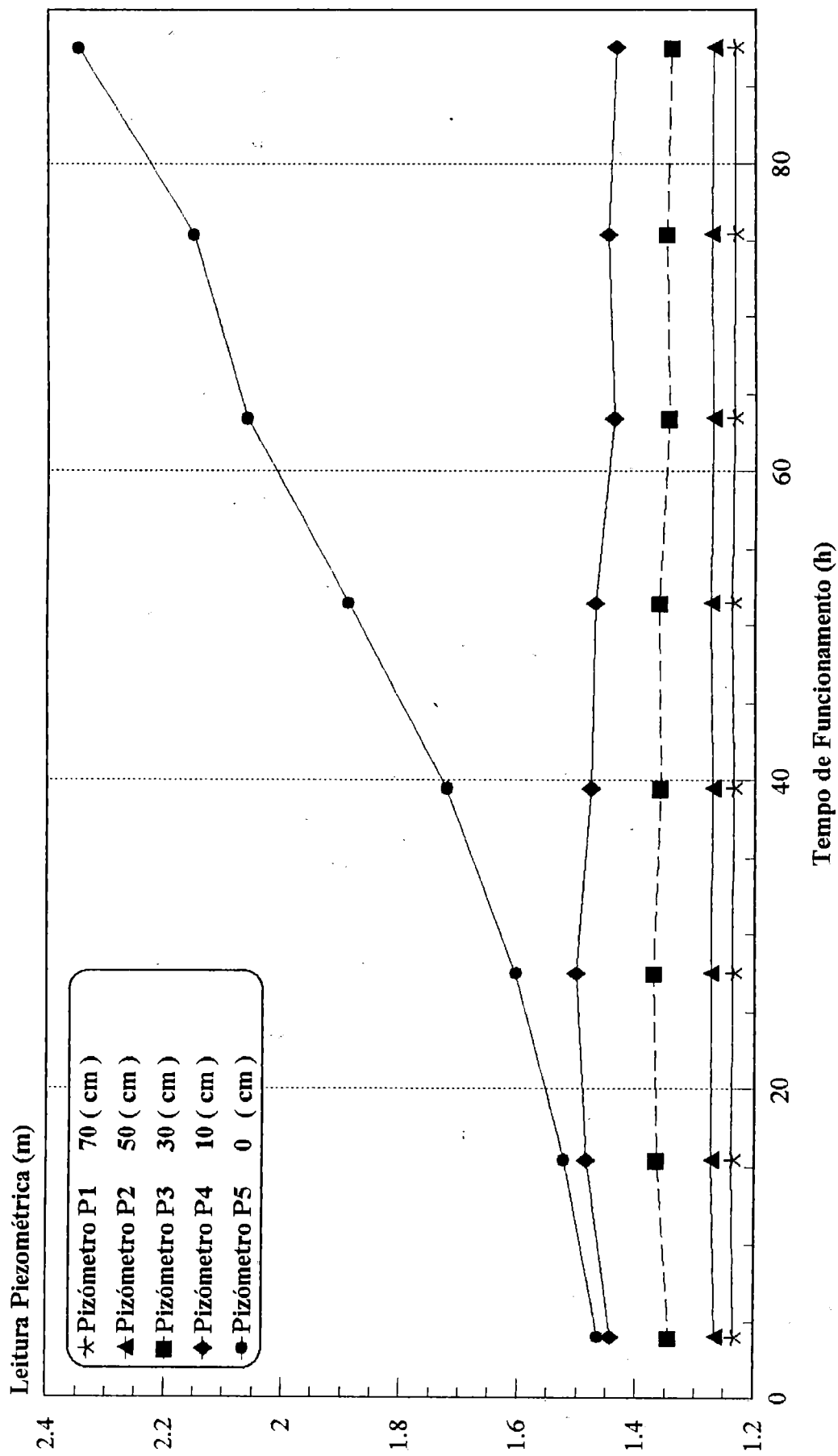


Figura B13 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 2 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c)

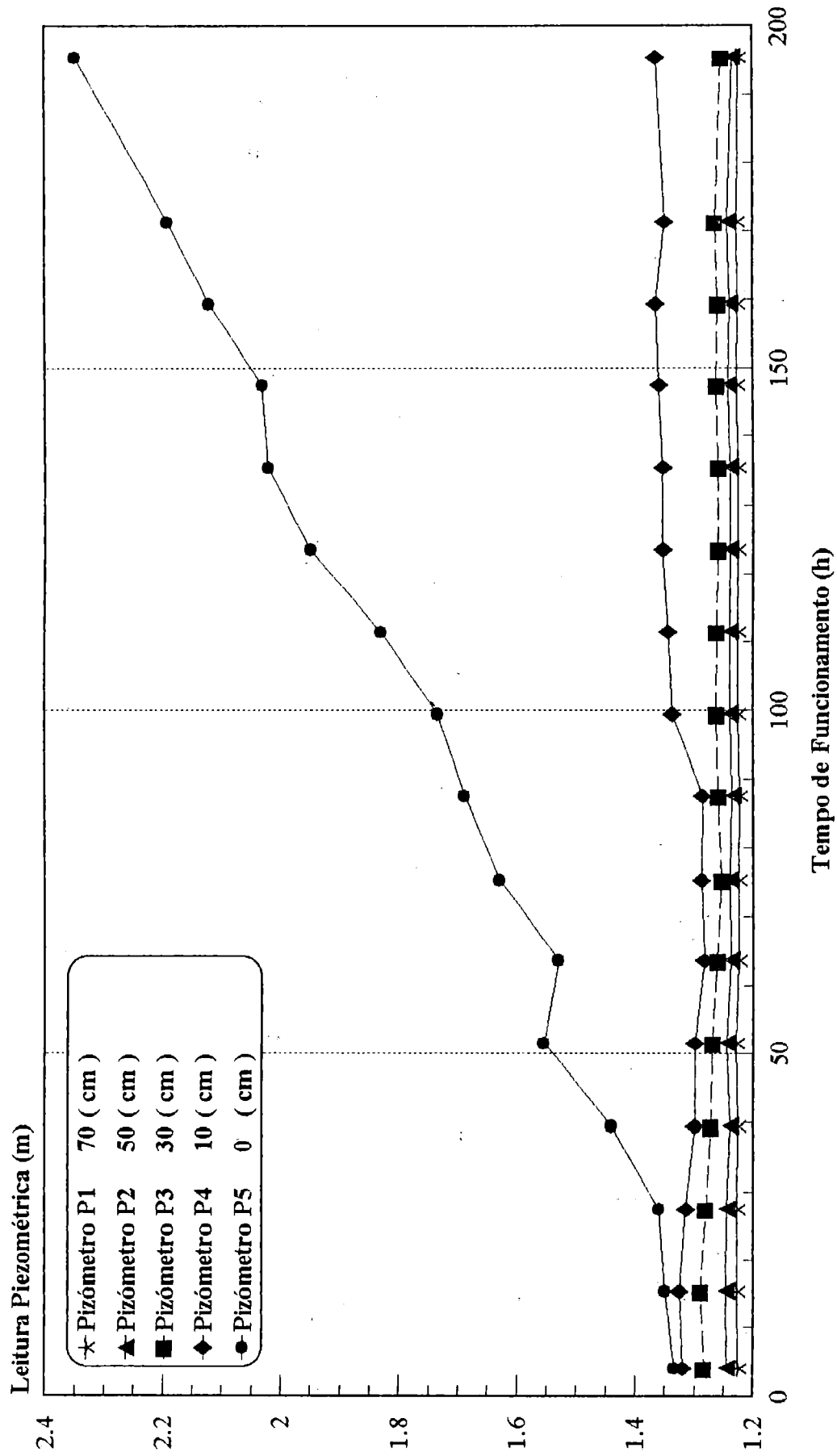


Figura B14 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 3 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c)

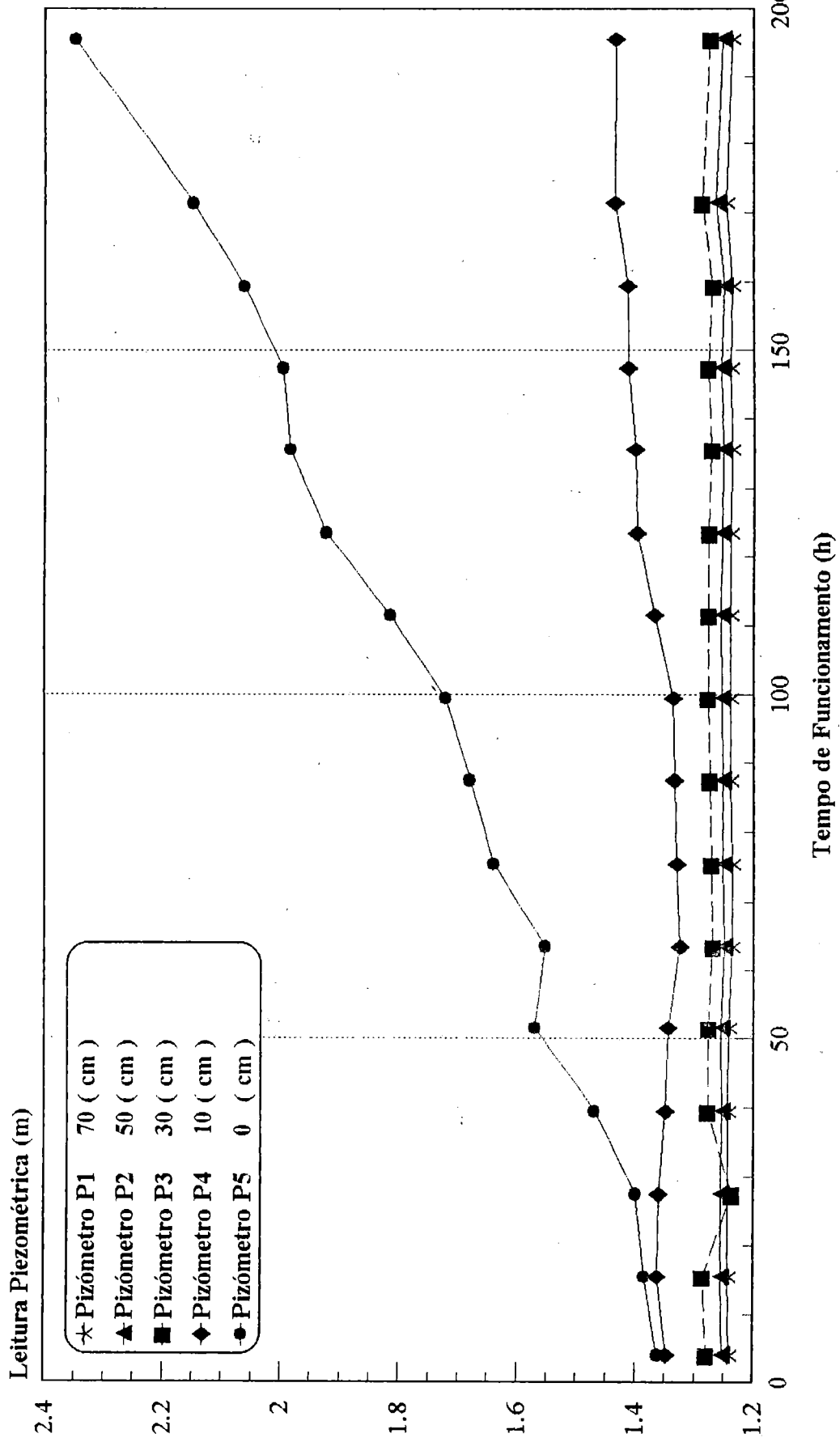


Figura B15 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 4 para Taxa de Filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c).

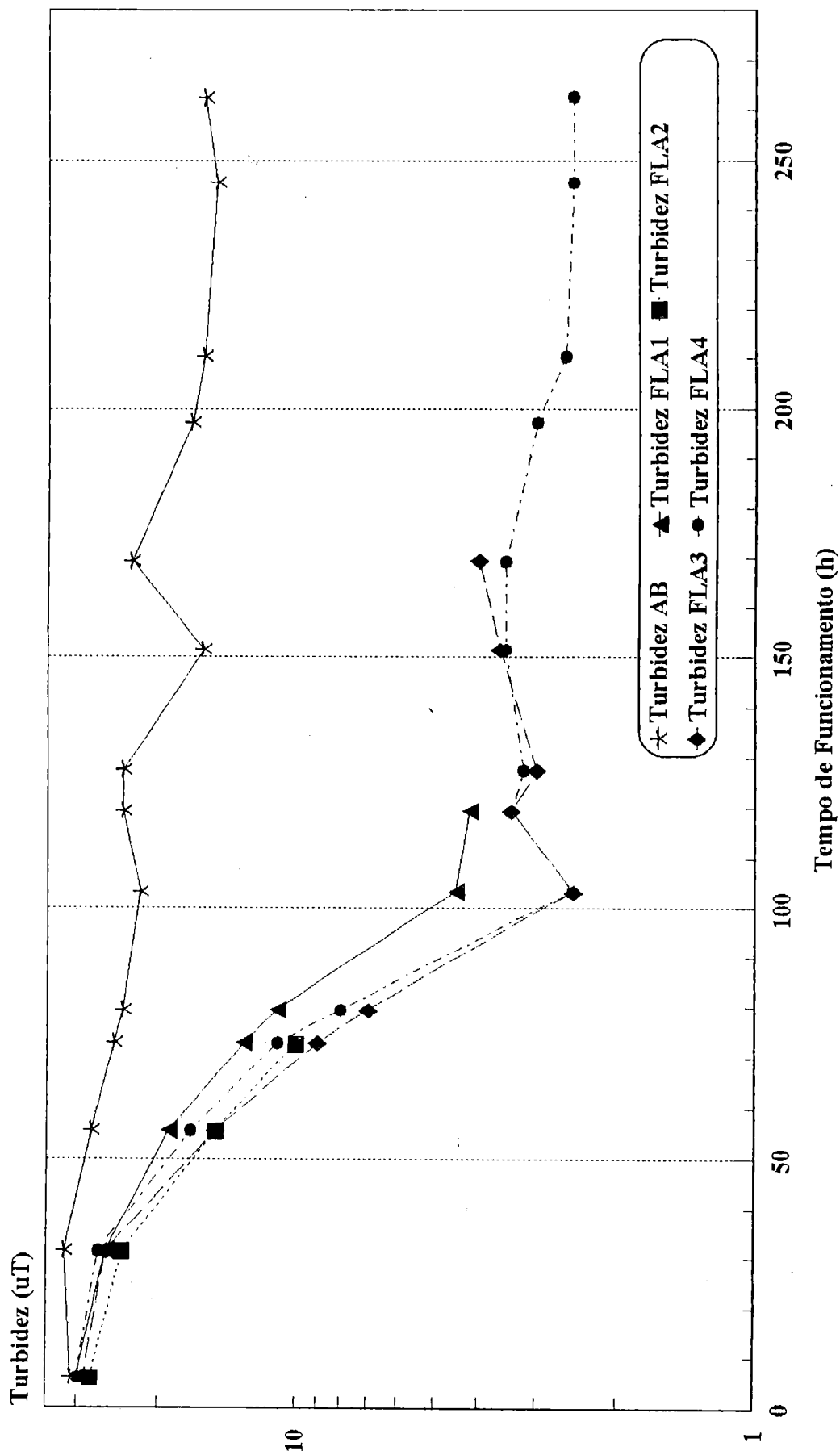


Figura B16 Variação da Turbidez da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a).

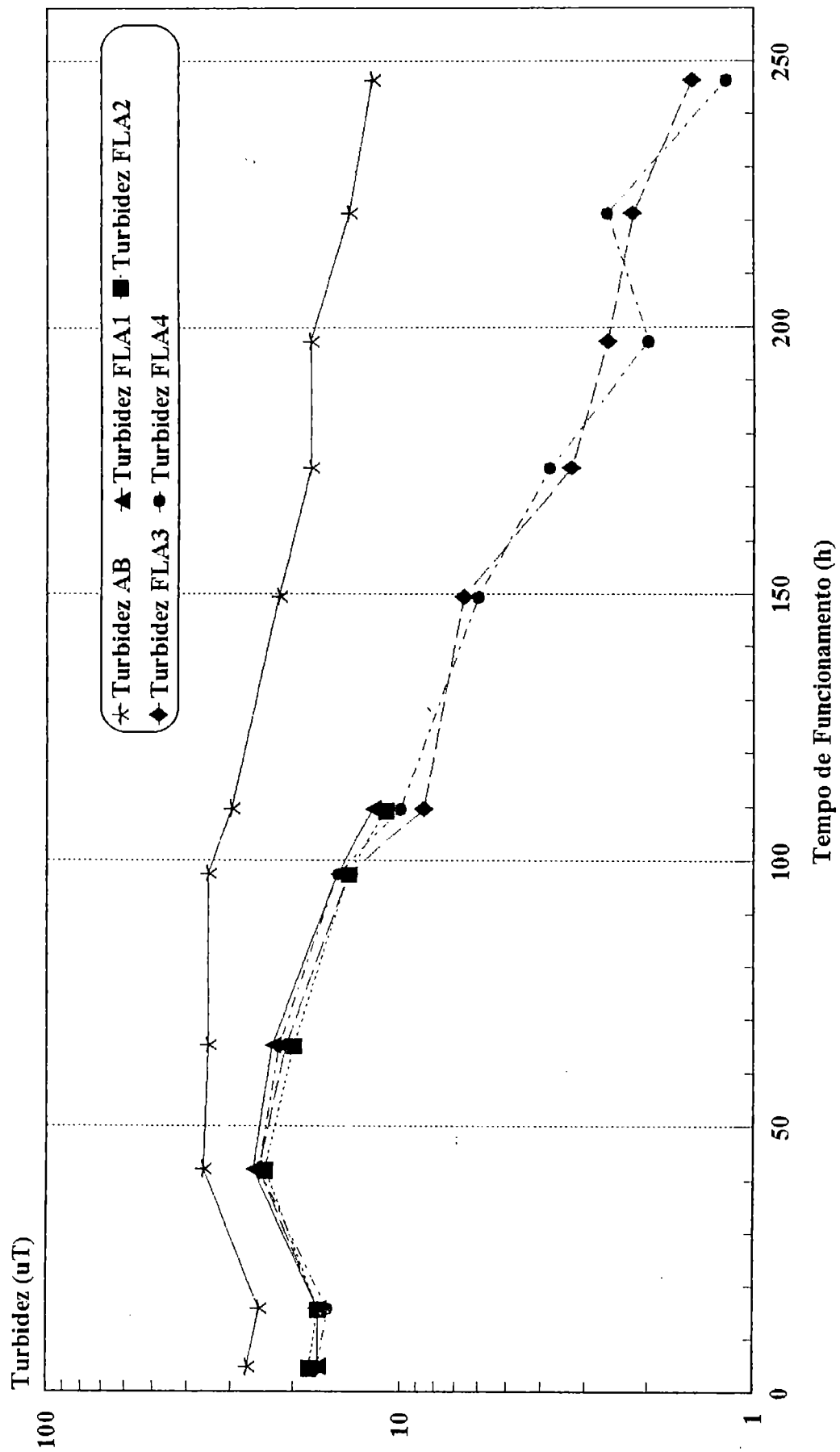


Figura B17 Variação da Turbidez da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b).

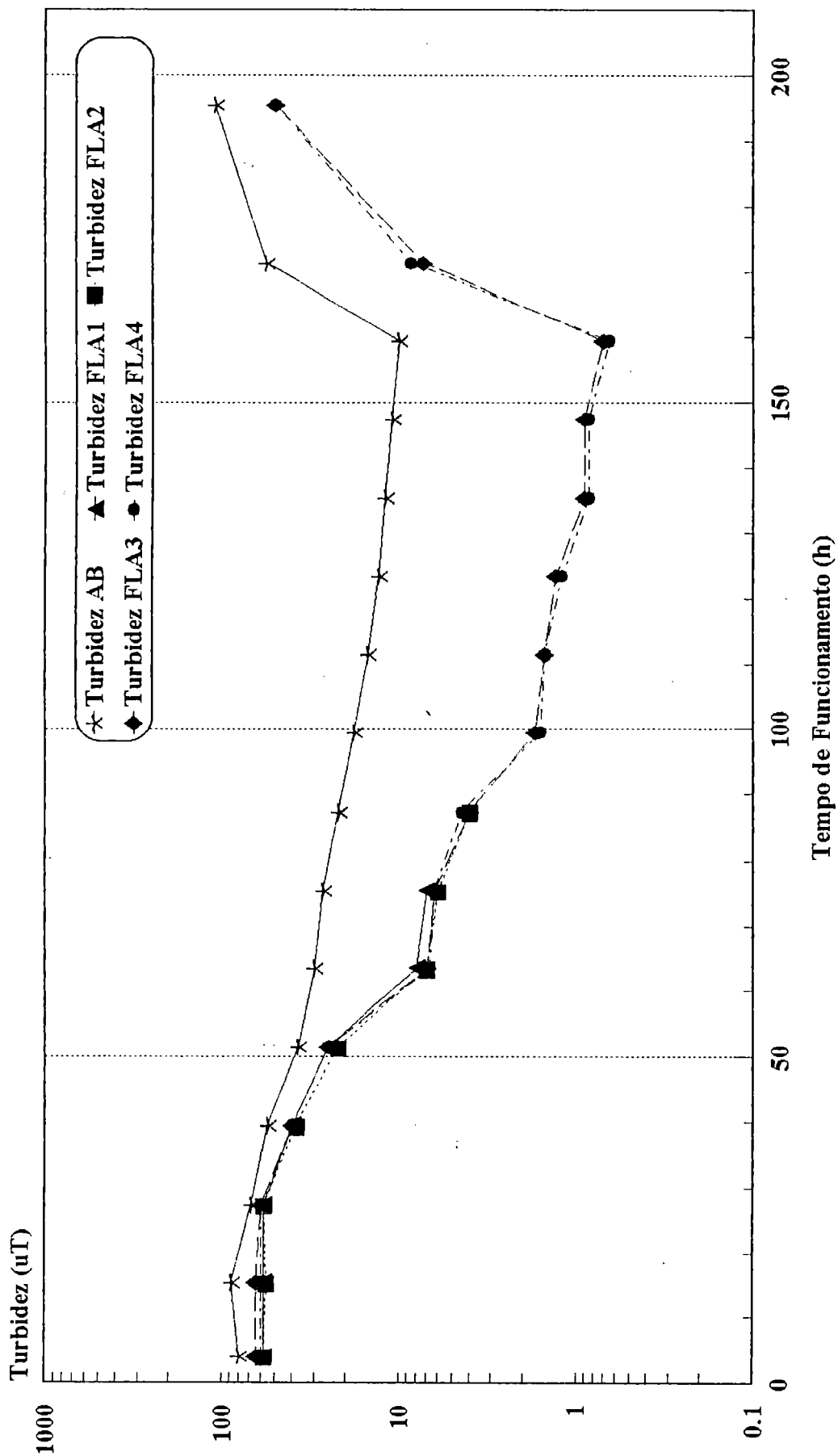


Figura B18 Variação da Turbidez da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c).

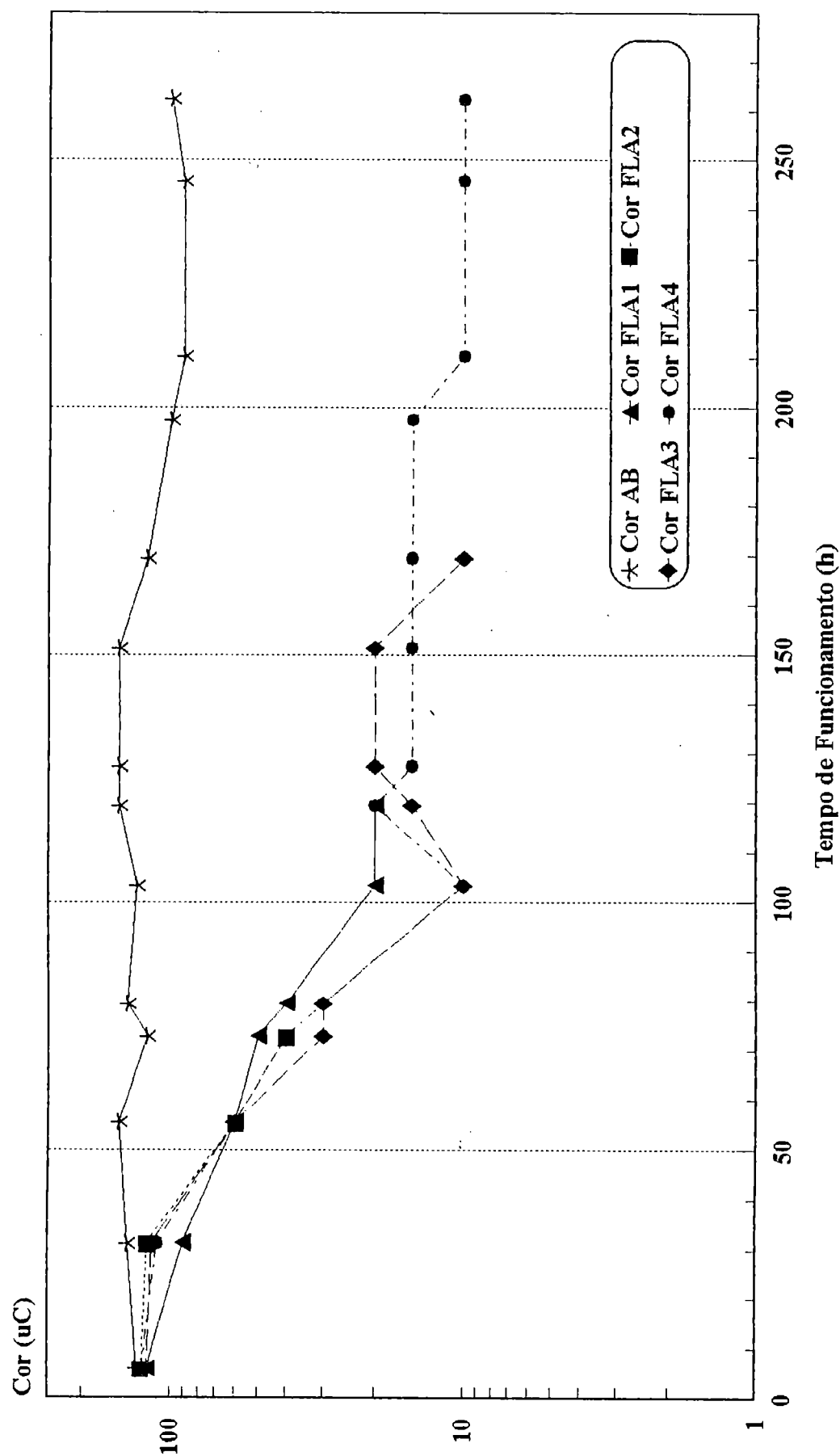


Figura B19 Variação da Cor da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a).

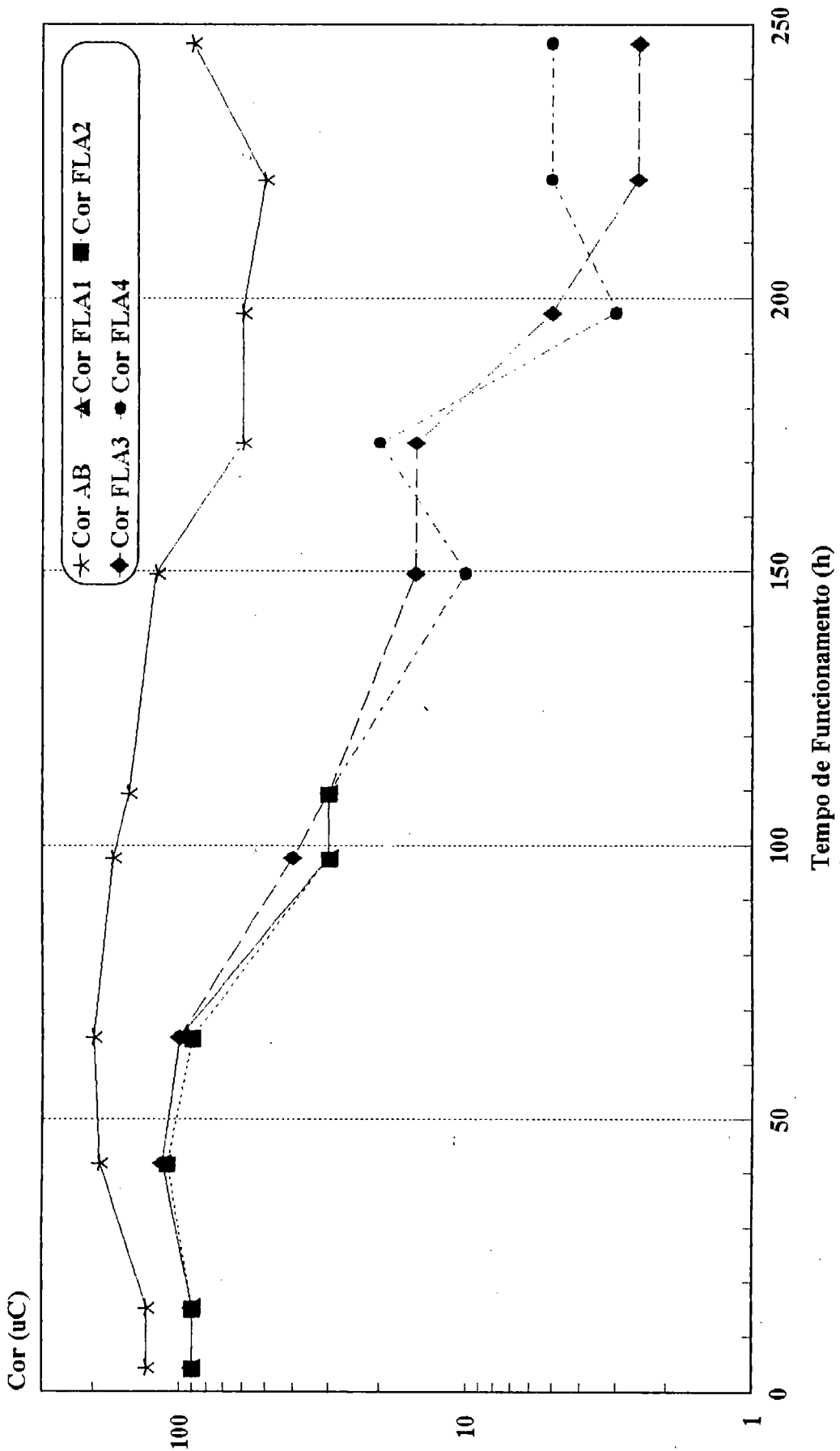


Figura B20 Variação da Cor da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b).

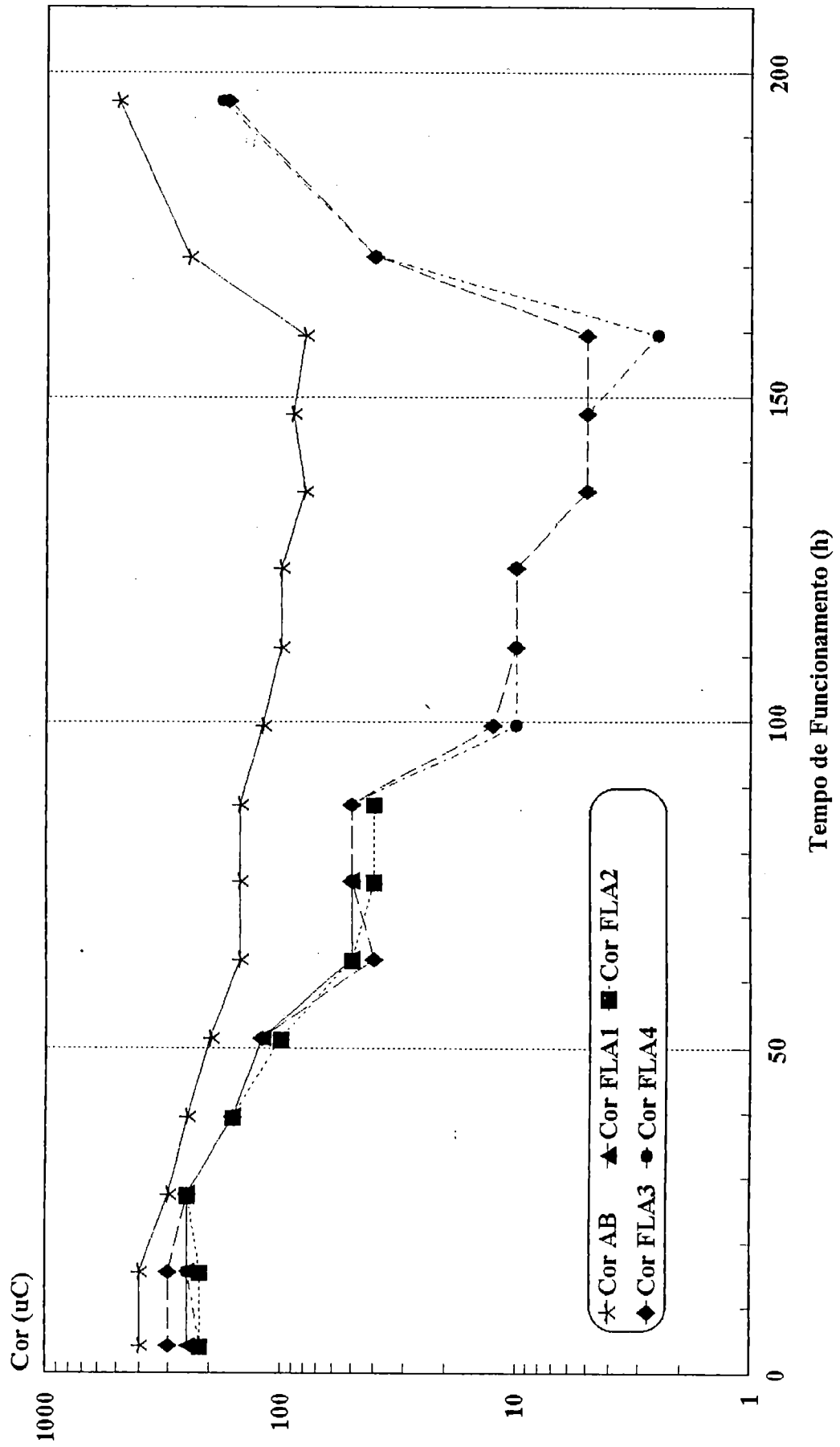


Figura B21 Variação da Cor da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c).

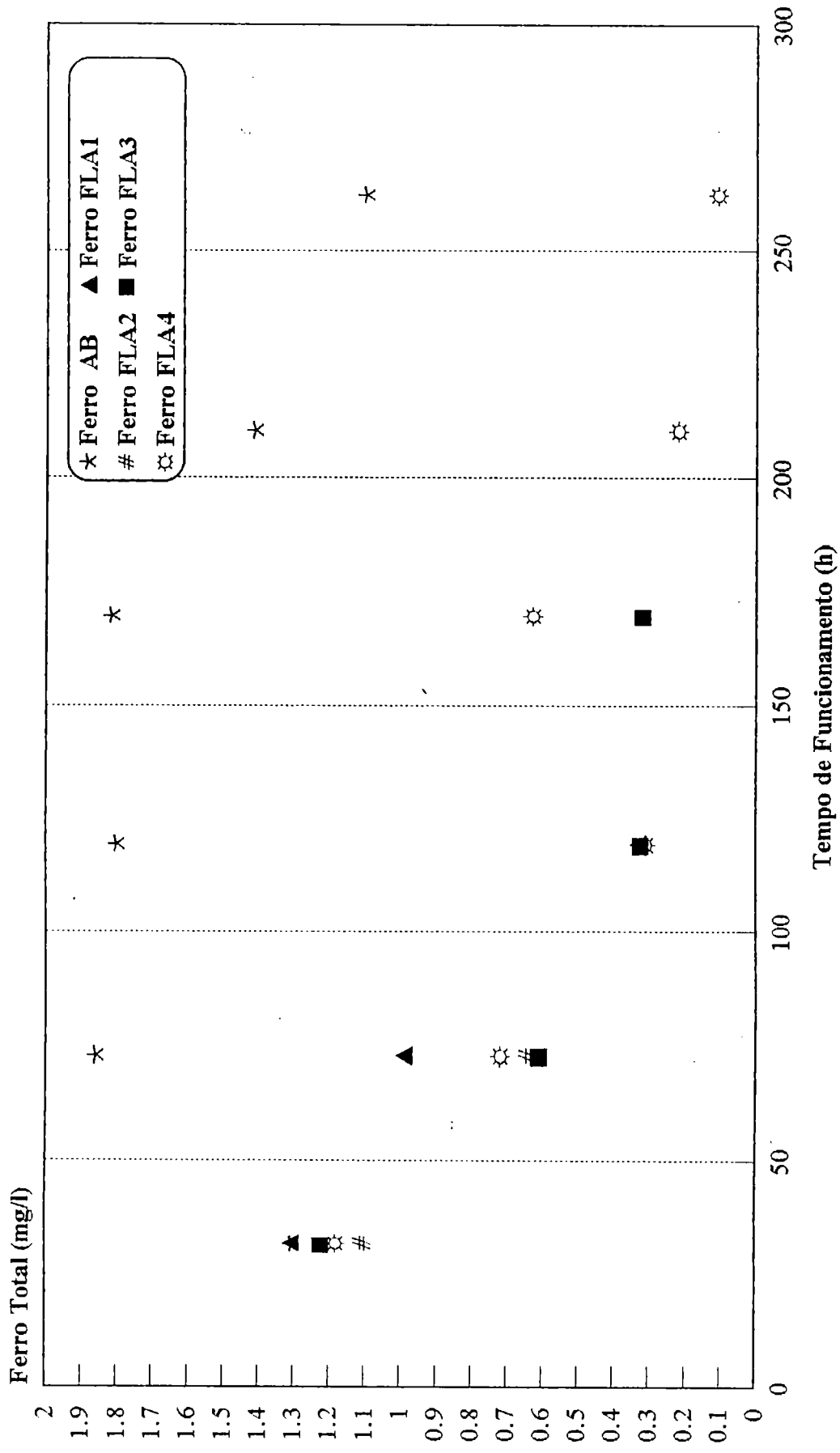


Figura B22 Variação da Concentração de Ferro total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a).

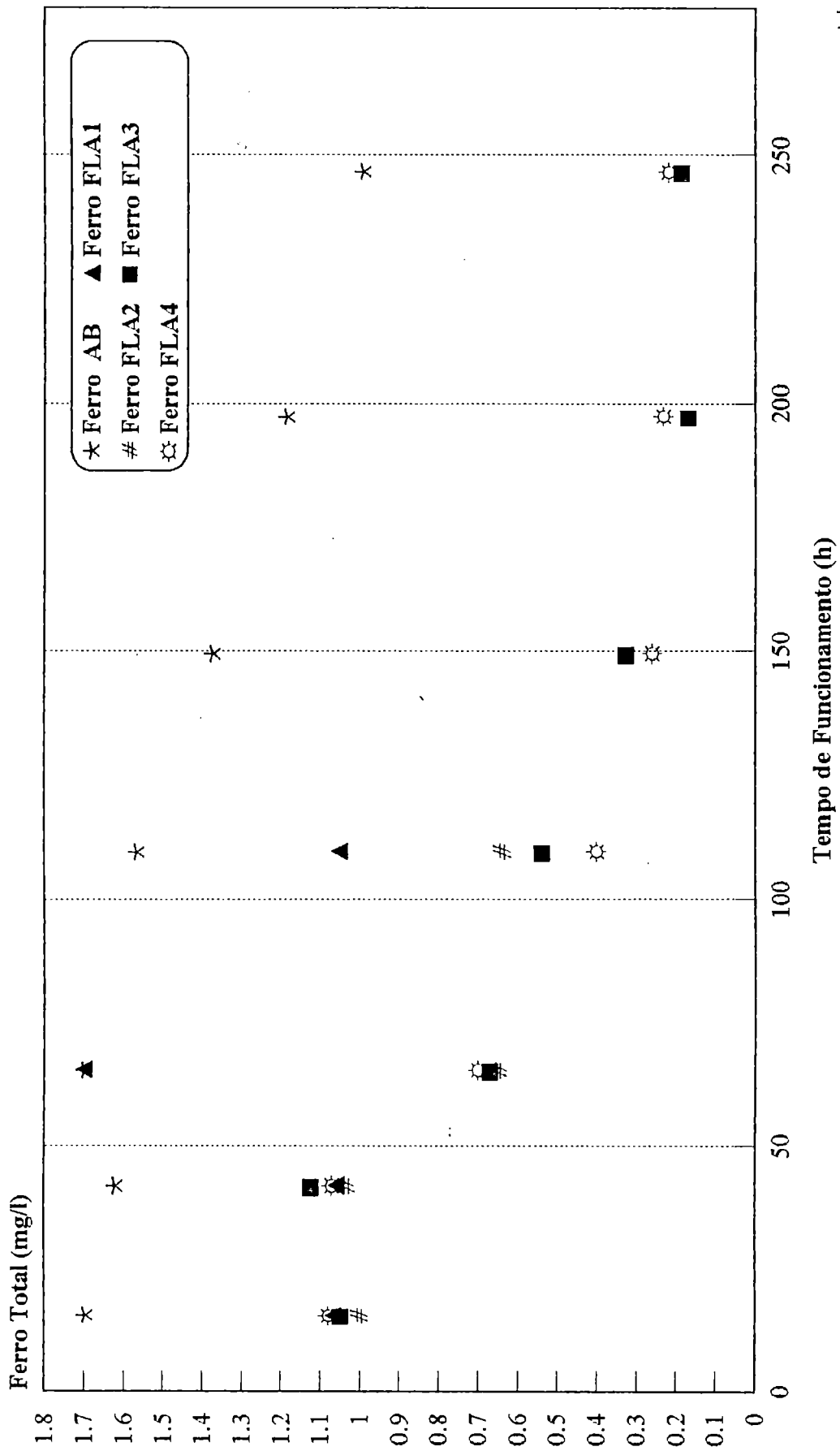


Figura B23 Variação da Concentração de Ferro total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b).

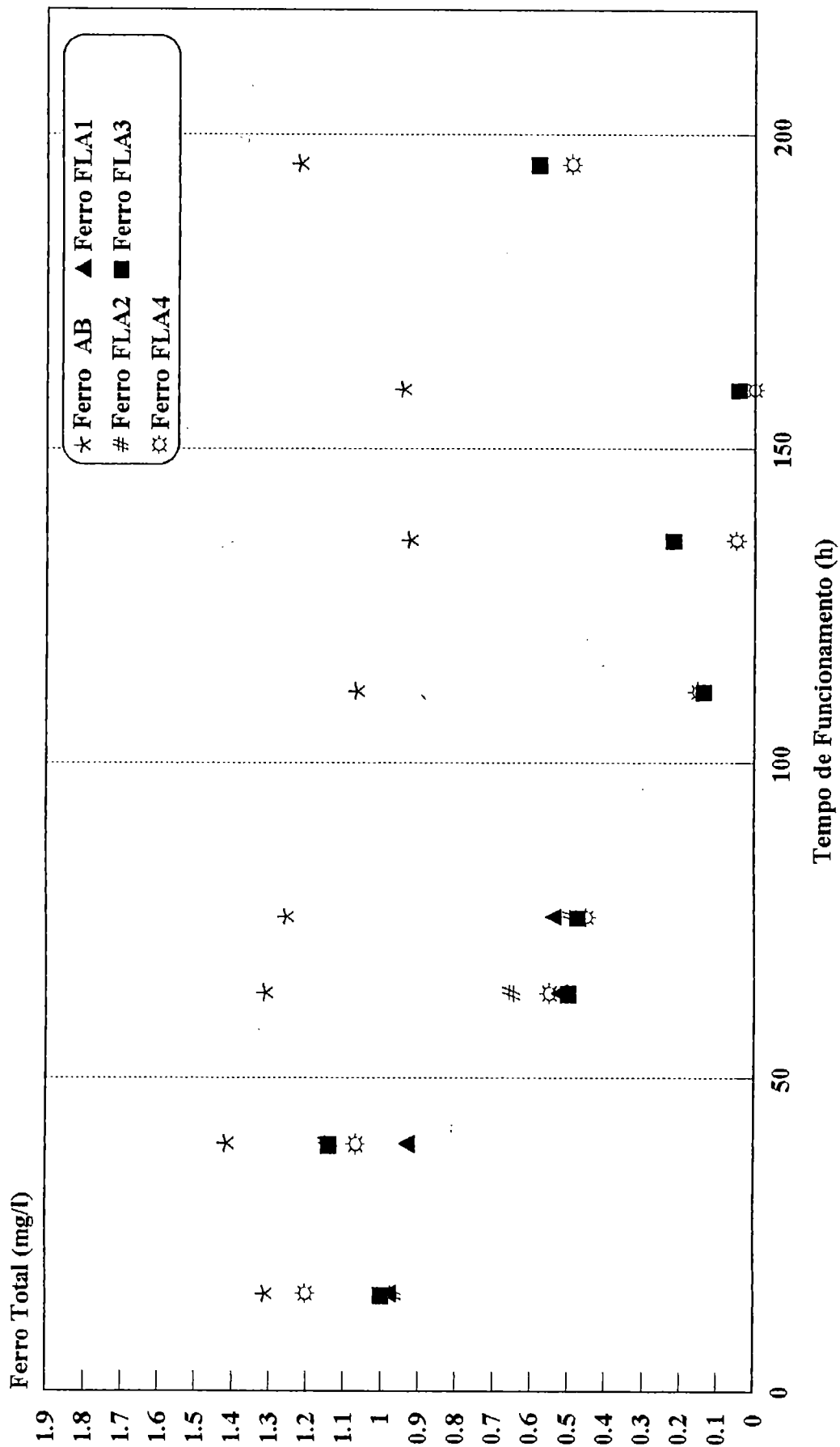


Figura B24 Variação da Concentração de Ferro total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c).

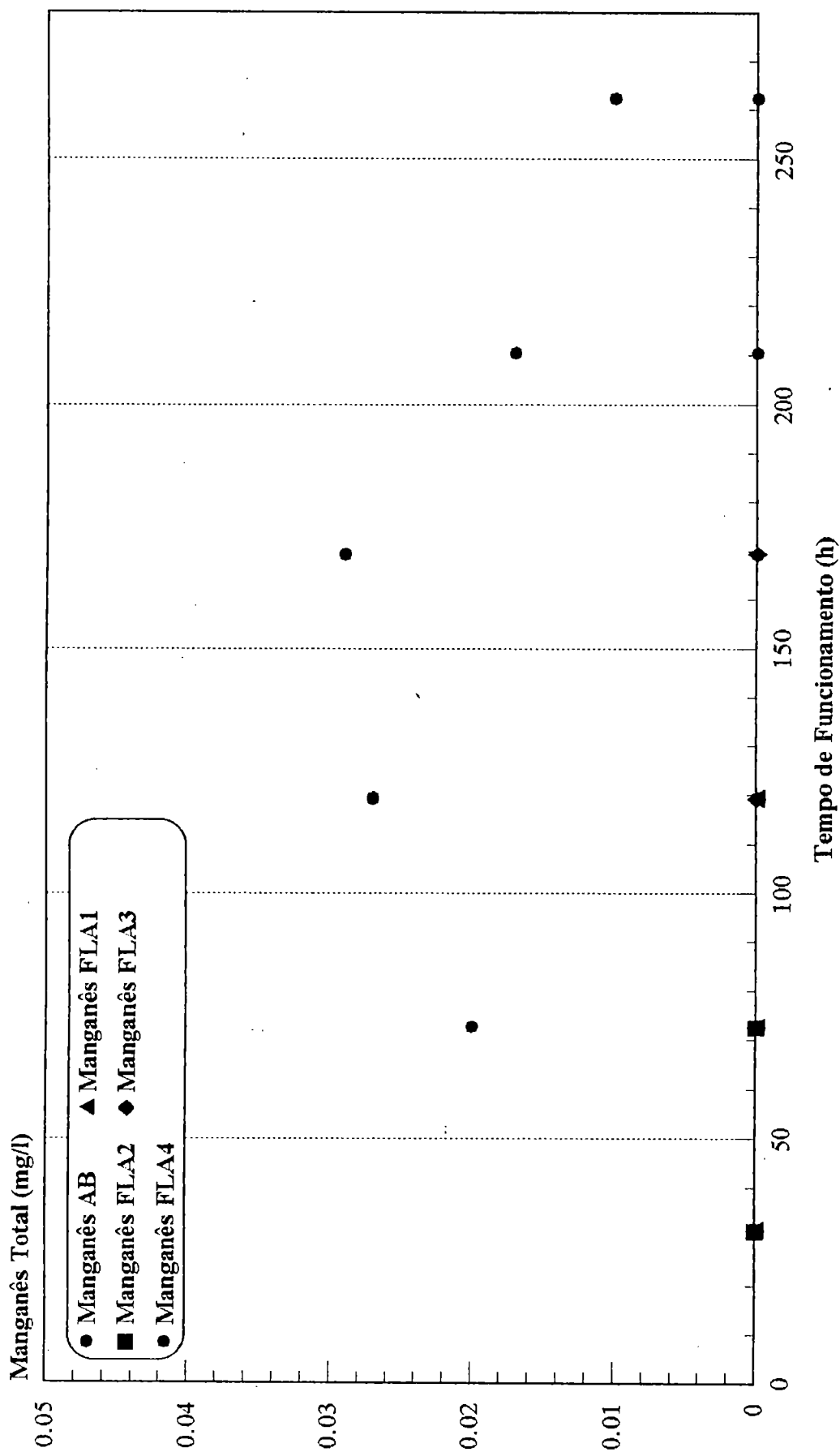


Figura B25 Variação da Concentração de Manganês Total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1a).

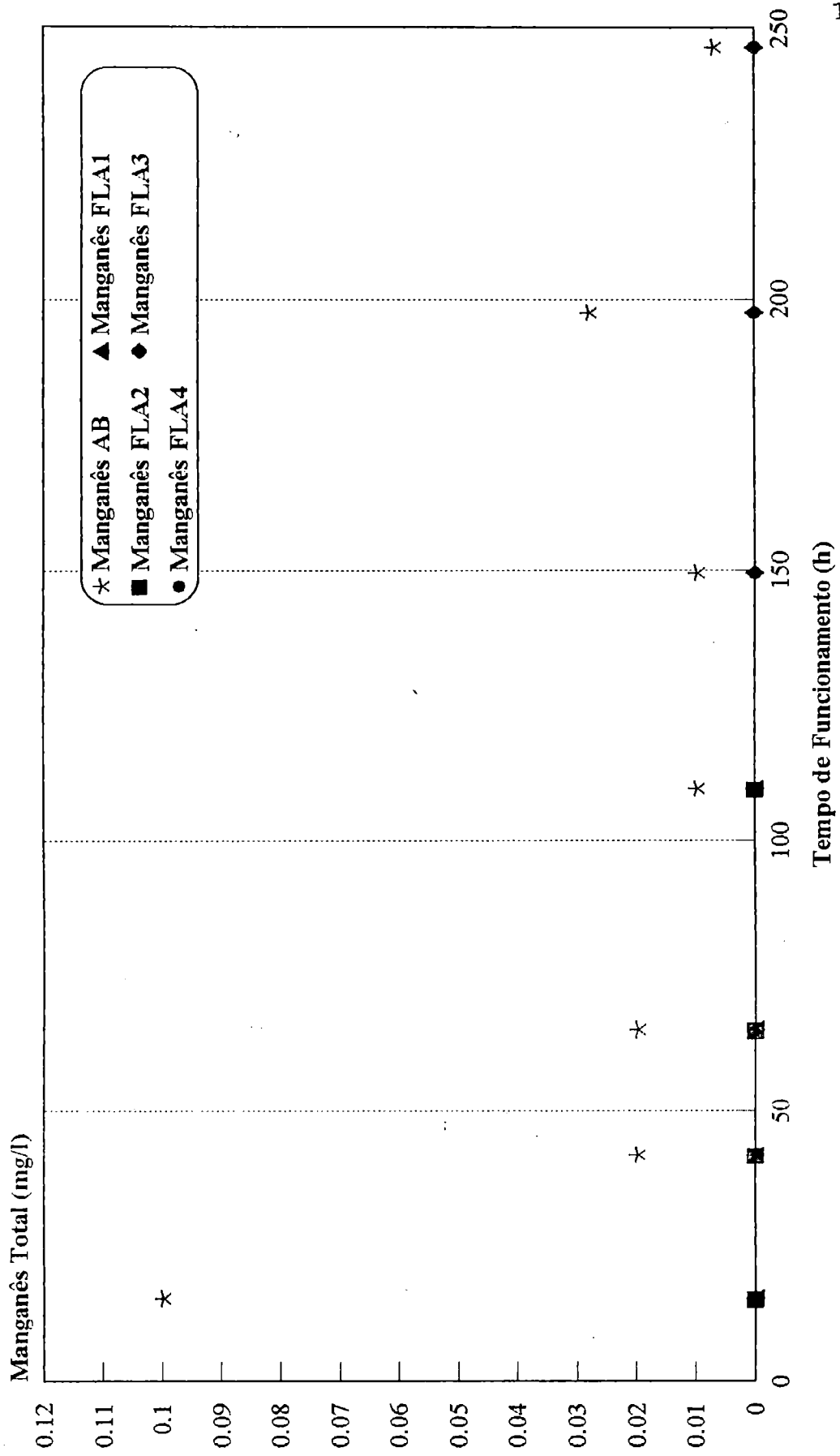


Figura B26 Variação da Concentração de Manganês Total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1b).

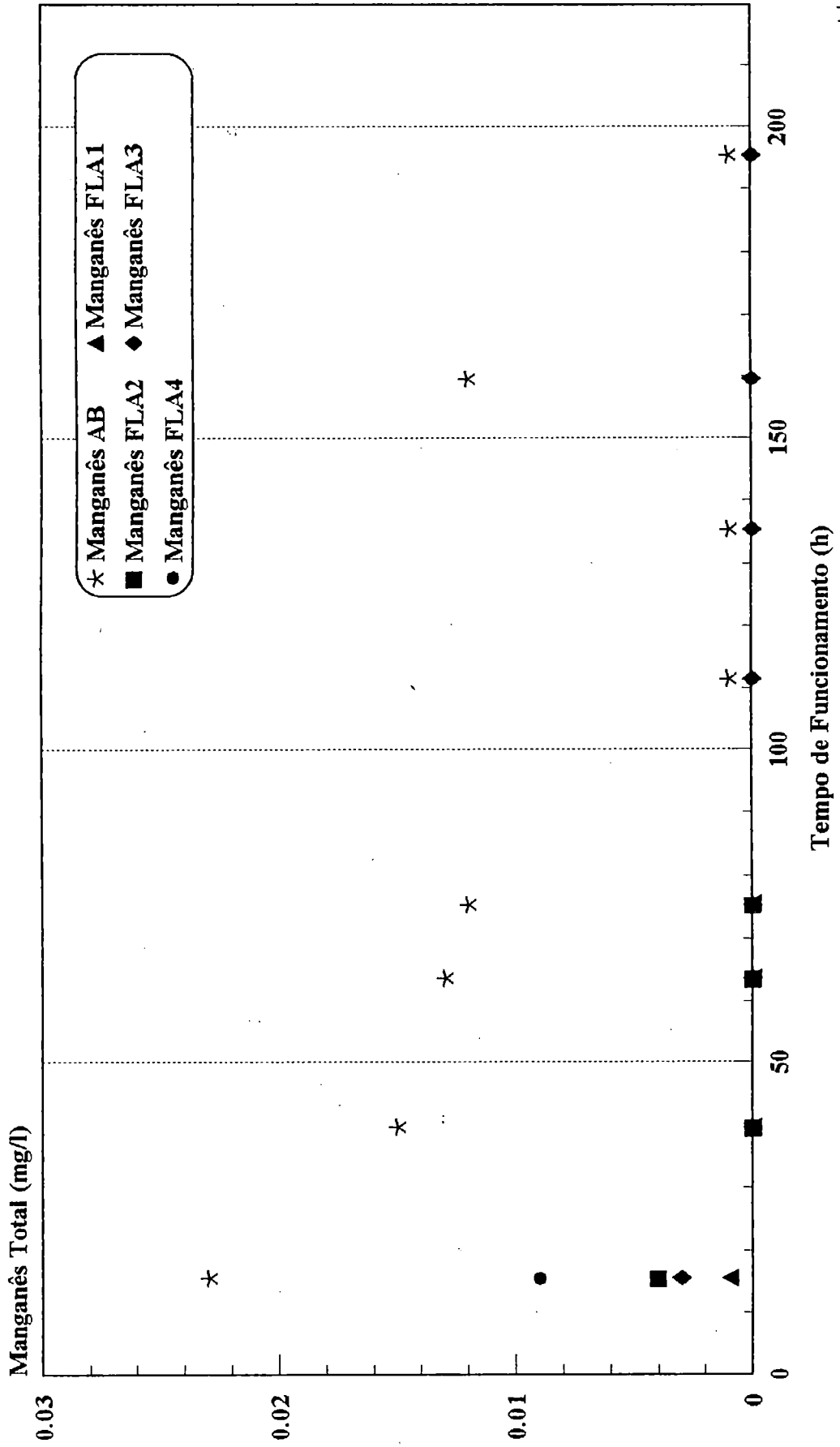


Figura B27 Variação da Concentração de Manganês Total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 6.0 m³/m².d, Ensaio (1c).

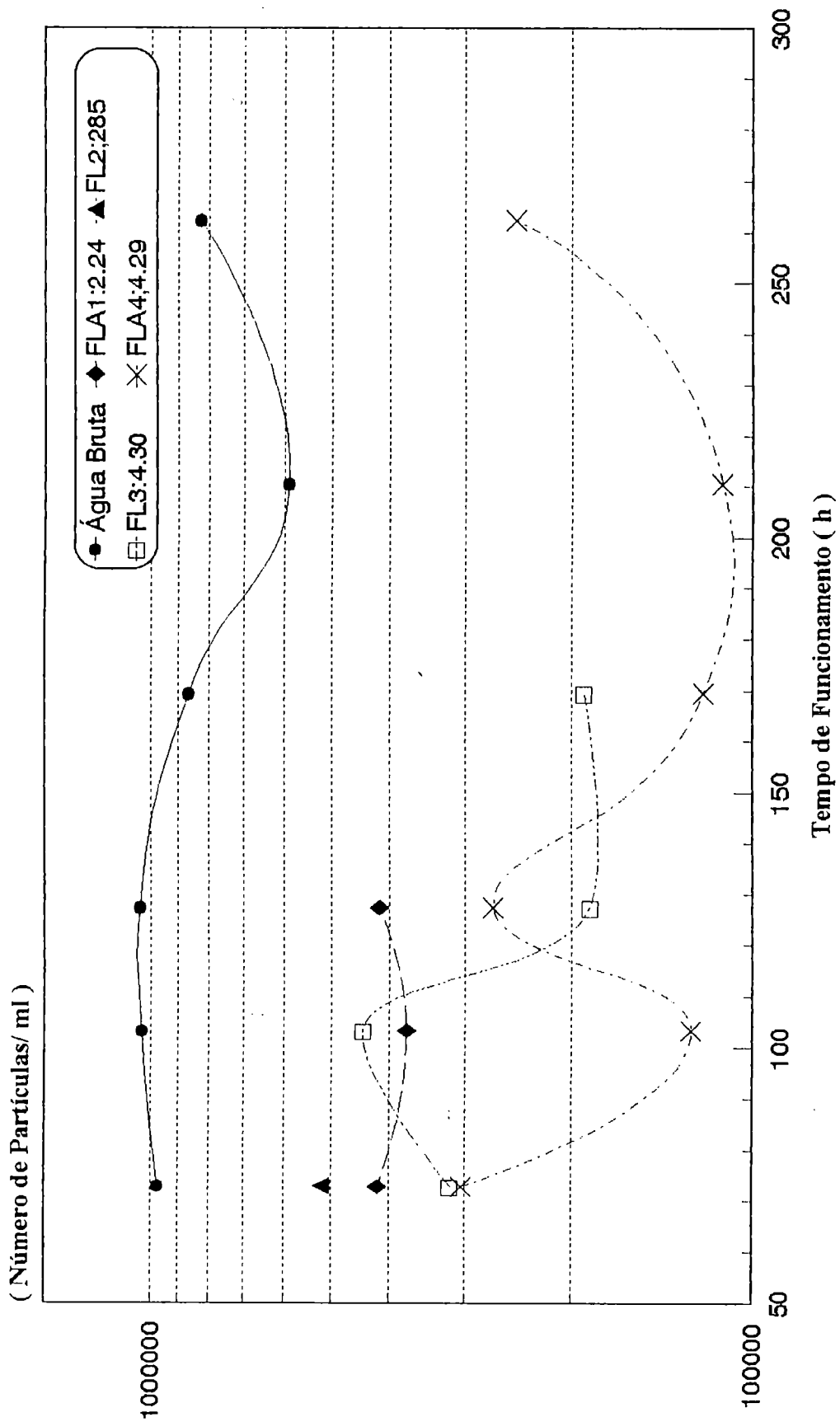


Figura B28 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 µm na Água Bruta e nos efluentes dos Filtros Lentos Taxa 6.0 m³/m².d, das 73 as 262.5 hs de Funcionamento, no Ensaio (1a).

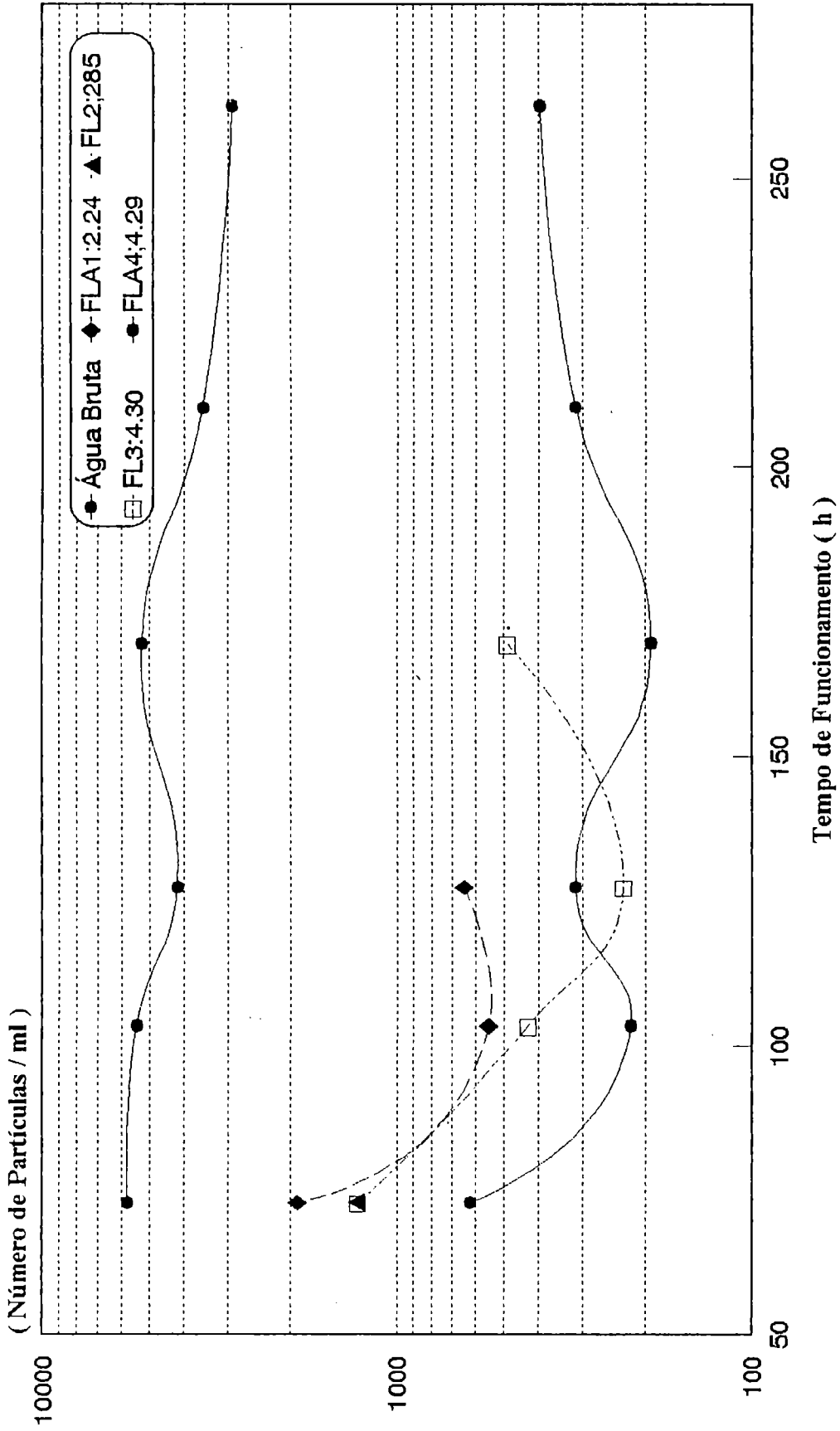


Figura B29 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,70 μ m Água Bruta e os efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 m³/m².d, das 73 as 262.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1a).

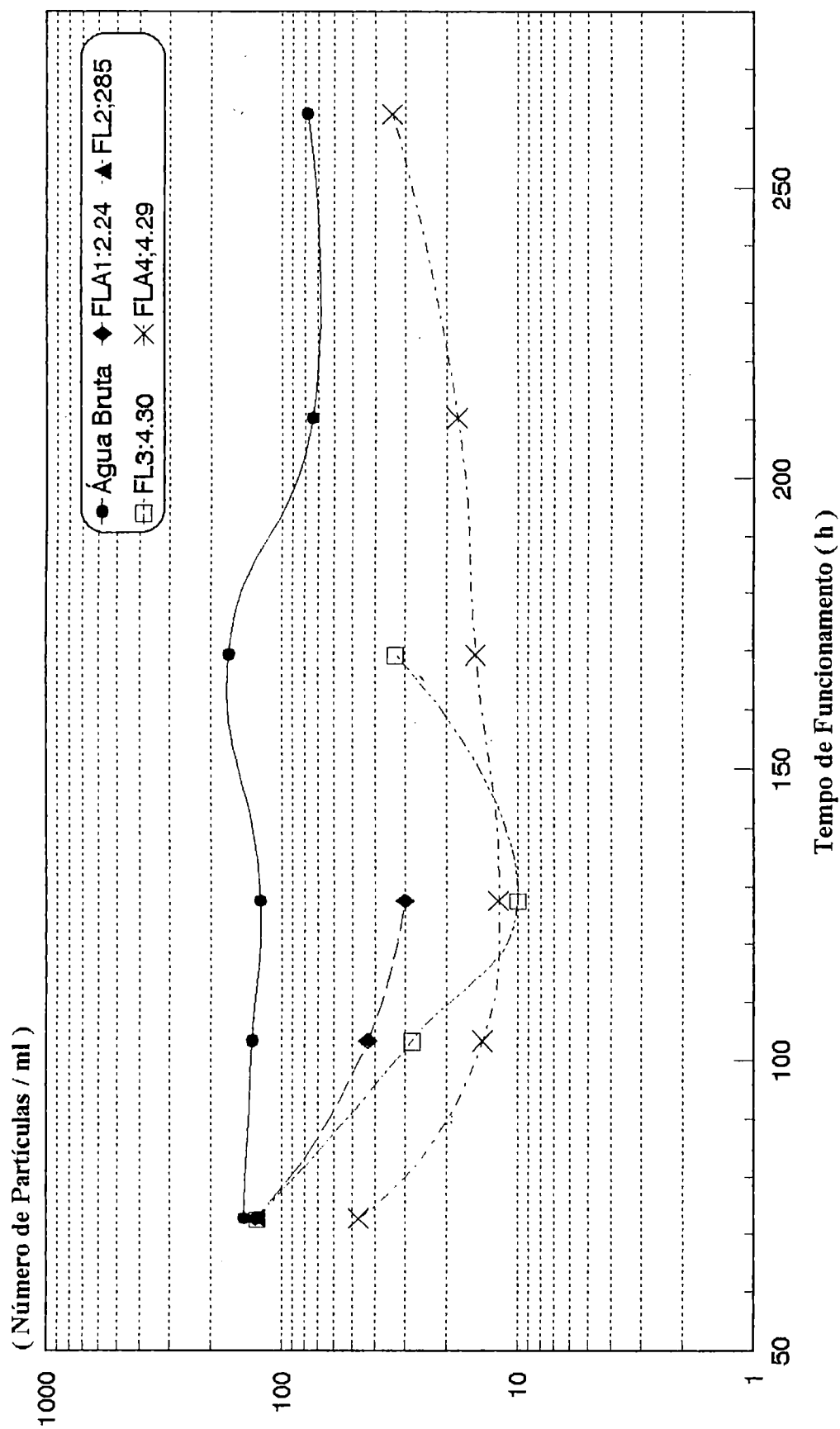


Figura 30 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,30 µm na Água Bruta e os Filtros Lentos, para uma Taxa 6.0 m³/m².d, das 73 as 262.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1a).

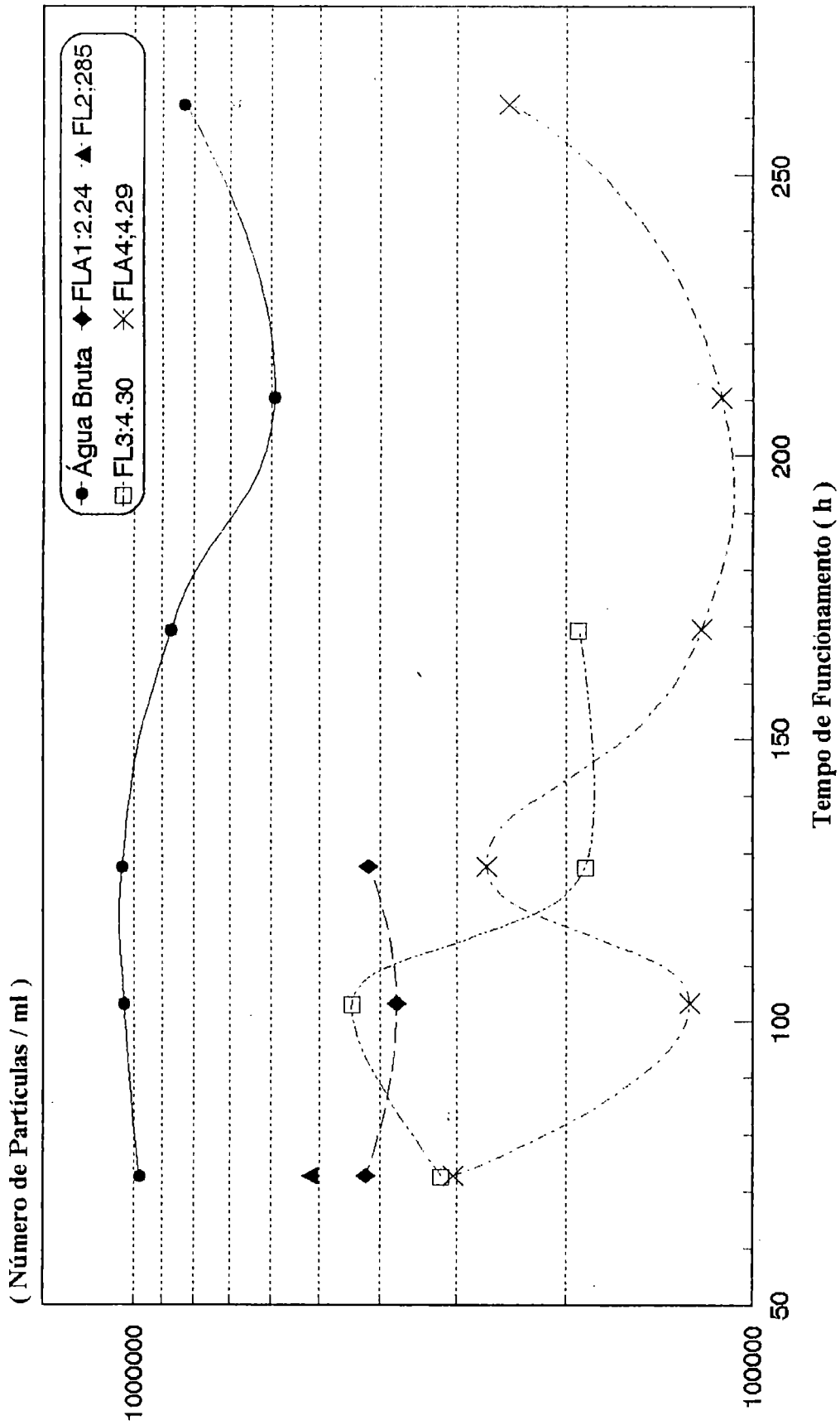


Figura B31 Variação do Número Total De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 m³/m².d, das 73 as 262.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1a).

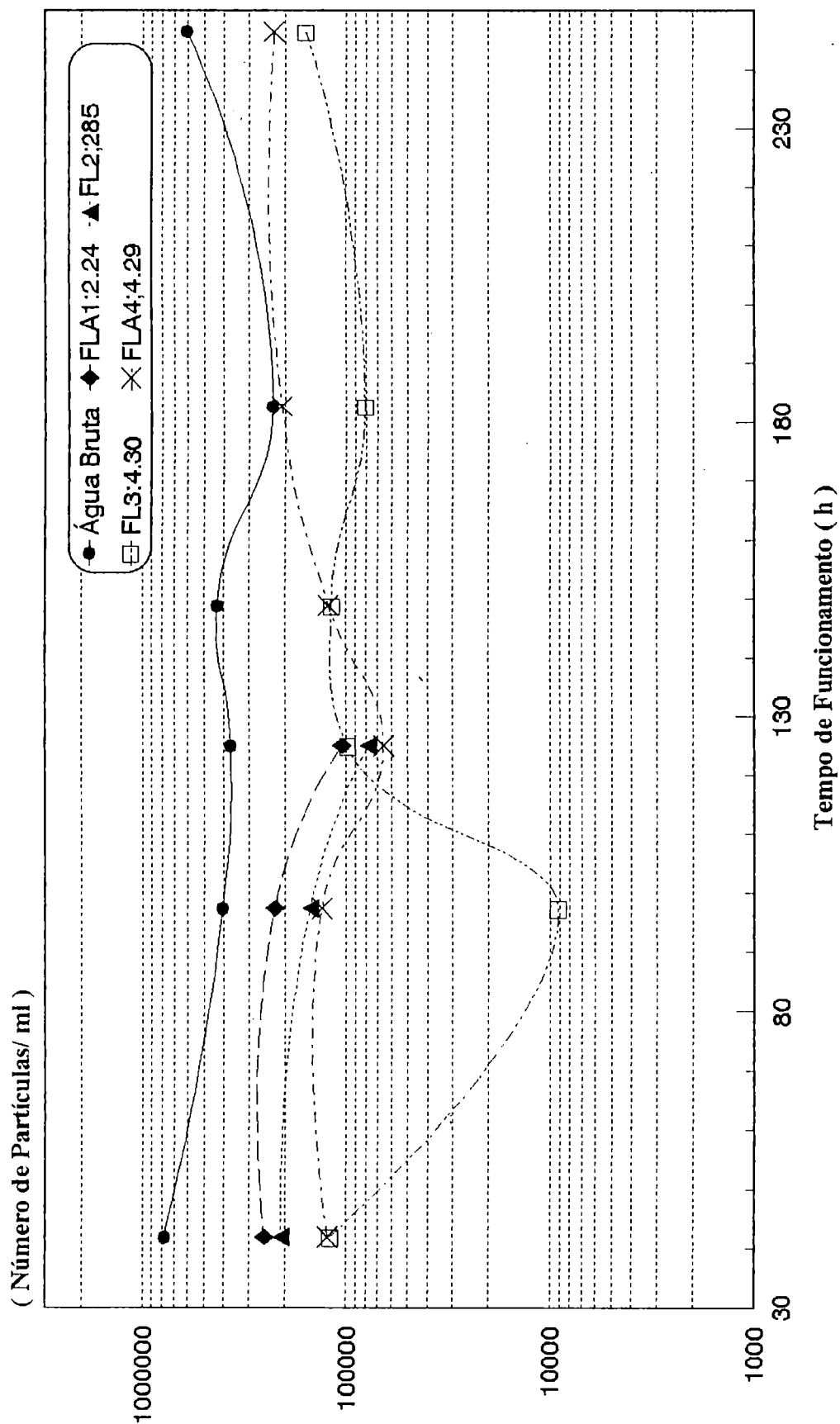


Figura B32 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 μm na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, das 42 as 246.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1b).

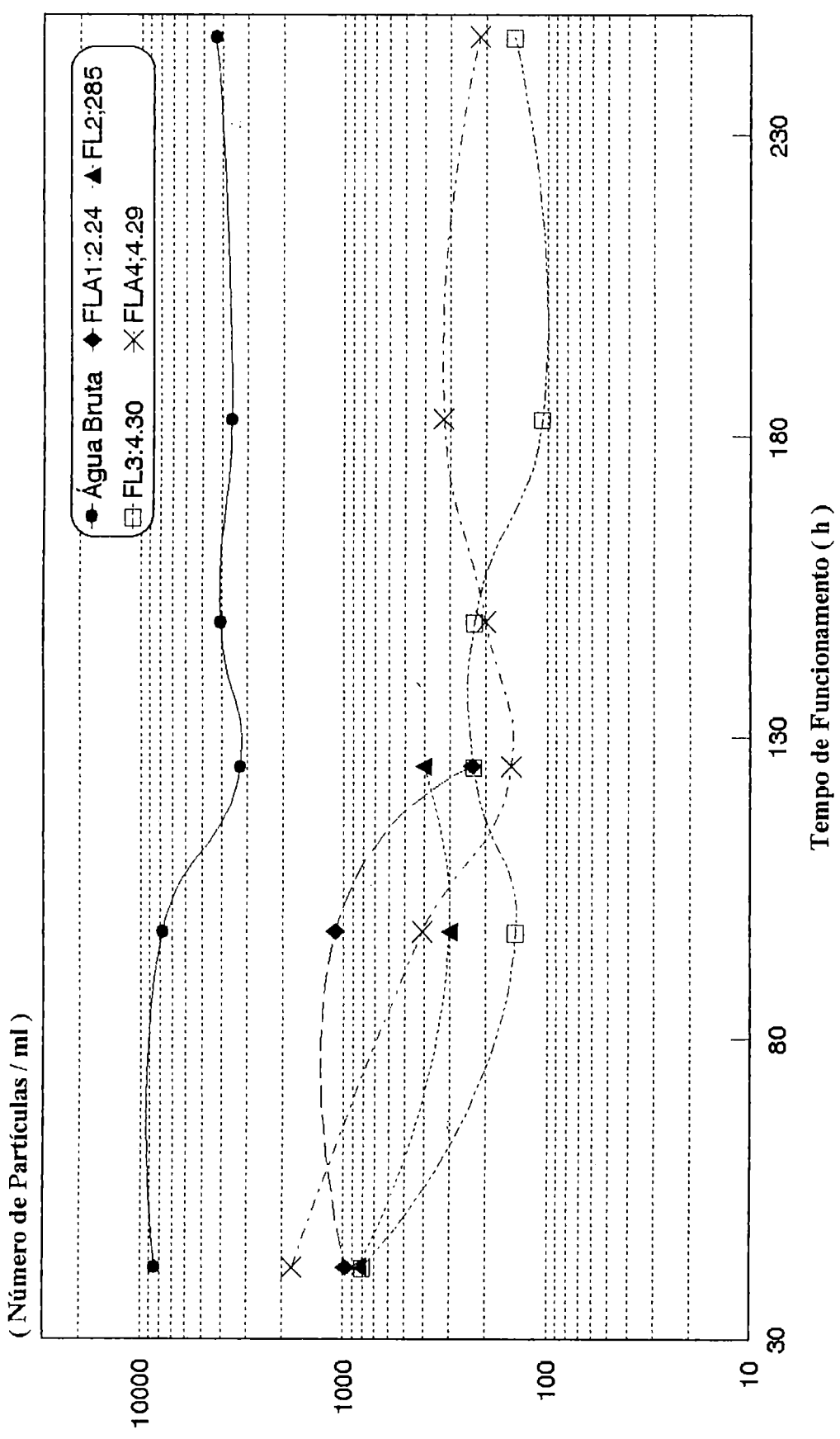


Figura B33 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,70 µm na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 m³/m².d, das 42 as 246.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1b).

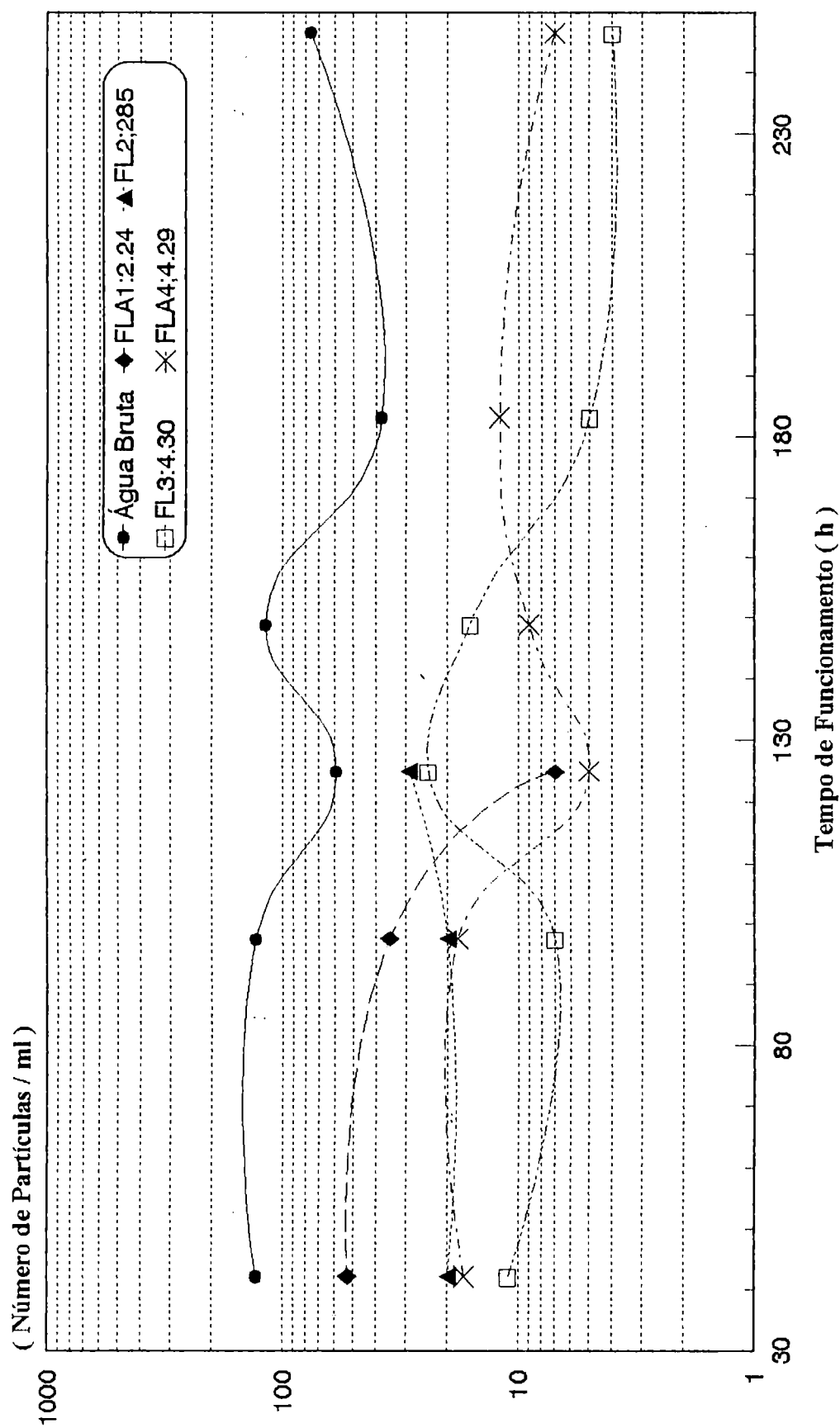


Figura B34 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,30 μm na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, das 42 as 246.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1b).

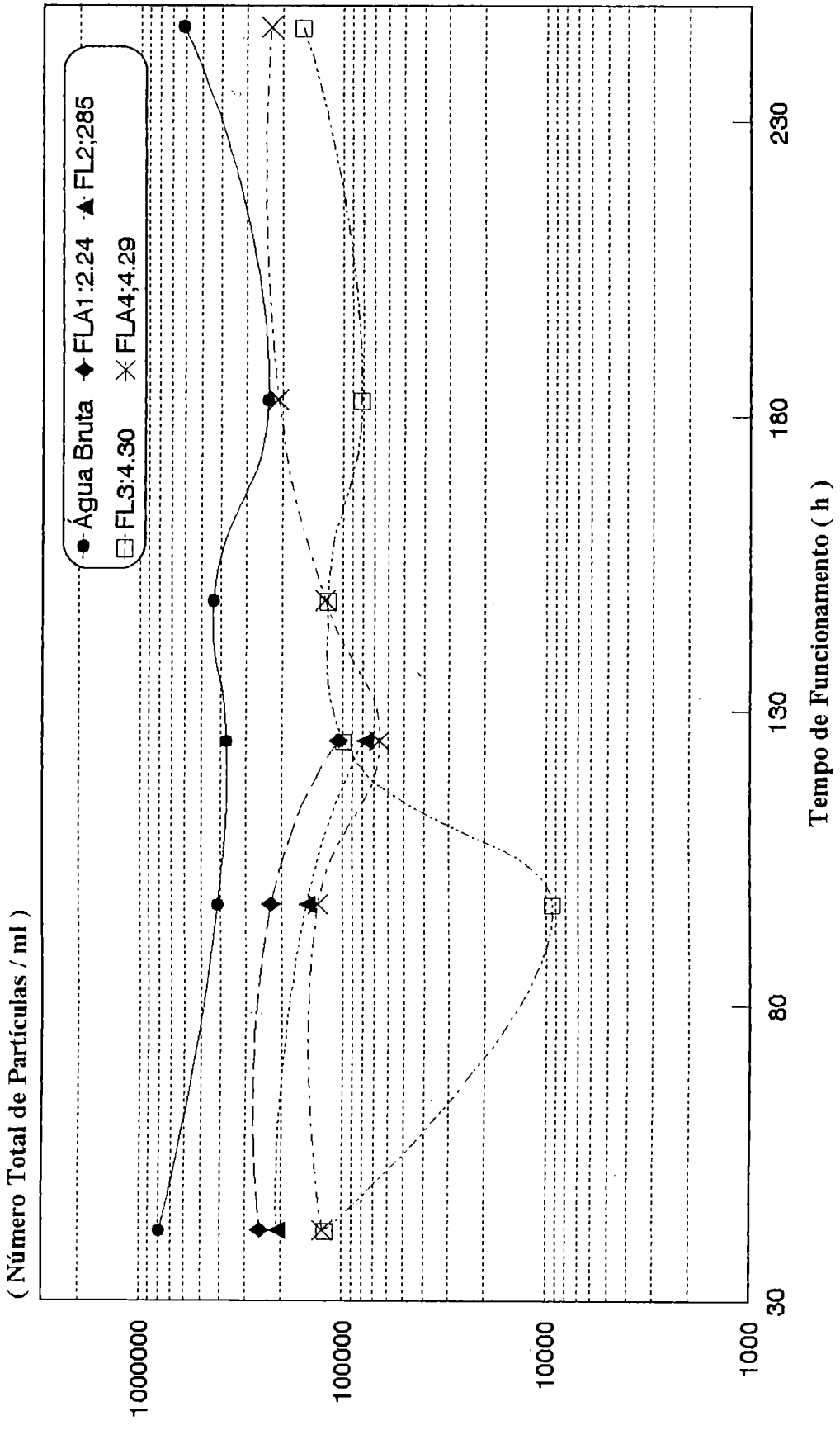


Figura B35 Variação do Número Total De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 m³/m².d, das 42 as 246.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1b).

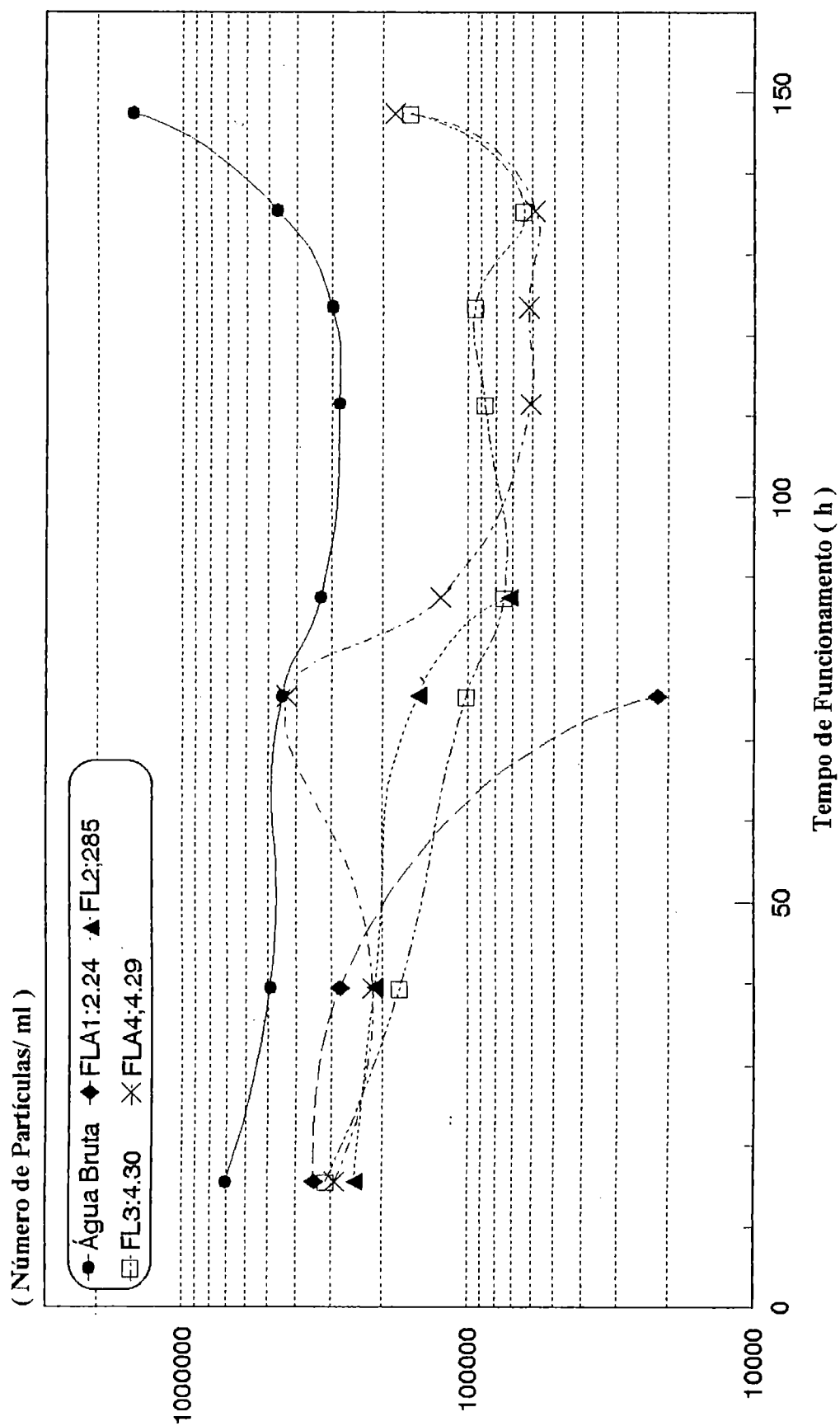


Figura B36 Variação do Número De Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 μ m, na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 m³/m².d, das 15.5 as 147.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1c).

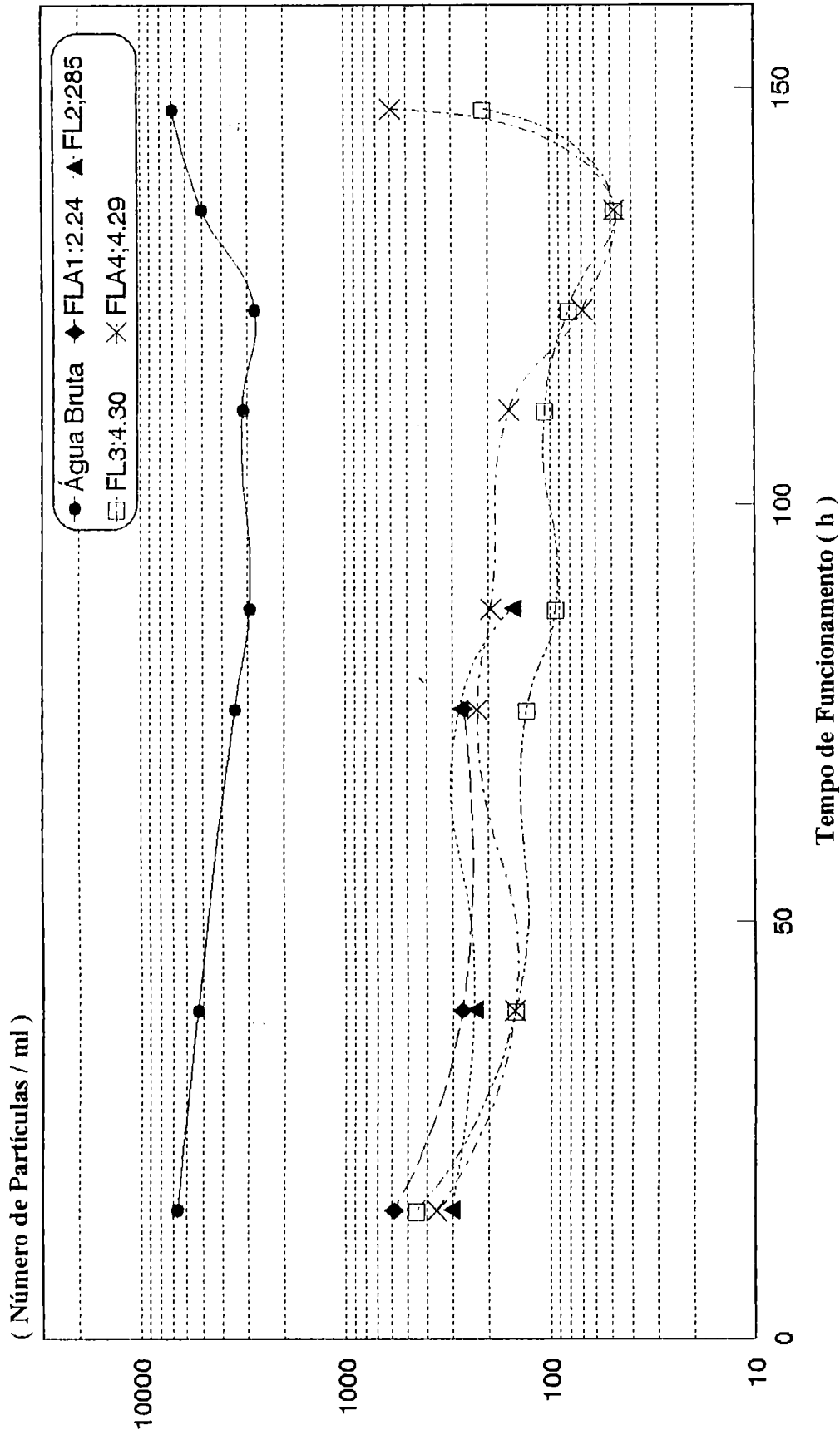


Figura B37 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,70 μm , na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, das 15.5 as 147.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1c).

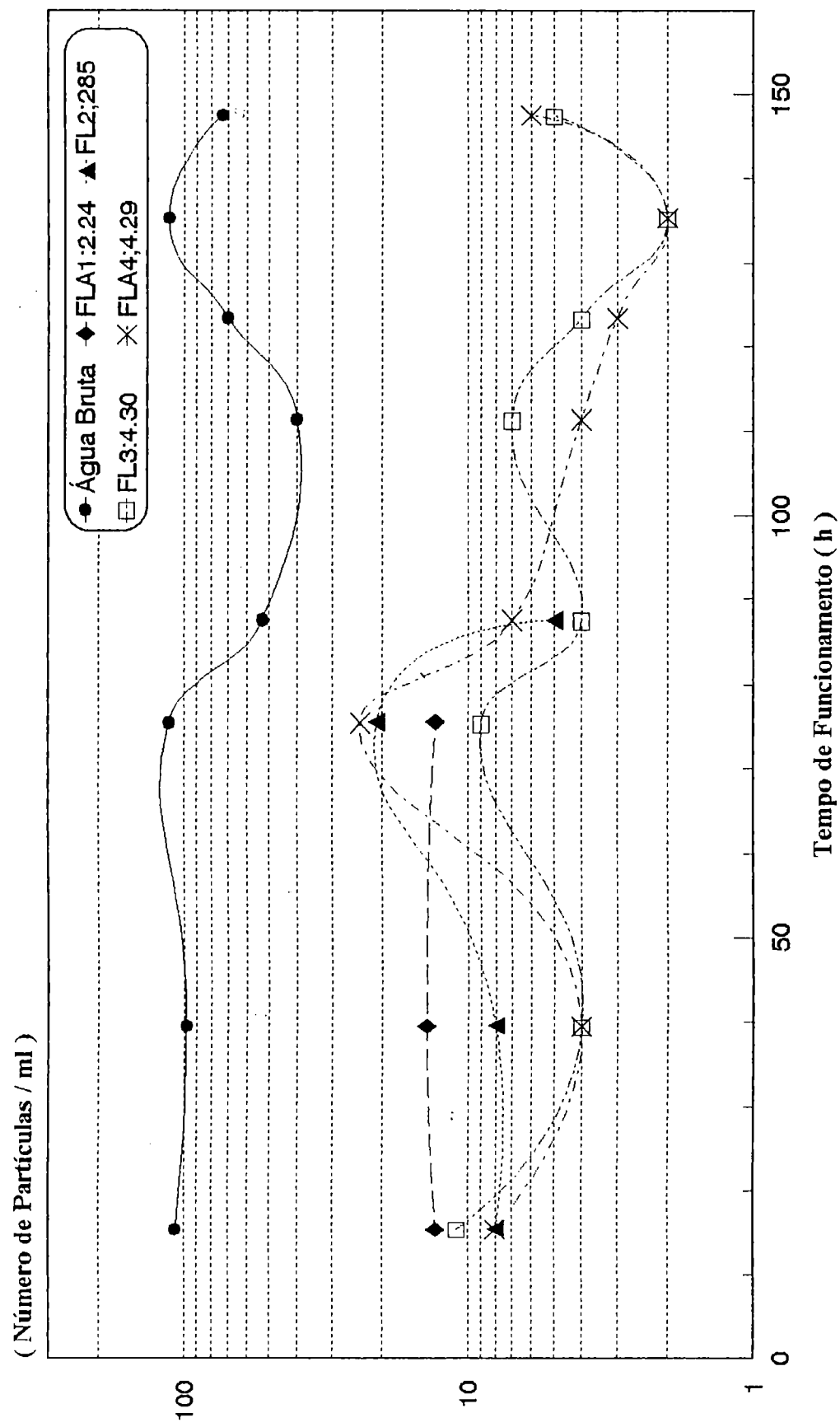


Figura B38 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,30 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 m³/m².d, das 15.5 as 147.5 hs de Funcionamento. Ensaio (1c).

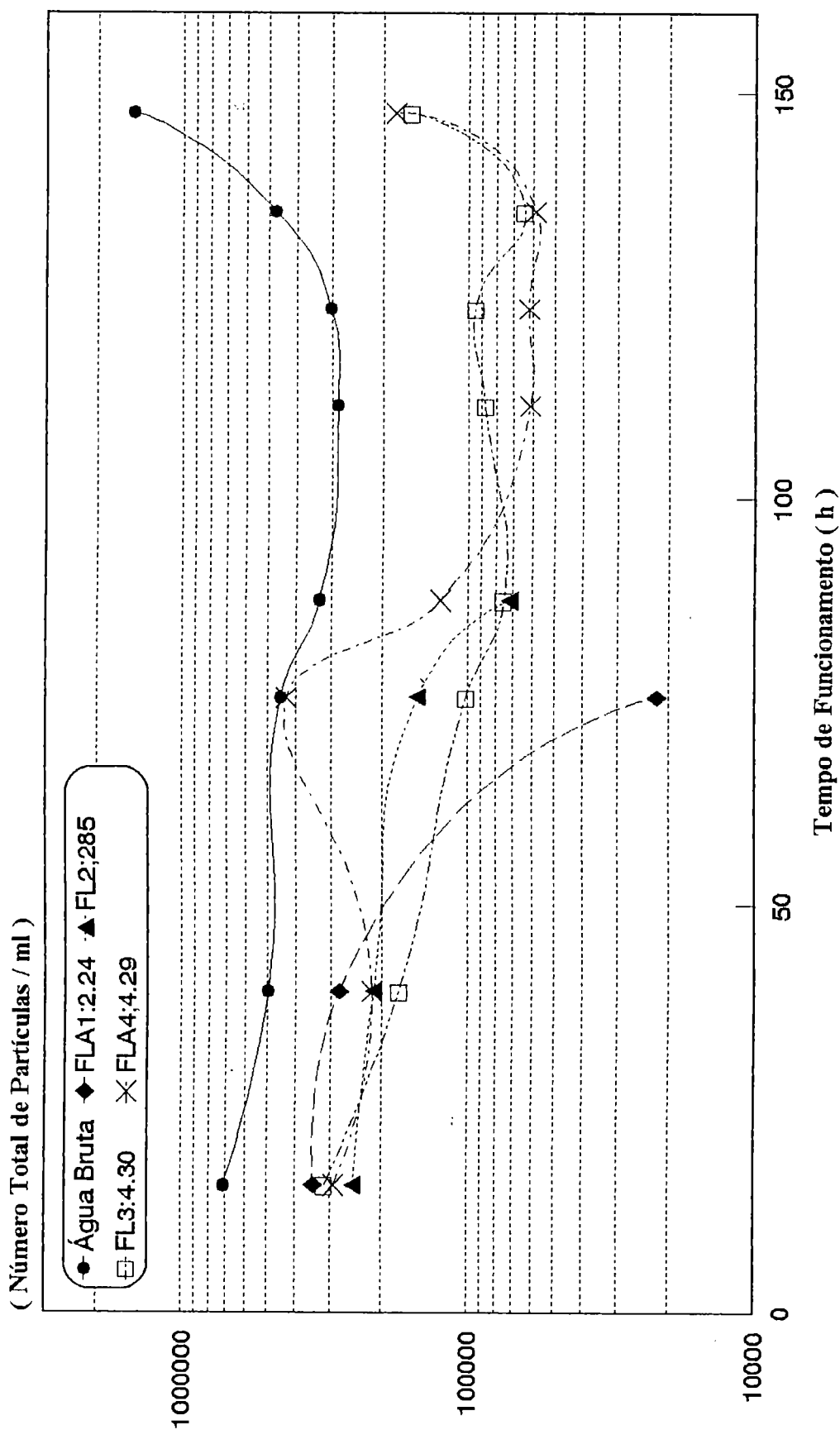


Figura B39 Variação do Número Total De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm na Água Bruta e os Efluentes dos Filtros Lentos. Taxa 6.0 m³/m².d, das 15.5 as 147.5 hs de Funcionamento, Ensaio (1c).

APÊNDICE C
Tabelas e Figuras

TABELA C2 Ensaio : 3a
 Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: Cu = 2.24 LEITURAS PIEZOMETRICAS						Total do filtro (m)	FLA 2: Cu = 2.85 LEITURAS PIEZOMETRICAS					
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro (m)
21/5/94 0:00	564.00	1.230	1.244	1.260	1.291	2.220	0.990	1.224	1.235	1.248	1.268	1.857	0.633	
22/5/94 0:00	588.00	1.230	1.244	1.260	1.289	2.223	0.993	1.224	1.235	1.247	1.267	1.867	0.643	
23/5/94 0:00	612.00	1.230	1.244	1.261	1.290	2.253	1.023	1.224	1.235	1.248	1.267	1.880	0.656	
24/5/94 0:00	636.00	1.230	1.244	1.260	1.287	2.325	1.095	1.224	1.234	1.246	1.267	1.934	0.710	
25/5/94 10:00	658.00	1.230	1.244	1.260	1.286	2.350	1.120	1.224	1.234	1.247	1.267	1.944	0.720	
26/5/94 0:00	684.00	-	-	-	-	-	-	1.224	1.235	1.247	1.266	1.969	0.745	
27/5/94 0:00	708.00	-	-	-	-	-	-	1.224	1.234	1.246	1.264	1.999	0.775	
28/5/94 0:00	732.00	-	-	-	-	-	-	1.224	1.234	1.245	1.261	2.065	0.841	
29/5/94 0:00	756.00	-	-	-	-	-	-	1.224	1.235	1.249	1.268	2.161	0.937	
30/5/94 0:00	780.00	-	-	-	-	-	-	1.224	1.234	1.247	1.268	2.170	0.946	
31/5/94 0:00	804.00	-	-	-	-	-	-	1.224	1.236	1.250	1.270	2.230	1.006	
1/6/94 7:00	823.00	-	-	-	-	-	-	1.225	1.237	1.250	1.274	2.350	1.125	

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA C4 Ensaio : 3a

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação)

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
21/5/94 0:00	564.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.409	0.194	1.219	1.224	1.232	1.250	1.432	0.213
22/5/94 0:00	588.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.406	0.191	1.219	1.224	1.232	1.250	1.440	0.221
23/5/94 0:00	612.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.404	0.189	1.219	1.224	1.232	1.249	1.445	0.226
24/5/94 0:00	636.00	1.215	1.220	1.227	1.236	1.414	0.199	1.225	1.230	1.240	1.258	1.464	0.239
25/5/94 10:00	658.00	1.215	1.220	1.227	1.236	1.408	0.193	1.229	1.233	1.240	1.257	1.468	0.239
26/5/94 0:00	684.00	1.215	1.220	1.227	1.236	1.409	0.194	1.225	1.230	1.240	1.257	1.474	0.249
27/5/94 0:00	708.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.409	0.194	1.227	1.232	1.240	1.256	1.477	0.250
28/5/94 0:00	732.00	1.214	1.220	1.226	1.235	1.409	0.195	1.226	1.232	1.240	1.259	1.520	0.294
29/5/94 0:00	756.00	1.214	1.219	1.227	1.236	1.407	0.193	1.227	1.232	1.242	1.262	1.534	0.307
30/5/94 0:00	780.00	1.214	1.218	1.227	1.236	1.407	0.193	1.228	1.232	1.242	1.262	1.534	0.306
31/5/94 0:00	804.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.405	0.190	1.226	1.231	1.240	1.258	1.533	0.307
1/6/94 7:00	823.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.407	0.192	1.225	1.231	1.240	1.259	1.564	0.339
2/6/94 0:00	852.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.405	0.190	1.225	1.231	1.240	1.260	1.551	0.326
3/6/94 0:00	876.00	1.215	1.220	1.227	1.235	1.413	0.198	1.225	1.231	1.240	1.259	1.578	0.353
4/6/94 0:00	900.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.417	0.202	1.225	1.230	1.237	1.255	1.578	0.353
5/6/94 0:00	924.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.440	0.225	1.225	1.231	1.240	1.259	1.614	0.389
6/6/94 0:00	948.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.460	0.245	1.225	1.231	1.240	1.259	1.615	0.390
7/6/94 0:00	972.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.459	0.244	1.225	1.231	1.240	1.259	1.603	0.378
8/6/94 0:00	996.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.483	0.268	1.225	1.231	1.240	1.259	1.640	0.415
9/6/94 0:00	1020.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.472	0.257	1.225	1.231	1.240	1.259	1.610	0.385
10/6/94 0:00	1044.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.477	0.262	1.225	1.231	1.240	1.259	1.639	0.414
11/6/94 0:00	1068.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.485	0.270	1.225	1.231	1.240	1.259	1.644	0.419
12/6/94 0:00	1092.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.486	0.271	1.225	1.231	1.240	1.259	1.652	0.427

TABELA C5 Ensaio : 3a

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação)

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS						
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro [m]	P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro [m]
13/6/94 0:00	1116.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.490	0.275	1.225	1.231	1.240	1.259	1.674	0.449
14/6/94 0:00	1140.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.491	0.276	1.226	1.231	1.240	1.258	1.680	0.454
15/6/94 0:00	1164.00	1.215	1.220	1.228	1.237	1.500	0.285	1.226	1.231	1.240	1.257	1.670	0.444
16/6/94 0:00	1188.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.500	0.285	1.226	1.231	1.240	1.257	1.694	0.468
17/6/94 0:00	1212.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.500	0.285	1.226	1.231	1.240	1.257	1.683	0.457
18/6/94 0:00	1236.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.450	0.235	1.225	1.230	1.239	1.262	1.680	0.455
19/6/94 0:00	1260.00	1.216	1.220	1.227	1.237	1.465	0.249	1.225	1.230	1.240	1.262	1.685	0.460
20/6/94 0:00	1284.00	1.216	1.220	1.227	1.237	1.450	0.234	1.225	1.230	1.240	1.262	1.689	0.464
21/6/94 0:00	1308.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.456	0.241	1.225	1.230	1.240	1.263	1.700	0.475
22/6/94 0:00	1332.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.450	0.235	1.225	1.231	1.239	1.264	1.720	0.495
23/6/94 0:00	1356.00	1.215	1.220	1.228	1.238	1.506	0.291	1.225	1.230	1.239	1.264	1.772	0.547
24/6/94 0:00	1380.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.519	0.304	1.225	1.231	1.241	1.267	1.797	0.572
25/6/94 0:00	1404.00	1.215	1.220	1.227	1.237	1.555	0.340	1.225	1.231	1.241	1.273	1.862	0.637
26/6/94 0:00	1428.00	1.215	1.220	1.227	1.243	1.588	0.373	1.225	1.231	1.241	1.273	1.874	0.649
27/6/94 0:00	1452.00	1.215	1.220	1.227	1.243	1.617	0.402	1.224	1.231	1.241	1.273	1.890	0.666
28/6/94 0:00	1476.00	1.215	1.220	1.227	1.243	1.617	0.402	1.224	1.231	1.241	1.273	1.890	0.666
29/6/94 0:00	1500.00	1.215	1.220	1.227	1.243	1.635	0.420	1.225	1.231	1.241	1.273	1.927	0.702
30/6/94 0:00	1524.00	1.215	1.220	1.227	1.243	1.647	0.432	1.224	1.231	1.241	1.273	1.950	0.726
1/7/94 0:00	1548.00	1.215	1.220	1.227	1.243	1.617	0.402	1.225	1.230	1.244	1.273	1.940	0.715
2/7/94 0:00	1572.00	1.215	1.220	1.227	1.243	1.589	0.374	1.225	1.230	1.244	1.273	1.924	0.699
3/7/94 0:00	1596.00	1.215	1.220	1.227	1.244	1.596	0.381	1.225	1.230	1.244	1.273	1.963	0.738
4/7/94 0:00	1620.00	1.215	1.221	1.230	1.244	1.577	0.362	1.225	1.230	1.240	1.273	1.946	0.721
5/7/94 0:00	1644.00	1.215	1.221	1.230	1.244	1.580	0.365	1.225	1.230	1.240	1.274	1.980	0.755
6/7/94 0:00	1668.00	1.215	1.221	1.230	1.244	1.605	0.390	1.224	1.230	1.240	1.274	2.025	0.801

TABELA C6 Ensaio : 3a

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação)

DATA dd/mm/aa	h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]
			P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
7/7/94	0:00	1692.00	1.216	1.220	1.228	1.243	1.545	0.329	1.226	1.231	1.240	1.271	1.958	0.732
8/7/94	0:00	1716.00	1.216	1.220	1.230	1.244	1.536	0.320	1.226	1.231	1.240	1.274	1.997	0.771
9/7/94	0:00	1740.00	1.214	1.220	1.230	1.245	1.615	0.401	1.225	1.231	1.242	1.280	2.107	0.882
10/7/94	0:00	1764.00	1.214	1.221	1.230	1.247	1.647	0.433	1.225	1.231	1.242	1.282	2.250	1.025
11/7/94	0:00	1788.00	1.215	1.221	1.231	1.248	1.672	0.457	1.225	1.231	1.243	1.286	2.170	0.945
12/7/94	0:00	1812.00	1.215	1.221	1.231	1.248	1.677	0.462	1.225	1.231	1.243	1.286	2.150	0.925
13/7/94	0:00	1836.00	1.215	1.221	1.231	1.247	1.678	0.463	1.226	1.231	1.243	1.280	2.125	0.899
14/7/94	0:00	1860.00	1.215	1.221	1.230	1.247	1.620	0.405	1.225	1.231	1.242	1.282	2.110	0.885
15/7/94	0:00	1884.00	1.215	1.221	1.230	1.247	1.620	0.405	1.225	1.231	1.242	1.282	2.110	0.885
16/7/94	0:00	1908.00	1.215	1.221	1.230	1.247	1.600	0.385	1.225	1.231	1.242	1.282	2.100	0.875
17/7/94	0:00	1932.00	1.215	1.221	1.230	1.247	1.570	0.355	1.225	1.231	1.242	1.282	2.090	0.865
18/7/94	0:00	1956.00	1.215	1.221	1.230	1.247	1.600	0.385	1.225	1.231	1.242	1.282	2.087	0.862
19/7/94	12:00	1992.00	1.215	1.221	1.230	1.247	1.597	0.382	1.225	1.231	1.242	1.282	2.105	0.880
20/7/94	0:00	2004.00	1.215	1.220	1.228	1.244	1.592	0.377	1.226	1.231	1.240	1.270	2.097	0.871
21/7/94	0:00	2028.00	1.216	1.222	1.229	1.244	1.577	0.361	1.227	1.232	1.240	1.271	2.067	0.840
22/7/94	0:00	2052.00	1.215	1.220	1.228	1.243	1.558	0.343	1.225	1.230	1.238	1.266	2.014	0.789
23/7/94	0:00	2076.00	1.214	1.219	1.225	1.235	1.662	0.448	1.224	1.228	1.237	1.263	2.015	0.791
24/7/94	0:00	2100.00	1.216	1.222	1.231	1.247	1.696	0.480	1.227	1.233	1.243	1.277	2.190	0.963
25/7/94	0:00	2124.00	1.215	1.220	1.228	1.243	1.687	0.472	1.226	1.231	1.241	1.275	2.195	0.969
26/7/94	0:00	2148.00	1.214	1.220	1.227	1.240	1.666	0.452	1.225	1.230	1.241	1.270	2.158	0.933
27/7/94	0:00	2172.00	1.215	1.220	1.227	1.241	1.680	0.465	1.226	1.231	1.240	1.273	2.172	0.946
28/7/94	0:00	2196.00	1.217	1.220	1.228	1.242	1.686	0.469	1.227	1.232	1.240	1.268	2.140	0.913
29/7/94	0:00	2220.00	1.215	1.220	1.227	1.240	1.698	0.483	1.226	1.232	1.240	1.274	2.149	0.923
30/7/94	0:00	2244.00	1.215	1.220	1.227	1.240	1.685	0.470	1.225	1.230	1.238	1.265	2.060	0.835

TABELA C7 Ensaio : 3a
Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação)

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
31/7/94 0:00	2268.00	1.214	1.219	1.225	1.235	1.662	0.448	1.224	1.228	1.237	1.263	2.015	0.791
1/8/94 0:00	2292.00	1.215	1.220	1.227	1.238	1.720	0.505	1.225	1.230	1.238	1.267	2.061	0.836
2/8/94 0:00	2316.00	1.214	1.219	1.225	1.236	1.725	0.511	1.225	1.229	1.236	1.264	2.090	0.865
3/8/94 0:00	2340.00	1.215	1.220	1.227	1.240	1.794	0.579	1.225	1.230	1.237	1.267	2.050	0.825
4/8/94 0:00	2364.00	1.215	1.220	1.228	1.242	1.881	0.666	1.225	1.230	1.241	1.275	2.148	0.923
5/8/94 0:00	2388.00	1.215	1.220	1.229	1.243	1.955	0.740	1.225	1.230	1.241	1.276	2.223	0.998
6/8/94 0:00	2412.00	1.215	1.220	1.230	1.244	1.979	0.764	1.225	1.230	1.241	1.277	2.233	1.008
7/8/94 0:00	2436.00	1.215	1.221	1.230	1.245	2.024	0.809	1.225	1.231	1.241	1.279	2.261	1.036
8/8/94 0:00	2460.00	1.216	1.221	1.230	1.244	2.033	0.817	1.225	1.231	1.241	1.278	2.298	1.073
9/8/94 0:00	2484.00	1.216	1.221	1.229	1.244	2.040	0.824	1.225	1.231	1.241	1.279	2.314	1.089
10/8/94 0:00	2508.00	1.215	1.220	1.228	1.243	2.020	0.805	1.225	1.230	1.240	1.276	2.290	1.065
11/8/94 0:00	2532.00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.030	0.815	1.225	1.230	1.240	1.277	2.240	1.015
12/8/94 0:00	2556.00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.035	0.820	1.225	1.231	1.240	1.270	2.280	1.055
13/8/94 0:00	2580.00	1.215	1.220	1.227	1.239	2.050	0.835	1.225	1.231	1.240	1.276	2.280	1.055
14/8/94 0:00	2604.00	1.215	1.220	1.230	1.244	2.085	0.870	1.225	1.230	1.240	1.275	2.318	1.093
15/8/94 0:00	2628.00	1.215	1.221	1.232	1.245	2.105	0.890	1.225	1.231	1.240	1.275	2.350	1.125
16/8/94 0:00	2652.00	1.217	1.221	1.230	1.243	2.100	0.893	1.225	1.230	1.240	1.277	2.240	1.015
17/8/94 0:00	2676.00	1.215	1.220	1.229	1.244	2.105	0.890	1.225	1.231	1.240	1.270	2.280	1.055
18/8/94 0:00	2700.00	1.215	1.221	1.227	1.240	2.173	0.958	1.225	1.231	1.240	1.276	2.280	1.055
19/8/94 0:00	2724.00	1.216	1.221	1.230	1.244	2.170	0.954	1.225	1.230	1.240	1.275	2.318	1.093
20/8/94 0:00	2748.00	1.218	1.220	1.234	1.244	2.170	0.952	1.225	1.231	1.240	1.275	2.350	1.125
21/8/94 0:00	2772.00	1.218	1.220	1.234	1.244	2.163	0.945	1.225	1.230	1.240	1.277	2.240	1.015
22/8/94 0:00	2796.00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.172	0.957	1.225	1.231	1.240	1.270	2.280	1.055
23/8/94 0:00	2820.00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.182	0.967	1.225	1.231	1.240	1.276	2.280	1.055
24/8/94 0:00	2844.00	1.216	1.231	1.230	1.245	2.226	1.010	1.225	1.230	1.240	1.275	2.318	1.093
25/8/94 5:00	2861.00	1.216	1.221	1.229	1.243	2.255	1.039	1.225	1.231	1.240	1.275	2.350	1.125
26/8/94 0:00	2892.00	1.216	1.221	1.230	1.243	2.350	1.134	1.225	1.231	1.240	1.275	2.350	1.125

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA C8 Ensaio : 3b

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d.

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: Cu = 2.24 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)	FLA 2: Cu = 2.85 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)	
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		
19/7/94 12:00	0:00													
20/7/94 0:00	12:00	1.231	1.244	1.273	1.318	1.326	0.095	1.222	1.231	1.257	1.307	1.320	0.098	
21/7/94 0:00	36:00	1.233	1.247	1.277	1.324	1.333	0.100	1.223	1.233	1.255	1.304	1.315	0.092	
22/7/94 0:00	60:00	1.230	1.244	1.271	1.315	1.323	0.093	1.220	1.230	1.254	1.302	1.315	0.095	
23/7/94 0:00	84:00	1.230	1.244	1.271	1.315	1.330	0.100	1.224	1.234	1.255	1.306	1.317	0.093	
24/7/94 0:00	108:00	1.230	1.246	1.273	1.315	1.330	0.100	1.225	1.236	1.260	1.307	1.328	0.103	
25/7/94 0:00	132:00	1.231	1.244	1.268	1.304	1.325	0.094	1.222	1.233	1.254	1.295	1.326	0.104	
26/7/94 0:00	156:00	1.231	1.245	1.271	1.308	1.335	0.104	1.221	1.232	1.253	1.294	1.330	0.109	
27/7/94 0:00	180:00	1.232	1.245	1.268	1.300	1.331	0.099	1.222	1.233	1.252	1.287	1.328	0.106	
28/7/94 0:00	204:00	1.232	1.245	1.266	1.295	1.332	0.100	1.224	1.235	1.252	1.282	1.327	0.103	
29/7/94 0:00	228:00	1.232	1.245	1.267	1.296	1.345	0.113	1.222	1.233	1.255	1.281	1.325	0.103	
30/7/94 0:00	252:00	1.231	1.243	1.260	1.285	1.348	0.117	1.220	1.230	1.244	1.268	1.331	0.111	
31/7/94 0:00	276:00	1.231	1.243	1.259	1.282	1.355	0.124	1.217	1.227	1.240	1.259	1.333	0.116	
1/8/94 0:00	300:00	1.231	1.243	1.259	1.281	1.377	0.146	1.225	1.235	1.250	1.274	1.367	0.142	
2/8/94 0:00	324:00	1.231	1.242	1.257	1.280	1.392	0.161	1.224	1.234	1.245	1.265	1.374	0.150	
3/8/94 0:00	348:00	1.231	1.243	1.257	1.280	1.413	0.182	1.224	1.234	1.247	1.265	1.393	0.169	
4/8/94 0:00	372:00	1.235	1.246	1.259	1.283	1.455	0.220	1.224	1.237	1.252	1.278	1.443	0.219	
5/8/94 0:00	396:00	1.232	1.247	1.264	1.289	1.522	0.290	1.224	1.236	1.251	1.275	1.466	0.242	
6/8/94 0:00	420:00	1.229	1.246	1.266	1.294	1.556	0.327	1.225	1.237	1.252	1.277	1.490	0.265	
7/8/94 0:00	444:00	1.231	1.246	1.264	1.289	1.585	0.354	1.225	1.238	1.254	1.277	1.521	0.296	
8/8/94 0:00	468:00	1.231	1.246	1.263	1.285	1.608	0.377	1.225	1.237	1.251	1.271	1.535	0.310	
9/8/94 0:00	492:00	1.231	1.246	1.262	1.284	1.641	0.410	1.225	1.236	1.249	1.267	1.546	0.321	
10/8/94 0:00	516:00	1.231	1.244	1.257	1.277	1.657	0.426	1.225	1.237	1.250	1.270	1.575	0.350	
11/8/94 0:00	540:00	1.231	1.245	1.262	1.287	1.767	0.536	1.225	1.237	1.250	1.271	1.612	0.387	

TABELA C9 Ensaio : 3b
Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: C _u = 2.24 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS						Total do filtro (m)	FLA 2 : C _u = 2.85 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS						Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	P1 (m)		P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)			
12/8/94 0:00	564.00	1.231	1.245	1.263	1.286	1.784	0.553	1.225	1.238	1.252	1.272	1.645	0.420		
13/8/94 0:00	588.00	1.231	1.245	1.261	1.284	1.800	0.569	1.225	1.237	1.250	1.270	1.653	0.428		
14/8/94 0:00	612.00	1.230	1.244	1.261	1.283	1.840	0.610	1.225	1.236	1.250	1.269	1.660	0.435		
15/8/94 0:00	636.00	1.230	1.244	1.261	1.282	1.876	0.646	1.227	1.238	1.249	1.267	1.680	0.453		
16/8/94 0:00	660.00	1.230	1.243	1.259	1.279	1.964	0.734	1.227	1.238	1.249	1.267	1.745	0.518		
17/8/94 0:00	684.00	1.230	1.239	1.260	1.284	2.050	0.820	1.231	1.237	1.250	1.271	1.802	0.571		
18/8/94 0:00	708.00	1.230	1.245	1.263	1.287	2.131	0.901	1.226	1.237	1.249	1.268	1.817	0.591		
19/8/94 0:00	732.00	1.232	1.245	1.263	1.289	2.260	1.028	1.225	1.237	1.250	1.270	1.897	0.672		
20/8/94 0:00	756.00	1.230	1.244	1.260	1.286	2.278	1.048	1.226	1.237	1.250	1.268	1.900	0.674		
21/8/94 0:00	780.00	1.230	1.244	1.260	1.286	2.288	1.058	1.226	1.237	1.250	1.268	1.902	0.676		
22/8/94 0:00	804.00	1.230	1.244	1.260	1.286	2.350	1.120	1.225	1.350	1.240	1.267	1.931	0.706		
23/8/94 0:00	828.00	.	.	.	.	.	.	1.255	1.236	1.249	1.267	1.978	0.723
24/8/94 0:00	852.00	.	.	.	.	.	.	1.225	1.236	1.247	1.265	1.980	0.755
25/8/94 5:00	869.00	.	.	.	.	.	.	1.225	1.237	1.248	1.267	2.040	0.815
26/8/94 0:00	900.00	.	.	.	.	.	.	1.226	1.237	1.250	1.271	2.162	0.936
27/8/94 0:00	924.00	.	.	.	.	.	.	1.225	1.236	1.247	1.285	2.200	0.975
28/8/94 0:00	948.00	.	.	.	.	.	.	1.225	1.235	1.246	1.285	2.250	1.025
29/8/94 0:00	972.00	.	.	.	.	.	.	1.225	1.236	1.249	1.271	2.350	1.125

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA C11 Ensaio : 3b
Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

DATA	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
12/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.035	0.820	1.225	1.231	1.240	1.270	2.280	1.055
13/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.239	2.050	0.835	1.225	1.231	1.240	1.276	2.280	1.055
14/8/94	0:00	1.215	1.220	1.230	1.244	2.085	0.870	1.225	1.230	1.240	1.275	2.318	1.093
15/8/94	0:00	1.215	1.221	1.232	1.245	2.105	0.890	1.225	1.231	1.240	1.275	2.350	1.125
16/8/94	0:00	1.217	1.221	1.230	1.243	2.100	0.883	1.225	1.230	1.240	1.277	2.240	1.015
17/8/94	0:00	1.215	1.220	1.229	1.244	2.105	0.890	1.225	1.231	1.240	1.270	2.280	1.055
18/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.173	0.958	1.225	1.231	1.240	1.276	2.280	1.055
19/8/94	0:00	1.216	1.221	1.230	1.244	2.170	0.954	1.225	1.230	1.240	1.275	2.318	1.093
20/8/94	0:00	1.218	1.220	1.234	1.244	2.170	0.952	1.225	1.231	1.240	1.275	2.350	1.125
21/8/94	0:00	1.218	1.220	1.234	1.244	2.163	0.945	1.225	1.230	1.240	1.277	2.240	1.015
22/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.172	0.957	1.225	1.231	1.240	1.270	2.280	1.055
23/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.182	0.967	1.225	1.231	1.240	1.276	2.280	1.055
24/8/94	0:00	1.216	1.231	1.230	1.245	2.226	1.010	1.225	1.230	1.240	1.275	2.318	1.093
25/8/94	5:00	1.216	1.221	1.229	1.243	2.255	1.039	1.225	1.231	1.240	1.275	2.350	1.125
26/8/94	0:00	1.216	1.221	1.230	1.243	2.350	1.134						

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA C10 Ensalo : 3b
Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d.

DATA	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro [m]
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
19/7/94	12:00	1.215	1.221	1.230	1.247	1.597	0.382	1.225	1.231	1.242	1.282	2.105	0.880
20/7/94	0:00	1.215	1.220	1.228	1.244	1.592	0.377	1.226	1.231	1.240	1.270	2.097	0.871
21/7/94	0:00	1.216	1.222	1.229	1.244	1.577	0.361	1.227	1.232	1.240	1.271	2.067	0.840
22/7/94	0:00	1.215	1.220	1.228	1.243	1.558	0.343	1.225	1.230	1.238	1.266	2.014	0.789
23/7/94	0:00	1.214	1.219	1.225	1.235	1.662	0.448	1.224	1.228	1.237	1.263	2.015	0.791
24/7/94	0:00	1.216	1.222	1.231	1.247	1.696	0.480	1.227	1.233	1.243	1.277	2.190	0.963
25/7/94	0:00	1.215	1.220	1.228	1.243	1.687	0.472	1.226	1.231	1.241	1.275	2.195	0.969
26/7/94	0:00	1.214	1.220	1.227	1.240	1.666	0.452	1.225	1.230	1.241	1.270	2.158	0.933
27/7/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.241	1.680	0.465	1.226	1.231	1.240	1.273	2.172	0.946
28/7/94	0:00	1.217	1.220	1.228	1.242	1.696	0.469	1.227	1.232	1.240	1.268	2.140	0.913
29/7/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	1.698	0.483	1.226	1.232	1.240	1.274	2.149	0.923
30/7/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	1.685	0.470	1.225	1.230	1.238	1.265	2.060	0.835
31/7/94	0:00	1.214	1.219	1.225	1.235	1.662	0.448	1.224	1.228	1.237	1.263	2.015	0.791
1/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.238	1.720	0.505	1.225	1.230	1.238	1.267	2.061	0.836
2/8/94	0:00	1.214	1.219	1.225	1.236	1.725	0.511	1.225	1.229	1.236	1.264	2.090	0.865
3/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	1.794	0.579	1.225	1.230	1.237	1.267	2.050	0.825
4/8/94	0:00	1.215	1.220	1.228	1.242	1.881	0.666	1.225	1.230	1.241	1.275	2.148	0.923
5/8/94	0:00	1.215	1.220	1.229	1.243	1.955	0.740	1.225	1.230	1.241	1.276	2.223	0.998
6/8/94	0:00	1.215	1.220	1.230	1.244	1.979	0.764	1.225	1.230	1.241	1.277	2.233	1.008
7/8/94	0:00	1.215	1.221	1.230	1.245	2.024	0.809	1.225	1.231	1.241	1.279	2.261	1.036
8/8/94	0:00	1.216	1.221	1.230	1.244	2.033	0.817	1.225	1.231	1.241	1.278	2.298	1.073
9/8/94	0:00	1.216	1.221	1.229	1.244	2.040	0.824	1.225	1.231	1.241	1.279	2.314	1.089
10/8/94	0:00	1.215	1.220	1.228	1.243	2.020	0.805	1.225	1.230	1.240	1.276	2.290	1.065
11/8/94	0:00	1.215	1.220	1.227	1.240	2.030	0.815	1.225	1.230	1.240	1.277	2.240	1.015

TABELA C12 Ensaios : 3a - 3b
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA		TEMPO DE FUNCIONAMENTO		TURBIDEZ	COR APARENTE	pH	FERRO TOTAL	MANGANÉS TOTAL	TEMPERATURA
dd/mm/aa	h:mm	(h)	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)	(C)	
27/4/94	12:00	0.00							
28/4/94	0:00	12.00	27.0	170	7.0	0.807	0.030	25.0	25.5
29/4/94	0:00	36.00	27.0	160	7.0			25.0	25.0
30/4/94	0:00	60.00	17.0	115	6.9			24.5	24.5
1/5/94	0:00	84.00	17.0	120	7.0	0.605	0.001	24.0	24.0
2/5/94	0:00	108.00	15.0	100	7.0			24.0	24.0
3/5/94	0:00	132.00	12.0	80	7.0	0.422	0.001	24.0	24.0
4/5/94	0:00	156.00	12.0	80	7.1			25.0	25.0
5/5/94	0:00	180.00	12.0	80	6.9	0.420	0.001	24.5	24.5
6/5/94	0:00	204.00	13.0	80	7.1			24.0	24.0
7/5/94	0:00	228.00	13.0	90	7.0	0.587	0.001	24.0	24.0
8/5/94	0:00	252.00	10.0	60	7.1			24.5	24.5
9/5/94	0:00	276.00	10.0	60	7.1	0.380	0.001	24.0	24.0
10/5/94	0:00	300.00	7.1	60	6.7			23.0	23.0
11/5/94	0:00	324.00	10.0	70	6.7	0.714	0.007	23.0	23.0
12/5/94	0:00	348.00	10.0	70	6.8			23.0	23.0
13/5/94	0:00	372.00	15.0	90	6.5	1.403	0.054	20.5	20.5
14/5/94	0:00	396.00	11.0	80	6.7			22.0	22.0
15/5/94	0:00	420.00	5.6	60	7.3	0.818	0.022	21.0	21.0
16/5/94	0:00	444.00	6.5	40	7.2			21.0	21.0
17/5/94	0:00	468.00	8.5	70	7.1	0.914	0.018	22.0	22.0
18/5/94	0:00	492.00	7.5	60	7.0			21.0	21.0
19/5/94	0:00	516.00	7.0	100	7.1	0.837	0.021	21.0	21.0
20/5/94	0:00	540.00	7.0	60	7.3			20.0	20.0
21/5/94	0:00	564.00	7.1	60	7.1	0.620	0.002	21.0	21.0

TABELA C13 Ensaios : 3a - 3b, (Continuação).
Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA	TEMPO DE		TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA
	dd/mm/aa	h:mm							APARENTE	TOTAL	TOTAL	(C)
	(h)	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		
22/5/94	588.00	5.0	50	7.0				22.0
23/5/94	612.00	5.5	50	7.1	0.540	0.001		22.0
24/5/94	636.00	4.3	40	7.0				22.0
25/5/94	658.00	5.1	40	7.0	0.603	0.010		22.0
26/5/94	684.00	5.0	40	7.0				22.0
27/5/94	708.00	5.0	40	7.1	0.590	0.008		22.0
28/5/94	732.00	27.0	115	7.1				20.5
29/5/94	756.00	25.0	115	7.0	0.823	0.004		21.0
30/5/94	780.00	23.0	120	7.1				21.0
31/5/94	804.00	17.0	70	7.1	0.670	0.005		21.0
1/6/94	823.00	15.0	90	7.1				21.5
2/6/94	852.00	8.1	70	7.2	0.624	0.004		21.5
3/6/94	876.00	8.4	70	7.2				21.5
4/6/94	900.00	6.1	60	7.2				20.0
5/6/94	924.00	5.5	50	7.4				21.0
6/6/94	948.00	16.0	115	7.1	1.136	0.028		21.0
7/6/94	972.00	4.4	40	7.1				21.5
8/6/94	996.00	4.4	80	7.0	0.438	0.003		20.0
9/6/94	1020.00	3.5	40	7.1				18.0
10/6/94	1044.00	4.0	40	7.1	0.427	0.005		20.0
11/6/94	1068.00	4.3	40	7.1				20.0
12/6/94	1092.00	4.0	40	7.1	0.414	0.006		20.0
13/6/94	1116.00	4.4	40	7.0				19.0
14/6/94	1140.00	4.0	40	7.0	0.425	0.002		20.0
15/6/94	1164.00	4.4	40	6.9				20.0

TABELA C14 Ensaios : 3a - 3b, (Continuação).
Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA		FUNÇIONAMENTO		TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
dd/mm/aa	h:mm	(h)	(uT)						
16/6/94	0:00	1188.00	4.0	40	7.2	0.430	0.005	21.5	
17/6/94	0:00	1212.00	3.9	40	7.1			21.0	
18/6/94	0:00	1236.00	4.0	40	7.1	0.365	0.004	21.0	
19/6/94	0:00	1260.00	4.1	40	7.1			21.0	
20/6/94	0:00	1284.00	3.7	30	7.1	0.298	0.001	21.0	
21/6/94	0:00	1308.00	3.6	40	7.0			20.5	
22/6/94	0:00	1332.00	4.9	40	7.0	0.410	0.004	20.5	
23/6/94	0:00	1356.00	30.0	140	7.1			19.5	
24/6/94	0:00	1380.00	25.0	130	7.0	0.807	0.004	19.5	
25/6/94	0:00	1404.00	19.0	100	7.0			18.0	
26/6/94	0:00	1428.00	19.0	100	6.9	0.800	0.001	18.0	
27/6/94	0:00	1452.00	16.0	90	6.8			17.0	
28/6/94	0:00	1476.00	15.0	90	6.8	0.842	0.001	17.0	
29/6/94	0:00	1500.00	12.0	70	6.8			17.0	
30/6/94	0:00	1524.00	7.9	60	6.7	0.410	0.001	18.0	
1/7/94	0:00	1548.00	7.1	60	6.7			18.0	
2/7/94	0:00	1572.00	6.5	50	6.7	0.393	0.001	19.0	
3/7/94	0:00	1596.00	6.4	50	6.6			19.0	
4/7/94	0:00	1620.00	5.6	50	6.8	0.310	N.D	19.0	
5/7/94	0:00	1644.00	5.9	50	6.7			19.0	
6/7/94	0:00	1668.00	5.9	50	7.0	0.433	0.005	19.5	
7/7/94	0:00	1692.00	5.5	50	6.9			21.0	
8/7/94	0:00	1716.00	4.9	50	6.9	0.410	0.001	19.5	
9/7/94	0:00	1740.00	4.5	50	6.9			16.0	
10/7/94	0:00	1764.00	4.5	50	6.9	0.493	0.001	17.0	



TABELA C15 Ensaios : 3a - 3b, (Continuação).
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA		TEMPO DE FUNCIONAMENTO				TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
dd/mm/aa	h:mm	(h)									
11/7/94	0:00	1788.00			4.9	50	6.9			16.5	
12/7/94	0:00	1812.00			5.0	50	6.9	0.548	0.001	17.5	
13/7/94	0:00	1836.00			4.4	40	6.9			17.5	
14/7/94	0:00	1860.00			4.3	40	7.2	0.510	0.001	17.0	
15/7/94	0:00	1884.00			4.0	40	7.1			18.5	
16/7/94	0:00	1908.00			3.6	30	7.0	0.428	0.001	19.0	
17/7/94	0:00	1932.00			3.6	30	7.2			19.0	
18/7/94	0:00	1956.00			3.9	40	7.0	0.416	0.002	19.5	
19/7/94	12:00	1992.00			3.9	30	7.0			19.0	
20/7/94	0:00	2004.00			4.1	40	7.1	0.524	0.010	20.0	
21/7/94	0:00	2028.00			3.8	40	7.0			21.0	
22/7/94	0:00	2052.00			3.9	40	6.7	0.504	0.001	21.0	
23/7/94	0:00	2076.00			14.0	90	7.1			20.0	
24/7/94	0:00	2100.00			16.0	90	7.2	0.850	0.001	19.0	
25/7/94	0:00	2124.00			16.0	90	7.2			20.0	
26/7/94	0:00	2148.00			16.0	70	7.6	0.843	0.001	20.0	
27/7/94	0:00	2172.00			12.0	80	7.1			21.0	
28/7/94	0:00	2196.00			11.0	70	6.8	0.727	0.005	21.0	
29/7/94	0:00	2220.00			6.4	60	6.7			21.0	
30/7/94	0:00	2244.00			7.0	70	6.8	0.785	0.002	22.0	
31/7/94	0:00	2268.00			6.0	60	6.6			22.0	
1/8/94	0:00	2292.00			6.2	60	6.7	0.726	0.001	22.0	
2/8/94	0:00	2316.00			6.2	60	6.7			22.0	
3/8/94	0:00	2340.00			6.0	60	6.8	0.870	0.001	21.0	
4/8/94	0:00	2364.00			6.4	60	6.9			19.0	
5/8/94	0:00	2388.00			8.6	80	7.2	0.904	0.011	18.5	

(*) correspondente a (o) horas no ensaio 3h

TABELA C16 Ensaios : 3a - 3b, (Continuação).
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA	h:mm	TEMPO DE				pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
		FUNCIONAMENTO (h)	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)					
6/8/94	0:00	2412.00	25.0	140	7.2			17.0	
7/8/94	0:00	2436.00	22.0	140	7.3	1.700	0.001	18.5	
8/8/94	0:00	2460.00	18.0	115	7.1			19.0	
9/8/94	0:00	2484.00	15.0	100	7.1	0.912	0.001	20.0	
10/8/94	0:00	2508.00	12.0	80	6.8			22.5	
11/8/94	0:00	2532.00	10.0	70	7.0	0.827	0.001	19.5	
12/8/94	0:00	2556.00	10.0	70	6.7			21.0	
13/8/94	0:00	2580.00	10.0	70	6.8	0.420	0.001	21.0	
14/8/94	0:00	2604.00	8.0	60	6.9			21.0	
15/8/94	0:00	2628.00	10.0	70	7.0	0.643	0.001	22.0	
16/8/94	0:00	2652.00	10.0	70	6.7			23.0	
17/8/94	0:00	2676.00	6.1	60	6.9	0.495	0.001	22.0	
18/8/94	0:00	2700.00	6.0	60	7.3			22.0	
19/8/94	0:00	2724.00	5.9	60	7.2	0.462	0.001	22.0	
20/8/94	0:00	2748.00	9.4	80	7.4			23.0	
21/8/94	0:00	2772.00	8.8	80	7.4	0.546	0.002	23.0	
22/8/94	0:00	2796.00	9.5	70	7.2			23.0	
23/8/94	0:00	2820.00	13.0	80	7.3	0.490	0.001	23.0	
24/8/94	0:00	2844.00	25.0	140	7.3			23.5	
25/8/94	5:00	2861.00	27.0	170	7.1	0.947	0.010	23.0	
26/8/94	0:00	2892.00	18.0	120	7.0			22.5	
27/8/94	0:00	2916.00	28.0	170	7.1	1.078	0.012	23.0	
28/8/94	0:00	2940.00	24.0	140	7.1			22.5	
29/8/94	0:00	2964.00	18.0	115	7.1	0.752	0.001	23.0	

TABELA C17 Ensaio : 3a

Efluente : FLA 1; Cu = 2.24

Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d

DATA		TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	(uT)	(UC)		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
					(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
27/4/94	12:00							0.000	0.00
28/4/94	0:00	30.00	80.0	7.1			23.0	0.076	12.00
29/4/94	0:00	16.00	70.0	7.0	0.010	0.000	25.5	0.080	36.00
30/4/94	0:00	7.10	40.0	7.1			22.0	0.093	60.00
1/5/94	0:00	4.30	25.0	7.1	0.000	0.000	22.0	0.112	84.00
2/5/94	0:00	7.10	15.0	7.1			22.5	0.121	108.00
3/5/94	0:00	1.60	10.0	7.2	0.000	0.000	25.0	0.148	132.00
4/5/94	0:00	1.40	15.0	7.1	0.037	0.000	25.0	0.174	156.00
5/5/94	0:00	1.20	7.5	7.2			25.0	0.214	180.00
6/5/94	0:00	1.10	7.5	7.2	0.025	0.000	25.0	0.244	204.00
7/5/94	0:00	1.00	7.5	7.1			25.0	0.273	228.00
8/5/94	0:00	0.95	7.5	7.1	0.000	0.000	25.0	0.305	252.00
9/5/94	0:00	0.90	7.5	7.2			25.0	0.306	276.00
10/5/94	0:00	0.85	7.5	6.9	0.015	0.000	24.0	0.376	300.00
11/5/94	0:00	1.00	7.5	7.0			22.5	0.445	324.00
12/5/94	0:00	0.90	7.5	7.0	0.000	0.000	21.0	0.474	348.00
13/5/94	0:00	0.91	7.5	7.0			21.0	0.522	372.00
14/5/94	0:00	0.82	7.5	7.1	0.016	0.000	21.0	0.607	396.00
15/5/94	0:00	0.90	10.0	7.1			20.0	0.658	420.00
16/5/94	0:00	0.79	5.0	7.3	0.020	0.000	21.0	0.670	444.00
17/5/94	0:00	0.84	7.5	7.3			22.0	0.732	468.00
18/5/94	0:00	0.84	7.5	7.4	0.011	0.000	21.0	0.774	492.00
19/5/94	0:00	0.80	7.5	7.3			22.0	0.833	516.00
20/5/94	0:00	0.84	7.5	7.1	0.023	0.000	21.0	0.883	540.00
21/5/94	0:00	0.84	5.0	7.3			22.0	0.990	564.00
22/5/94	0:00	0.75	5.0	7.3	0.014	0.000	22.0	0.993	588.00
23/5/94	0:00	0.85	2.5	7.1			22.0	1.023	612.00
24/5/94	0:00	0.82	2.5	7.0	0.020	0.000	21.0	1.095	636.00
25/5/94	10:00	0.98	2.5	7.0			24.0	1.120	658.00

TABELA C18 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 2;Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 2.4 m3/m2.d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE	(UC)	TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
				(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
27/4/94	12:00							0.00
28/4/94	0:00	60.0	7.0			23.0	0.100	12.00
29/4/94	0:00	60.0	6.9	0.028	0.000	25.5	0.101	36.00
30/4/94	0:00	40.0	7.0			22.0	0.112	60.00
1/5/94	0:00	25.0	7.1	0.000	0.000	22.0	0.127	84.00
2/5/94	0:00	17.5	7.1			22.5	0.129	108.00
3/5/94	0:00	15.0	7.2	0.000	0.000	25.0	0.150	132.00
4/5/94	0:00	12.5	7.2			25.0	0.166	156.00
5/5/94	0:00	10.0	7.1	0.033	0.000	25.0	0.198	180.00
6/5/94	0:00	10.0	7.2			25.0	0.208	204.00
7/5/94	0:00	10.0	7.0	0.015	0.000	25.0	0.221	228.00
8/5/94	0:00	7.5	7.2			25.0	0.239	252.00
9/5/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	25.0	0.261	276.00
10/5/94	0:00	5.0	7.1			25.0	0.280	300.00
11/5/94	0:00	5.0	7.1	0.012	0.000	25.0	0.313	324.00
12/5/94	0:00	5.0	7.1			22.5	0.325	348.00
13/5/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	21.0	0.361	372.00
14/5/94	0:00	5.0	7.1			21.0	0.412	396.00
15/5/94	0:00	5.0	7.3	0.000	0.000	20.0	0.446	420.00
16/5/94	0:00	5.0	7.3			21.0	0.444	444.00
17/5/94	0:00	5.0	7.3	0.012	0.000	22.0	0.477	468.00
18/5/94	0:00	5.0	7.4			21.0	0.504	492.00
19/5/94	0:00	5.0	7.3	0.010	0.000	22.0	0.538	516.00

TABELA C19 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 2 ; Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	(UC)		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)			(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
20/5/94	0:00	5.0	7.2			21.0	0.560	540.00
21/5/94	0:00	5.0	7.2	0.035	0.000	22.0	0.633	564.00
22/5/94	0:00	2.5	7.2			22.0	0.643	588.00
23/5/94	0:00	2.5	7.1	0.049	0.000	22.0	0.656	612.00
24/5/94	0:00	5.0	7.0			21.0	0.710	636.00
25/5/94	10:00	5.0	6.9	0.000	0.000	24.0	0.720	658.00
26/5/94	0:00	5.0	7.0			23.5	0.745	684.00
27/5/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	19.5	0.775	708.00
28/5/94	0:00	7.5	7.3			21.0	0.841	732.00
29/5/94	0:00	7.5	7.0	0.028	0.000	19.0	0.937	756.00
30/5/94	0:00	10.0	7.0			19.0	0.946	780.00
31/5/94	0:00	15.0	6.9	0.100	0.000	22.0	1.006	804.00
1/6/94	7:00	10.0	7.1			21.0	1.125	823.00

TABELA C20 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 3 ; Cu = 4.3
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d.

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)	(m)	(h)
27/4/94	12:00					0.000	0.00
28/4/94	0:00	80.0	7.0			0.048	12.00
29/4/94	0:00	60.0	6.7	0.001	0.000	0.042	36.00
30/4/94	0:00	30.0	7.1			0.044	60.00
1/5/94	0:00	20.0	7.0	0.000	0.000	0.051	84.00
2/5/94	0:00	17.5	7.1			0.051	108.00
3/5/94	0:00	10.0	7.0	0.000	0.000	0.050	132.00
4/5/94	0:00	7.5	7.2			0.050	156.00
5/5/94	0:00	12.5	7.1	0.010	0.000	0.056	180.00
6/5/94	0:00	7.5	7.2			0.064	204.00
7/5/94	0:00	7.5	7.1	0.096	0.000	0.069	228.00
8/5/94	0:00	5.0	7.2			0.075	252.00
9/5/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	0.081	276.00
10/5/94	0:00	5.0	7.1			0.086	300.00
11/5/94	0:00	5.0	7.1	0.020	0.000	0.095	324.00
12/5/94	0:00	5.0	7.0			0.099	348.00
13/5/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	0.107	372.00
14/5/94	0:00	5.0	7.1			0.123	396.00
15/5/94	0:00	7.5	7.4	0.000	0.000	0.134	420.00
16/5/94	0:00	5.0	7.4			0.134	444.00
17/5/94	0:00	7.5	7.3	0.037	0.000	0.150	468.00
18/5/94	0:00	5.0	7.3			0.159	492.00

TABELA C21 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 3 ; Cu = 4.3
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE	(UC)	TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
				(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
19/5/94	0:00	0.60	7.5	0.020	0.000	22.0	0.161	516.00
20/5/94	0:00	0.55	5.0			21.0	0.173	540.00
21/5/94	0:00	0.72	5.0	0.010	0.000	22.0	0.194	564.00
22/5/94	0:00	0.60	2.5			22.0	0.191	588.00
23/5/94	0:00	0.72	2.5	0.035	0.000	22.0	0.189	612.00
24/5/94	0:00	0.70	5.0			21.0	0.199	636.00
25/5/94	10:00	0.97	5.0	0.050	0.000	24.0	0.193	658.00
26/5/94	0:00	0.95	5.0			23.5	0.194	684.00
27/5/94	0:00	0.94	15.0	0.030	0.000	19.5	0.194	708.00
28/5/94	0:00	1.00	10.0			21.0	0.195	732.00
29/5/94	0:00	2.50	15.0	0.090	0.000	19.0	0.193	756.00
30/5/94	0:00	2.50	12.5			19.0	0.193	780.00
31/5/94	0:00	2.60	12.5	0.025	0.000	22.0	0.190	804.00
1/6/94	7:00	1.00	5.0			21.0	0.192	823.00
2/6/94	0:00	1.10	7.5	0.021	0.000	22.0	0.190	852.00
3/6/94	0:00	1.10	10.0			23.0	0.198	876.00
4/6/94	0:00	0.80	10.0			21.0	0.202	900.00
5/6/94	0:00	0.75	7.5			21.0	0.225	924.00
6/6/94	0:00	0.80	7.5	0.020	0.000	22.0	0.245	948.00
7/6/94	0:00	0.85	7.5			23.5	0.244	972.00
8/6/94	0:00	0.71	5.0	0.000	0.000	20.0	0.268	996.00
9/6/94	0:00	0.74	5.0			18.0	0.257	1020.00
10/6/94	0:00	0.83	5.0	0.000	0.000	20.0	0.262	1044.00

TABELA C22 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 3 ; Cu = 4,3
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
11/6/94	0:00	5.0	7.0			20.0	0.270	1068.00
12/6/94	0:00	5.0	7.1	0.016	0.000	20.0	0.271	1092.00
13/6/94	0:00	5.0	7.1			20.0	0.275	1116.00
14/6/94	0:00	7.5	7.0	0.010	0.000	20.5	0.276	1140.00
15/6/94	0:00	15.0	7.0			22.0	0.285	1164.00
16/6/94	0:00	15.0	7.1	0.021	0.000	23.0	0.285	1188.00
17/6/94	0:00	7.5	7.0			22.5	0.285	1212.00
18/6/94	0:00	5.0	7.0	0.000	0.000	23.0	0.235	1236.00
19/6/94	0:00	15.0	7.0			23.0	0.249	1260.00
20/6/94	0:00	7.5	7.0	0.000	0.000	23.0	0.234	1284.00
21/6/94	0:00	7.5	6.9			20.5	0.241	1308.00
22/6/94	0:00	7.5	6.9	0.000	0.000	18.0	0.235	1332.00
23/6/94	0:00	10.0	7.0			19.0	0.291	1356.00
24/6/94	0:00	20.0	7.1	0.173	0.000	20.5	0.304	1380.00
25/6/94	0:00	20.0	6.9			18.0	0.340	1404.00
26/6/94	0:00	30.0	7.0	0.283	0.000	15.0	0.373	1428.00
27/6/94	0:00	20.0	6.8			18.0	0.402	1452.00
28/6/94	0:00	20.0	6.8	0.250	0.000	18.0	0.402	1476.00
29/6/94	0:00	20.0	6.8			18.0	0.420	1500.00
30/6/94	0:00	17.5	6.8	0.064	0.000	20.0	0.432	1524.00
1/7/94	0:00	15.0	6.8			21.0	0.402	1548.00
2/7/94	0:00	12.5	6.8	0.011	0.000	20.0	0.374	1572.00
3/7/94	0:00	15.0	6.8			20.0	0.381	1596.00

TABELA C23 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 3 ; Cu = 4.3
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
4/7/94	0:00	1.50	12.5	6.8	0.012	0.000	21.5	0.362	1620.00
5/7/94	0:00	1.60	12.5	6.8			18.0	0.365	1644.00
6/7/94	0:00	1.60	12.5	6.8	0.081	0.000	21.0	0.390	1668.00
7/7/94	0:00	1.40	10.0	6.8			21.5	0.329	1692.00
8/7/94	0:00	1.20	10.0	6.8	0.081	0.000	19.0	0.320	1716.00
9/7/94	0:00	1.10	10.0	6.8			10.0	0.401	1740.00
10/7/94	0:00	1.10	10.0	6.8	0.047	0.000	13.0	0.433	1764.00
11/7/94	0:00	1.00	5.0	6.8			12.5	0.457	1788.00
12/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.072	0.000	15.0	0.462	1812.00
13/7/94	0:00	0.98	5.0	7.0			18.5	0.463	1836.00
14/7/94	0:00	0.94	5.0	7.0	0.053	0.000	15.5	0.405	1860.00
15/7/94	0:00	1.00	5.0	6.8			20.5	0.405	1884.00
16/7/94	0:00	0.95	5.0	6.8	0.055	0.000	21.0	0.385	1908.00
17/7/94	0:00	1.00	7.5	7.0			21.0	0.355	1932.00
18/7/94	0:00	1.00	7.5	6.8	0.049	0.000	22.0	0.385	1956.00
19/7/94	12:00	1.00	5.0	6.8			19.0	0.382	1992.00
20/7/94	0:00	0.98	7.5	7.1	0.000	0.000	22.0	0.377	2004.00
21/7/94	0:00	0.90	7.5	7.1			23.0	0.361	2028.00
22/7/94	0:00	0.96	7.5	7.1	0.062	0.000	23.0	0.343	2052.00
23/7/94	0:00	0.96	7.5	7.2			19.0	0.448	2076.00
24/7/94	0:00	0.96	7.5	7.2	0.151	0.000	19.0	0.480	2100.00
25/7/94	0:00	1.40	12.5	7.4			21.0	0.472	2124.00
26/7/94	0:00	1.10	10.0	7.2	0.054	0.000	22.0	0.452	2148.00
27/7/94	0:00	1.10	10.0	6.9			23	0.465	2172.00
28/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.088	0.000	24	0.469	2196.00
29/7/94	0:00	1.00	10.0	6.9			24	0.483	2220.00

TABELA C24 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 3 ; Cu = 4,3
 Taxa de Filtração : 2,4 m³/m².d. (Continuação).

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
30/7/94	0:00	1,00	10,0	7,0	0,167	0,000	24,5	0,470	2244,00
31/7/94	0:00	1,00	10,0	6,8			24	0,448	2268,00
1/8/94	0:00	1,00	10,0	6,8	0,089	0,000	21	0,505	2292,00
2/8/94	0:00	1,00	10,0	6,9			23,5	0,511	2316,00
3/8/94	0:00	1,00	10,0	7,1	0,011	0,000	21	0,579	2340,00
4/8/94	0:00	1,10	10,0	7,0			16	0,666	2364,00
5/8/94	0:00	1,10	12,5	7,0	0,158	0,000	17	0,740	2388,00
6/8/94	0:00	1,00	10,0	7,0			15,5	0,764	2412,00
7/8/94	0:00	1,00	10,0	6,9	0,840	0,000	17,5	0,809	2436,00
8/8/94	0:00	1,40	12,5	6,8			20	0,817	2460,00
9/8/94	0:00	1,00	10,0	7,1	0,686	0,000	22	0,824	2484,00
10/8/94	0:00	1,00	7,5	6,8			21,5	0,805	2508,00
11/8/94	0:00	0,89	7,5	6,9	0,025	0,000	18,5	0,815	2532,00
12/8/94	0:00	0,75	7,5	6,8			20	0,820	2556,00
13/8/94	0:00	0,80	7,5	6,8	0,000	0,000	21,5	0,835	2580,00
14/8/94	0:00	0,84	7,5	6,8			20,5	0,870	2604,00
15/8/94	0:00	0,86	7,5	7,0	0,000	0,000	23	0,890	2628,00
16/8/94	0:00	0,75	17,5	6,6			23	0,883	2652,00
17/8/94	0:00	0,76	5,0	6,7	0,000	0,000	21	0,890	2676,00
18/8/94	0:00	0,85	5,0	6,8			21	0,958	2700,00
19/8/94	0:00	0,90	5,0	6,8	0,000	0,000	22	0,954	2724,00
20/8/94	0:00	0,78	5,0	6,8			22	0,952	2748,00
21/8/94	0:00	0,78	5,0	6,9	0,000	0,000	22	0,945	2772,00
22/8/94	0:00	0,84	5,0	6,8			24	0,957	2796,00
23/8/94	0:00	1,00	12,5	6,7	0,000	0,000	21,5	0,967	2820,00
24/8/94	0:00	0,68	5,0	6,8			22,5	1,010	2844,00
25/8/94	5:00	0,86	5,0	6,7	0,000	0,000	22,5	1,039	2861,00
26/8/94	0:00	0,80	5,0	6,8			24,5	1,134	2892,00

TABELA C25 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 4 ; Cu = 4.29
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d.

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	(uT)	APARENTE	TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
		(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
27/4/94	12:00	0.0						
28/4/94	0:00	30.00	7.0			23.0	0.073	12.00
29/4/94	0:00	16.00	6.7	0.062	0.000	25.5	0.067	36.00
30/4/94	0:00	8.00	7.0			22.0	0.071	60.00
1/5/94	0:00	5.50	7.0	0.000	0.000	22.0	0.072	84.00
2/5/94	0:00	5.10	7.2			22.5	0.073	108.00
3/5/94	0:00	3.70	7.1	0.000	0.000	25.0	0.066	132.00
4/5/94	0:00	3.20	7.1			25.0	0.078	156.00
5/5/94	0:00	2.60	7.2	0.091	0.000	25.0	0.078	180.00
6/5/94	0:00	2.40	7.2			25.0	0.084	204.00
7/5/94	0:00	1.90	7.1	0.093	0.000	25.0	0.085	228.00
8/5/94	0:00	1.60	7.2			25.0	0.086	252.00
9/5/94	0:00	1.40	7.2	0.000	0.000	25.0	0.088	276.00
10/5/94	0:00	1.20	7.1			25.0	0.090	300.00
11/5/94	0:00	1.10	7.1	0.018	0.000	24.0	0.095	324.00
12/5/94	0:00	0.92	7.1			22.5	0.103	348.00
13/5/94	0:00	0.80	7.1	0.000	0.000	21.0	0.113	372.00
14/5/94	0:00	0.71	7.1			21.0	0.126	396.00
15/5/94	0:00	0.70	7.3	0.010	0.000	20.0	0.138	420.00
16/5/94	0:00	0.65	7.4			21.0	0.137	444.00
17/5/94	0:00	0.65	7.3	0.013	0.000	22.0	0.164	468.00
18/5/94	0:00	0.60	7.2			21.0	0.175	492.00
19/5/94	0:00	0.60	7.3	0.022	0.000	22.0	0.175	516.00

TABELA C26 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 4 ; Cu = 4,29
 Taxa de filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

dd/mm/aa	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
20/5/94	0:00	0.60	5.0	7.3			21.0	0.192	540.00
21/5/94	0:00	0.65	5.0	7.2	0.000	0.000	22.0	0.213	564.00
22/5/94	0:00	0.57	2.5	7.2			22.0	0.221	588.00
23/5/94	0:00	0.75	2.5	7.2	0.028	0.000	22.0	0.226	612.00
24/5/94	0:00	0.77	5.0	7.0			21.0	0.239	636.00
25/5/94	10:00	1.00	5.0	7.0	0.022	0.000	24.0	0.239	658.00
26/5/94	0:00	0.98	5.0	7.0			23.5	0.249	684.00
27/5/94	0:00	0.98	7.5	7.2	0.014	0.000	19.5	0.250	708.00
28/5/94	0:00	1.20	10.0	7.1			21.0	0.294	732.00
29/5/94	0:00	3.50	20.0	7.0	0.112	0.000	19.0	0.307	756.00
30/5/94	0:00	3.00	20.0	7.0			19.0	0.306	780.00
31/5/94	0:00	2.20	15.0	7.1	0.060	0.000	22.0	0.307	804.00
1/6/94	7:00	2.10	12.5	7.0			21.0	0.339	823.00
2/6/94	0:00	1.40	10.0	7.3	0.063	0.000	22.0	0.326	852.00
3/6/94	0:00	1.40	10.0	7.1			23.0	0.353	876.00
4/6/94	0:00	1.20	10.0	7.1			21.0	0.353	900.00
5/6/94	0:00	1.00	10.0	7.4			21.0	0.389	924.00
6/6/94	0:00	1.00	10.0	7.0	0.410	0.000	22.0	0.390	948.00
7/6/94	0:00	1.00	7.5	7.0			23.5	0.378	972.00
8/6/94	0:00	0.96	5.0	7.1	0.000	0.000	20.0	0.415	996.00
9/6/94	0:00	0.95	7.5	7.1			18.0	0.385	1020.00
10/6/94	0:00	1.00	7.5	7.1	0.020	0.000	20.0	0.414	1044.00
11/6/94	0:00	1.00	7.5	7.1			20.0	0.419	1068.00

TABELA C27 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 4 ; Cu = 4,29
 Taxa de Filtração : 2,4 m³/m².d. (Continuação).

dd/mm/aa	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
12/6/94	0:00	1.10	7.5	7.0	0.040	0.000	20.0	0.427	1092.00
13/6/94	0:00	1.10	7.5	7.0			20.0	0.449	1116.00
14/6/94	0:00	1.00	10.0	7.0	0.032	0.000	20.5	0.454	1140.00
15/6/94	0:00	1.10	25.0	6.9			22.0	0.444	1164.00
16/6/94	0:00	1.00	17.5	7.1	0.044	0.000	23.0	0.468	1188.00
17/6/94	0:00	1.10	17.5	7.0			22.5	0.457	1212.00
18/6/94	0:00	1.10	15.0	6.9	0.000	0.000	23.0	0.455	1236.00
19/6/94	0:00	1.10	15.0	7.1			23.0	0.460	1260.00
20/6/94	0:00	1.10	15.0	7.0	0.000	0.000	23.0	0.464	1284.00
21/6/94	0:00	0.97	7.5	7.0			20.5	0.475	1308.00
22/6/94	0:00	0.89	5.0	6.9	0.000	0.000	18.0	0.495	1332.00
23/6/94	0:00	1.20	10.0	7.0			19.0	0.547	1356.00
24/6/94	0:00	3.40	20.0	6.9	0.170	0.000	20.5	0.572	1380.00
25/6/94	0:00	3.50	20.0	6.9			18.0	0.637	1404.00
26/6/94	0:00	4.60	30.0	6.9	0.271	0.000	15.0	0.649	1428.00
27/6/94	0:00	3.50	20.0	6.8			18.0	0.666	1452.00
28/6/94	0:00	3.50	20.0	6.8	0.246	0.000	18.0	0.666	1476.00
29/6/94	0:00	3.20	20.0	6.8			18.0	0.702	1500.00
30/6/94	0:00	2.50	17.5	6.7	0.072	0.000	20.0	0.726	1524.00
1/7/94	0:00	2.10	15.0	6.7			21.0	0.715	1548.00
2/7/94	0:00	1.90	15.0	6.9	0.019	0.000	20.0	0.699	1572.00
3/7/94	0:00	1.50	12.5	6.8			20.0	0.738	1596.00
4/7/94	0:00	1.60	15.0	6.9	0.090	0.000	21.5	0.721	1620.00

TABELA C28 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 4 ; Cu = 4.29
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

dd/mm/aa	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
5/7/94	0:00	1.40	12.5	6.9			18.0	0.755	1644.00
6/7/94	0:00	1.40	10.0	6.8	0.062	0.000	21.0	0.801	1668.00
7/7/94	0:00	1.20	10.0	6.8			21.5	0.732	1692.00
8/7/94	0:00	1.10	7.5	6.8	0.060	0.000	19.0	0.771	1716.00
9/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8			10.0	0.882	1740.00
10/7/94	0:00	1.10	7.5	6.8	0.020	0.000	13.0	1.025	1764.00
11/7/94	0:00	1.10	7.5	6.8			12.5	0.945	1788.00
12/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.060	0.000	15.0	0.925	1812.00
13/7/94	0:00	0.90	5.0	7.0			18.5	0.899	1836.00
14/7/94	0:00	0.81	5.0	7.0	0.045	0.000	15.5	0.885	1860.00
15/7/94	0:00	0.91	5.0	6.8			20.5	0.885	1884.00
16/7/94	0:00	0.90	5.0	6.8	0.000	0.000	21.0	0.875	1908.00
17/7/94	0:00	0.85	5.0	6.8			21.0	0.865	1932.00
18/7/94	0:00	0.86	5.0	6.8	0.042	0.000	22.0	0.862	1956.00
19/7/94	12:00	1.00	10.0	6.8			19.0	0.880	1992.00
20/7/94	0:00	0.87	7.5	7.1	0.000	0.000	22.0	0.871	2004.00
21/7/94	0:00	0.95	5.0	6.9			23.0	0.840	2028.00
22/7/94	0:00	0.85	7.5	7.0	0.055	0.000	23.0	0.789	2052.00
23/7/94	0:00	0.85	5.0	7.2			19.0	0.791	2076.00
24/7/94	0:00	0.85	7.5	7.2	0.116	0.000	19.0	0.963	2100.00
25/7/94	0:00	1.20	10.0	7.2			21.0	0.969	2124.00
26/7/94	0:00	1.00	10.0	7.6	0.090	0.000	22.0	0.933	2148.00
27/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8			23.0	0.946	2172.00

(*) Correspondente as (h) horas no ensaio 3b

TABELA C29 Ensaio : 3a
 Efluente : FLA 4 ; Cu = 4,29
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

dd/mm/aa	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
28/7/94	0:00	1.00	7.5	6.8	0.045	0.000	24.0	0.913	2196.00
29/7/94	0:00	1.00	7.5	6.8			24.0	0.923	2220.00
30/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.110	0.000	24.5	0.835	2244.00
31/7/94	0:00	1.00	7.5	6.8			24.0	0.791	2268.00
1/8/94	0:00	1.00	7.5	6.8	0.100	0.000	21.0	0.836	2292.00
2/8/94	0:00	1.00	10.0	6.8			23.5	0.865	2316.00
3/8/94	0:00	1.00	10.0	6.9	0.112	0.000	21.0	0.825	2340.00
4/8/94	0:00	1.10	10.0	7.0			16.0	0.923	2364.00
5/8/94	0:00	1.10	10.0	7.0	0.143	0.000	17.0	0.998	2388.00
6/8/94	0:00	1.00	10.0	7.0			15.5	1.008	2412.00
7/8/94	0:00	1.00	10.0	6.9	0.114	0.000	18.5	1.036	2436.00
8/8/94	0:00	1.10	10.0	6.8			20.0	1.073	2460.00
9/8/94	0:00	1.20	10.0	7.1	0.104	0.000	22.0	1.089	2484.00
10/8/94	0:00	1.00	7.5	6.7			21.5	1.065	2508.00
11/8/94	0:00	0.96	10.0	7.0	0.080	0.000	18.5	1.015	2532.00
12/8/94	0:00	0.76	10.0	6.6			20.0	1.055	2556.00
13/8/94	0:00	0.80	5.0	6.7	0.000	0.000	21.5	1.055	2580.00
14/8/94	0:00	0.84	7.5	6.7			20.5	1.093	2604.00
15/8/94	0:00	0.86	7.0	7.0	0.000	0.000	23.0	1.125	2628.00

TABELA C30 Ensaio : 3b
 Efluente : FLA 1; Cu = 2.24
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d

DATA		TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	(uT)	APARENTE		TOTAL	TOTAL	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
			(UC)		(mg/l)	(mg/l)	(m)	(h)
19/7/94	12:00						0.000	0.00
20/7/94	0:00	5.10	40.0	7.0	0.270	0.000	0.095	12.00
21/7/94	0:00	4.20	30.0	7.1			0.100	36.00
22/7/94	0:00	3.00	25.0	7.1	0.288	0.000	0.093	60.00
23/7/94	0:00	3.00	25.0	7.2			0.100	84.00
24/7/94	0:00	4.50	30.0	7.1	0.437	0.000	0.100	108.00
25/7/94	0:00	4.60	30.0	7.2			0.094	132.00
26/7/94	0:00	3.50	25.0	7.5	0.181	0.000	0.104	156.00
27/7/94	0:00	3.00	20.0	7.2			0.099	180.00
28/7/94	0:00	3.00	17.5	7.0	0.224	0.000	0.100	204.00
29/7/94	0:00	2.50	17.5	7.0			0.113	228.00
30/7/94	0:00	1.80	12.5	7.0	0.132	0.000	0.117	252.00
31/7/94	0:00	1.50	12.5	7.0			0.124	276.00
1/8/94	0:00	1.10	10.0	7.0	0.065	0.000	0.146	300.00
2/8/94	0:00	1.10	10.0	7.1			0.161	324.00
3/8/94	0:00	1.00	10.0	7.1	0.048	0.000	0.182	348.00
4/8/94	0:00	1.00	7.5	7.1			0.220	372.00
5/8/94	0:00	1.00	10.0	7.1	0.101	0.000	0.290	396.00
6/8/94	0:00	1.00	10.0	7.0			0.327	420.00
7/8/94	0:00	0.95	7.5	7.0	0.425	0.000	0.354	444.00
8/8/94	0:00	1.00	10.0	6.9			0.377	468.00
9/8/94	0:00	1.10	12.5	6.9	0.007	0.000	0.410	492.00
10/8/94	0:00	0.95	7.5	6.9			0.426	516.00
11/8/94	0:00	0.95	7.5	6.9	0.142	0.000	0.536	540.00

TABELA D21 Ensaio (2a)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16.0 a 40.3 µm	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
		Água bruta	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
7	39	21	49	16	34
55	62	15	16	22	15
103	79	40	28	22	48
151	104	26	20	25	10
199	146	13	8	19	13
247	84	12	12	28	31
295	125	14	14	10	11
343	69	4	6	9	3
389	52	8	8	7	12
439	78	-	9	9	22
487	62	-	9	16	8
535	83	-	-	13	16
595	172	-	-	18	14
631	121	25*	30*	11	16
679	84	4*	3*	3	10
727	68	12*	10*	8	9
775	71	7*	5*	7	12
823	53	14*	23*	3	6
871	44	7*	5*	9	7
919	28	11*	5*	6	7
967	34	12*	6*	14	8
1015	82	17*	12*	47	31
1057	211	-	23*	-	12
1111	179	-	-	-	22

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação.

(*) Dados do Ensaio (2b)

TABELA C31 Ensaio : 3b

Efluente : FLA 1; Cu = 2.24

Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

DATA		TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	(uT)	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
			(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
12/8/94	0:00	0.83	7.5	6.8			20.0	0.553	564.00
13/8/94	0:00	0.85	7.5	6.8	0.000	0.000	21.5	0.569	588.00
14/8/94	0:00	0.85	7.5	6.7			20.5	0.610	612.00
15/8/94	0:00	0.91	7.5	7.0	0.000	0.000	23.0	0.646	636.00
16/8/94	0:00	0.91	7.5	6.5			23.0	0.734	660.00
17/8/94	0:00	0.95	5.0	6.8	0.000	0.000	21.0	0.820	684.00
18/8/94	0:00	0.90	5.0	6.8			21.0	0.901	708.00
19/8/94	0:00	0.85	5.0	6.8	0.000	0.000	22.0	1.028	732.00
20/8/94	0:00	0.90	5.0	6.8			22.0	1.048	756.00
21/8/94	0:00	1.00	5.0	6.9	0.000	0.000	22.0	1.058	780.00
22/8/94	0:00	0.92	5.0	6.7			24.0	1.120	804.00

TABELA C33 Ensaio : 3b
 Efluente : FLA 2;Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

dd/mm/aa	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
11/8/94	0:00	0.90	7.5	6.9	0.387	0.000	18.5	0.387	540.000
12/8/94	0:00	1.00	10.0	6.8			20.0	0.420	564.000
13/8/94	0:00	0.90	7.5	6.8	0.000	0.000	21.5	0.428	588.000
14/8/94	0:00	0.87	7.5	6.8			20.5	0.435	612.000
15/8/94	0:00	0.86	7.5	7.1	0.000	0.000	23.0	0.453	636.000
16/8/94	0:00	0.95	10.0	6.6			23.0	0.518	660.000
17/8/94	0:00	0.99	5.0	7.0	0.000	0.000	21.0	0.571	684.000
18/8/94	0:00	0.95	5.0	6.9			21.0	0.591	708.000
19/8/94	0:00	0.95	5.0	6.8	0.000	0.000	22.0	0.672	732.000
20/8/94	0:00	0.80	5.0	6.8			22.0	0.674	756.000
21/8/94	0:00	0.85	5.0	6.9	0.000	0.000	22.0	0.676	780.000
22/8/94	0:00	0.75	5.0	6.7			24.0	0.706	804.000
23/8/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.000	0.000	21.5	0.723	828.000
24/8/94	0:00	0.68	5.0	6.9			22.5	0.755	852.000
25/8/94	5:00	0.67	5.0	6.7	0.000	0.000	22.5	0.815	869.000
26/8/94	0:00	0.70	5.0	6.8			24.5	0.936	900.000
27/8/94	0:00	1.00	5.0	6.8	0.040	0.000	23.0	0.975	924.000
28/8/94	0:00	1.00	7.5	6.9			24.0	1.025	948.000
29/8/94	0:00	0.95	7.5	6.8	0.000	0.000	22.5	1.125	972.000

TABELA C34 Ensaio : 3b
 Efluente : FLA 3 ; Cu = 4,3
 Taxa de Filtração : 2,4 m³/m².d.

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	CARGA NA AREIA (m)	PERDA DE FUNCCIONAMENTO (h)
19/7/94	12:00	1.00	5.0	6.8			19.0	0.382	0.00
20/7/94	0:00	0.98	7.5	7.1	0.000	0.000	22.0	0.377	12.00
21/7/94	0:00	0.90	7.5	7.1			23.0	0.361	36.00
22/7/94	0:00	0.96	7.5	7.1	0.062	0.000	23.0	0.343	60.00
23/7/94	0:00	0.96	7.5	7.2			19.0	0.448	84.00
24/7/94	0:00	0.96	7.5	7.2	0.151	0.000	19.0	0.480	108.00
25/7/94	0:00	1.40	12.5	7.4			21.0	0.472	132.00
26/7/94	0:00	1.10	10.0	7.2	0.054	0.000	22.0	0.452	156.00
27/7/94	0:00	1.10	10.0	6.9			23.0	0.465	180.00
28/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.088	0.000	24.0	0.469	204.00
29/7/94	0:00	1.00	10.0	6.9			24.0	0.483	228.00
30/7/94	0:00	1.00	10.0	7.0	0.167	0.000	24.5	0.470	252.00
31/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8			24.0	0.448	276.00
1/8/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.089	0.000	21.0	0.505	300.00
2/8/94	0:00	1.00	10.0	6.9			23.5	0.511	324.00
3/8/94	0:00	1.00	10.0	7.1	0.011	0.000	21.0	0.579	348.00
4/8/94	0:00	1.10	10.0	7.0			16.0	0.666	372.00
5/8/94	0:00	1.10	12.5	7.0	0.158	0.000	17.0	0.740	396.00
6/8/94	0:00	1.00	10.0	7.0			15.5	0.764	420.00
7/8/94	0:00	1.00	10.0	6.9	0.840	0.000	17.5	0.809	444.00
8/8/94	0:00	1.40	12.5	6.8			20.0	0.817	468.00
9/8/94	0:00	1.00	10.0	7.1	0.686	0.000	22.0	0.824	492.00
10/8/94	0:00	1.00	7.5	6.8			21.5	0.805	516.00

TABELA C35 Ensaio : 3b

Efluente : FLA 3 ; Cu = 4.3

Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d. (Continuação).

dd/mm/aa	h:mm	TURBIDEZ APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	CARGA NA AREIA (m)	PERDA DE FUNCCIONAMENTO (h)
11/8/94	0:00	0.89	6.9	0.025	0.000	18.5	0.815	540.00
12/8/94	0:00	0.75	6.8			20.0	0.820	564.00
13/8/94	0:00	0.80	6.8	0.000	0.000	21.5	0.835	588.00
14/8/94	0:00	0.84	6.8			20.5	0.870	612.00
15/8/94	0:00	0.86	7.0	0.000	0.000	23.0	0.890	636.00
16/8/94	0:00	0.75	6.6			23.0	0.883	660.00
17/8/94	0:00	0.76	6.7	0.000	0.000	21.0	0.890	684.00
18/8/94	0:00	0.85	6.8			21.0	0.958	708.00
19/8/94	0:00	0.90	6.8	0.000	0.000	22.0	0.954	732.00
20/8/94	0:00	0.78	6.8			22.0	0.952	756.00
21/8/94	0:00	0.78	6.9	0.000	0.000	22.0	0.945	780.00
22/8/94	0:00	0.84	6.8			24.0	0.957	804.00
23/8/94	0:00	1.00	6.7	0.000	0.000	21.5	0.967	828.00
24/8/94	0:00	0.68	6.8			22.5	1.010	852.00
25/8/94	5:00	0.86	6.7	0.000	0.000	22.5	1.039	869.00
26/8/94	0:00	0.80	6.8			24.5	1.134	900.00

TABELA C36 Ensaio : 3b
 Efluente : FLA 4 ; Cu = 4.29
 Taxa de Filtração : 2.4 m³/m².d.

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	CARGA NA AREIA (m)	PERDA DE FUNIONAMENTO (h)
19/7/94	12:00	1.00	10.0	6.8			19.0	0.880	0.00
20/7/94	0:00	0.87	7.5	7.1	0.000	0.000	22.0	0.871	12.00
21/7/94	0:00	0.95	5.0	6.9			23.0	0.840	36.00
22/7/94	0:00	0.85	7.5	7.0	0.055	0.000	23.0	0.789	60.00
23/7/94	0:00	0.85	5.0	7.2			19.0	0.791	84.00
24/7/94	0:00	0.85	7.5	7.2	0.116	0.000	19.0	0.963	108.00
25/7/94	0:00	1.20	10.0	7.2			21.0	0.969	132.00
26/7/94	0:00	1.00	10.0	7.6	0.090	0.000	22.0	0.933	156.00
27/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8			23.0	0.946	180.00
28/7/94	0:00	1.00	7.5	6.8	0.045	0.000	24.0	0.913	204.00
29/7/94	0:00	1.00	7.5	6.8			24.0	0.923	228.00
30/7/94	0:00	1.00	10.0	6.8	0.110	0.000	24.5	0.835	252.00
31/7/94	0:00	1.00	7.5	6.8			24.0	0.791	276.00
1/8/94	0:00	1.00	7.5	6.8	0.100	0.000	21.0	0.836	300.00
2/8/94	0:00	1.00	10.0	6.8			23.5	0.865	324.00
3/8/94	0:00	1.00	10.0	6.9	0.112	0.000	21.0	0.825	348.00
4/8/94	0:00	1.10	10.0	7.0			16.0	0.923	372.00
5/8/94	0:00	1.10	10.0	7.0	0.143	0.000	17.0	0.998	396.00
6/8/94	0:00	1.00	10.0	7.0			15.5	1.008	420.00
7/8/94	0:00	1.00	10.0	6.9	0.114	0.000	18.5	1.036	444.00
8/8/94	0:00	1.10	10.0	6.8			20.0	1.073	468.00
9/8/94	0:00	1.20	12.5	7.1	0.104	0.000	22.0	1.089	492.00
10/8/94	0:00	1.00	7.5	6.7			21.5	1.065	516.00
11/8/94	0:00	0.96	10.0	7.0	0.080	0.000	18.5	1.015	540.00
12/8/94	0:00	0.76	10.0	6.6			20.0	1.055	564.00
13/8/94	0:00	0.80	5.0	6.7	0.000	0.000	21.5	1.055	588.00
14/8/94	0:00	0.84	7.5	6.7			20.5	1.093	612.00
15/8/94	0:00	0.86	7.5	7.0	0.000	0.000	23.0	1.125	636.00

TABELA C37 Ensaios (3a)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d
 Número Total de partículas/ml da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Água bruta	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 40.30 um				Filtro N ; Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)
		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29	
36	572374	171917	105500	102918	143794	
84	656428	89868	86608	118824	105783	
132	385576	65775	47821	59205	74066	
180	215357	50352	76481	58119	194183	
276	187059	77678	51920	50622	86336	
372	977455	366243	283014	360098	327799	
468	1236246	370645	354924	347608	337867	
564	215851	69244	77791	93968	117110	
658	321879	107995	76871	66945	79475	
756	475490	-	177783	174758	173175	
852	851346	-	-	203767	187702	
948	782174	-	-	193909	63482	
1044	177978	-	-	88434	65787	
1140	173641	-	-	54100	65787	
1236	147320	-	-	52792	65998	
1332	140254	-	-	51147	51603	
1428	322275	-	-	72395	46777	
1524	166874	-	-	41096	45660	
1620	159342	-	-	57167	50583	
1716	186584	-	-	40227	44302	
1812	122038	-	-	46942	65493	

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação.

TABELA C38 Ensaios (3a)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d. (Continuação).
 Número Total de partículas/ml. da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm				
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29	
1908	121816	-	26296	31068	
2004	167177	75548*	53608	58609	
2100	374702	103706*	83270	69022	
2196	36192	78639*	49558	41723	
2292	124238	41280*	68716	57000	
2388	265399	46666*	65290	57421	
2484	379129	145727*	88400	83357	
2580	338250	170683*	122926	150602	
2676	352238	144336*	132861	-	
2772	226376	62078*	76040	-	
2861	467655	-	60761	-	
2964	557675	-	-	-	

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

(*) Dados do Ensaio (3b)

TABELA C39 Ensaio (3a)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d
 Número de partículas/ml da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 5.04 µm				
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
36.00	566482	171579	105226	102706	143532
84.00	653081	89612	86390	118620	105581
132.00	383531	65707	47771	59140	73953
180.00	211081	50252	76377	58050	94025
276.00	184542	77487	51858	50504	86193
372.00	970815	365794	282594	359590	327463
468.00	1231660	370373	354544	347303	337639
564.00	213983	69092	77659	93538	116846
658.00	319823	106248	76657	66767	79320
756.00	473061	-	177582	174602	173147
852.00	849423	-	-	203462	187456
948.00	773536	-	-	193716	63311
1044.00	176898	-	-	88279	65668
1140.00	172952	-	-	54005	65668
1236.00	146225	-	-	52659	65926
1332.00	138959	-	-	50996	51454
1428.00	320431	-	-	72133	46655
1524.00	165569	-	-	41012	45600
1620.00	158772	-	-	56994	50492
1716.00	185809	-	-	40148	44232
1812.00	120655	-	-	46781	65378

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação.

TABELA CA0 Ensaio (3a)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d. (Continuação).
 Número de partículas/ml.da Água bruta e Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 5.04 µm			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
1908.00	121092	-	26223	30986
2004.00	166216	152996*	53494	58554
2100.00	371647	86058*	83176	68946
2196.00	341424	67514*	49386	41632
2292.00	122971	41219*	68583	57000
2388.00	263513	46617*	65219	57322
2484.00	377129	145621*	88322	83273
2580.00	335939	170578*	122840	150487
2676.00	350070	144202*	132739	-
2772.00	224384	62019*	75963	-
2861.00	462548	-	60658	-
2964.00	554765	-	105432*	-

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

(*) Dados do Ensaio (3b)

TABELA C41 Ensaio (3a)
Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d
Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de tamanho médio 6.35 a 12.70 µm			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30
				FLA4:4.29
36.00	5774	326	261	205
84.00	3303	248	206	194
132.00	2008	65	48	61
180.00	4217	93	99	67
276.00	2474	176	60	110
372.00	6344	424	406	485
468.00	4522	263	368	296
564.00	1834	148	128	425
658.00	2000	1708	211	170
756.00	2403	-	188	149
852.00	1853	-	-	295
948.00	8505	-	-	186
1044.00	1054	-	-	148
1140.00	678	-	-	91
1236.00	1068	-	-	129
1332.00	1260	-	-	145
1428.00	1821	-	-	242
1524.00	1257	-	-	79
1620.00	562	-	-	167
1716.00	762	-	-	77
1812.00	1352	-	-	158
				251
				193
				105
				152
				134
				325
				216
				254
				149
				217
				236
				157
				112
				112
				68
				137
				118
				58
				90
				67
				113

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação.

TABELA C42 Ensaio (3a)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d. (Continuação).
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de tamanho médio 6.35 a 12.70 um			
	Água bruta	Filtro N	Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)	
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
1908.00	717	-	71	81
2004.00	942	143*	112	54
2100.00	2968	124*	90	75
2196.00	1684	212*	163	87
2292.00	1249	60*	128	80
2388.00	1846	47*	68	94
2484.00	1970	103*	76	81
2580.00	2262	99*	83	110
2676.00	2133	130*	118	-
2772.00	1964	57*	72	-
2861.00	5057	-	95	-
2964.00	2837	137*	-	-

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

(*) Dados do Ensaio (3b)

TABELA C43 Ensaio (3a)
Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d
Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho					
	Água bruta	Filtro N	Médio 16.0 a 40.3 um			
			FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
36.00	118	12		13	7	11
84.00	44	8		12	10	9
132.00	37	3		2	4	8
180.00	59	7		5	2	6
276.00	43	15		2	8	9
372.00	296	25		14	23	11
468.00	64	9		12	9	12
564.00	34	4		4	5	10
658.00	56	39		3	8	6
756.00	26	-		13	7	14
852.00	70	-		-	10	10
948.00	133	-		-	7	14
1044.00	26	-		-	7	7
1140.00	11	-		-	4	7
1236.00	27	-		-	4	4
1332.00	35	-		-	6	12
1428.00	23	-		-	20	4
1524.00	48	-		-	5	2
1620.00	8	-		-	6	1
1716.00	13	-		-	2	3
1812.00	31	-		-	3	2

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação:

TABELA C44 Ensaio (3a)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d. (Continuação).
 Número de partículas/ml.da Água bruta e Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16.0 a 40.3 um				Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29				
1908.00	7	-	-	-	2	1	1	1
2004.00	19	9*	4*	4*	2	1	1	1
2100.00	87	7*	7*	7*	4	1	1	1
2196.00	84	5*	12*	12*	9	4	4	4
2292.00	18	1*	3*	3*	5	0	0	0
2388.00	40	2*	4*	4*	3	5	5	5
2484.00	30	3*	3*	3*	2	3	3	3
2580.00	49	6*	4*	4*	3	5	5	5
2676.00	35	4*	7*	7*	4	-	-	-
2772.00	28	2*	1*	1*	5	-	-	-
2861.00	50	-	6*	6*	8	-	-	-
2964.00	73	-	5*	5*	-	-	-	-

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

(*) Dados do Ensaio (3b)

TABELA C45 Ensaio(3b)
 Taxa de Filtração 2.4 m3/m2.d
 Número Total de partículas/ml.da Água bruta e Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 40.30 um			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
12.00	167177	153345	75548	53608
108.00	374702	86212	103706	83270
204.00	36192	67657	78639	49558
300.00	124238	41280	56796	68716
396.00	265399	46666	55965	65290
492.00	379129	145727	90337	88400
588.00	338250	170683	59986	122926
684.00	352238	144336	140291	132861
780.00	226376	62078	70690	76040
869.00	467655	-	112892	60761
972.00	557675	-	105574	-
				58609
				69022
				41723
				57000
				57421
				83357
				150602

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação.

TABELA C46 Ensaio (3b)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d.
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 5.04 µm	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
		Água bruta	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
12.00	166216	152996*	75401*	53494	58554
108.00	371647	86058*	103575*	83176	68946
204.00	34424	67514*	78415*	49386	41632
300.00	122971	41219*	56708*	68583	57000
396.00	263513	46617*	55864*	6219	57322
492.00	377129	145621*	90272*	88322	83273
588.00	335939	170578*	59911*	122840	150487
684.00	350070	144202*	140170*	132739	-
780.00	224384	62019*	70628*	75963	-
869.00	462548	-	112790*	60658	-
972.00	554765	-	105432*	-	-

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação

TABELA C47 Ensaio (3b)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d.
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de tamanho médio 6.35 a 12.70 um	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
			FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
12.00	942	340	143	112	54	
108.00	2968	147	124	90	75	
204.00	1684	138	212	163	87	
300.00	1249	60	85	128	0	
396.00	1846	47	97	68	94	
492.00	1970	103	62	76	81	
588.00	2262	99	71	83	110	
684.00	2133	130	114	118	-	
780.00	1964	57	61	72	-	
869.00	5057	-	96	95	-	
972.00	2837	-	137	-	-	

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

TABELA C48 Ensaio (3b)
 Taxa de Filtração 2.4 m³/m².d.
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,3 um				
			FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29	
12.00	19		9	4	2	1	
108.00	87		7	7	4	1	
204.00	84		5	12	9	4	
300.00	18		1	3,	5	0	
396.00	40		2	4	3	5	
492.00	30		3	3	2	3	
588.00	49		6	4	3	5	
684.00	35		4	7	4	-	
780.00	28		2	1	5	-	
869.00	50		-	6	8	-	
972.00	73		-	5	-	-	

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

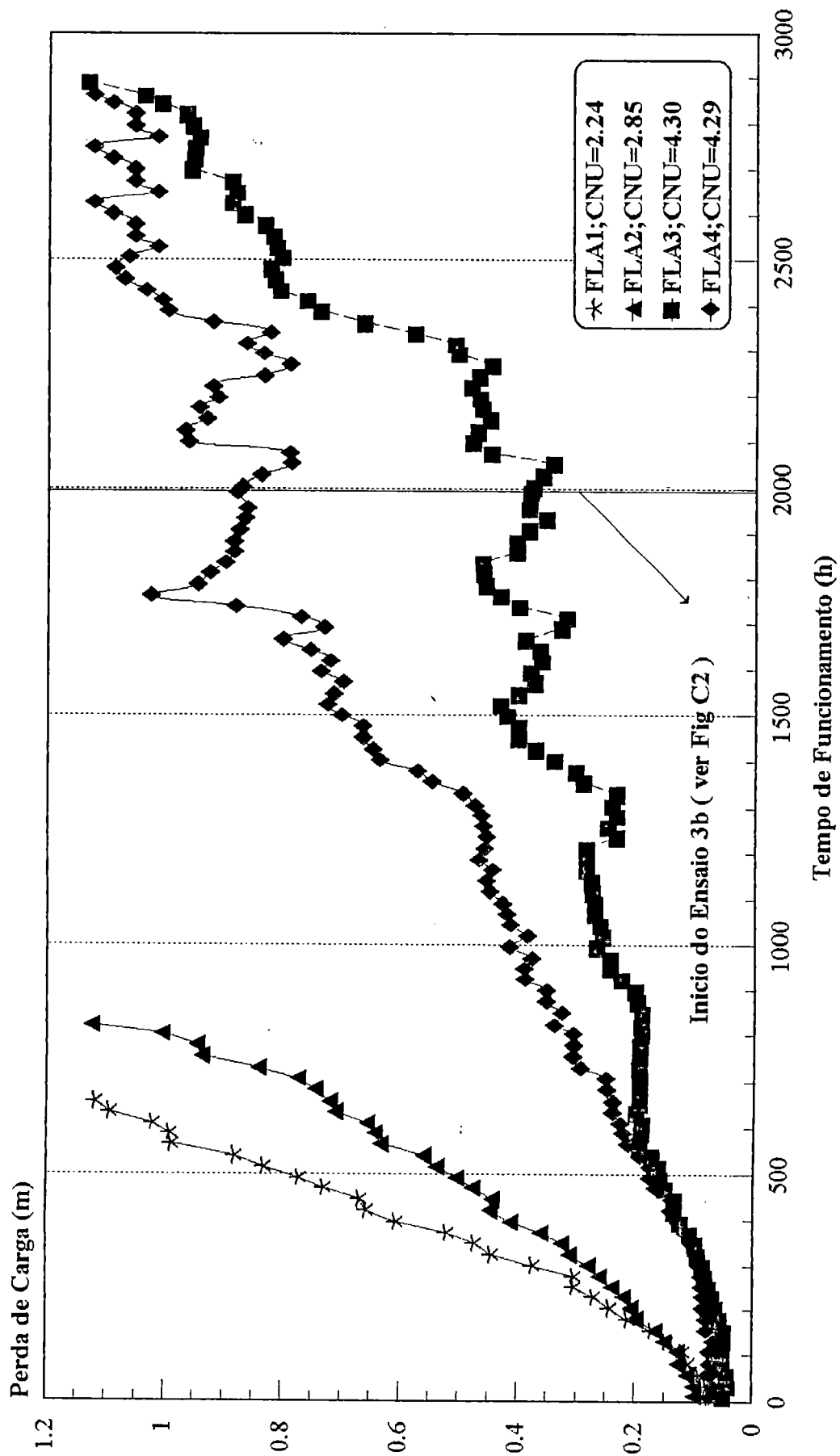


Figura C1 Variação da Perda de Carga Durante o Funcionamento dos Filtros para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3a).

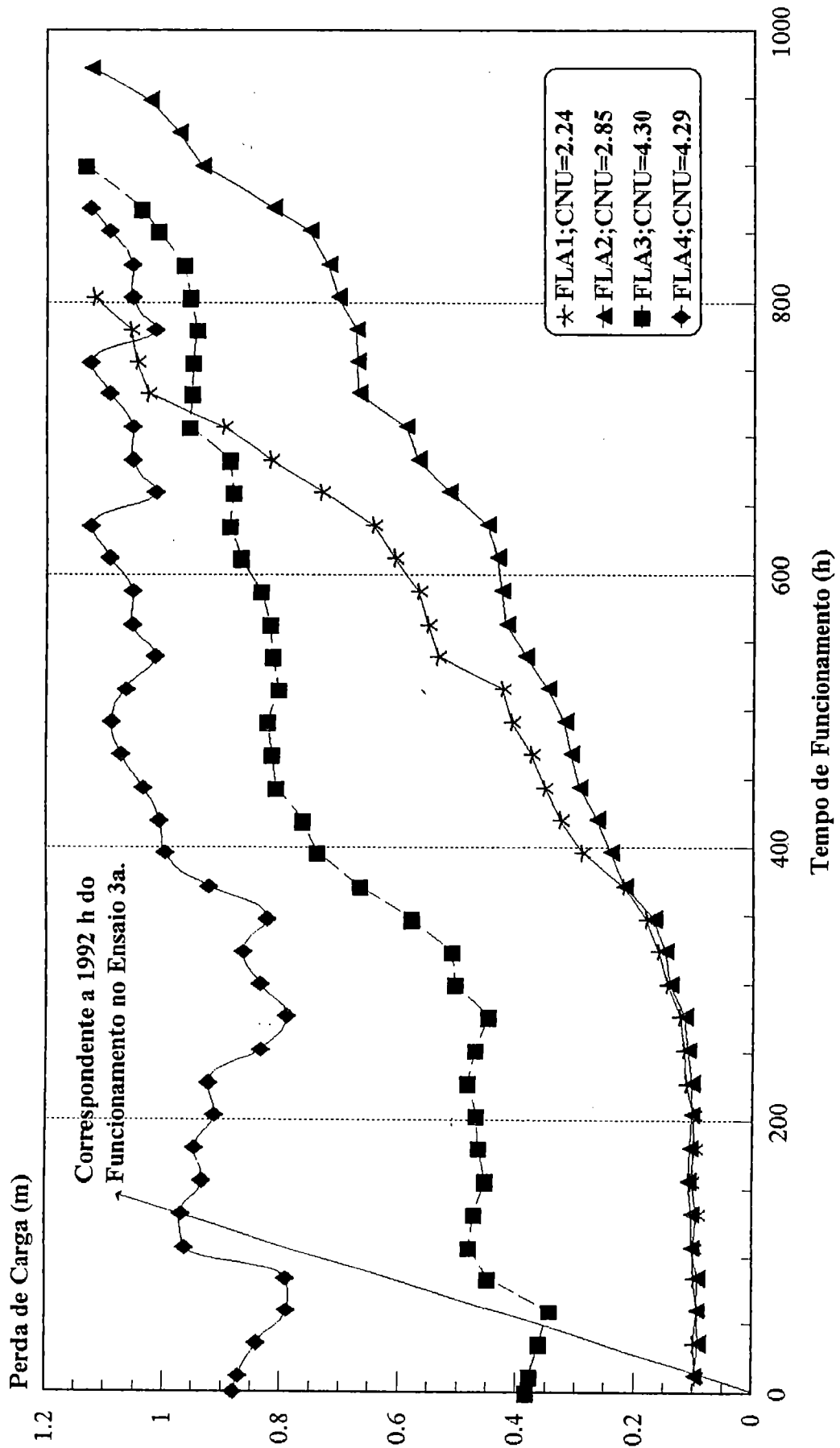


Figura C2 Variação da Perda de Carga Durante o Funcionamento dos Filtros para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

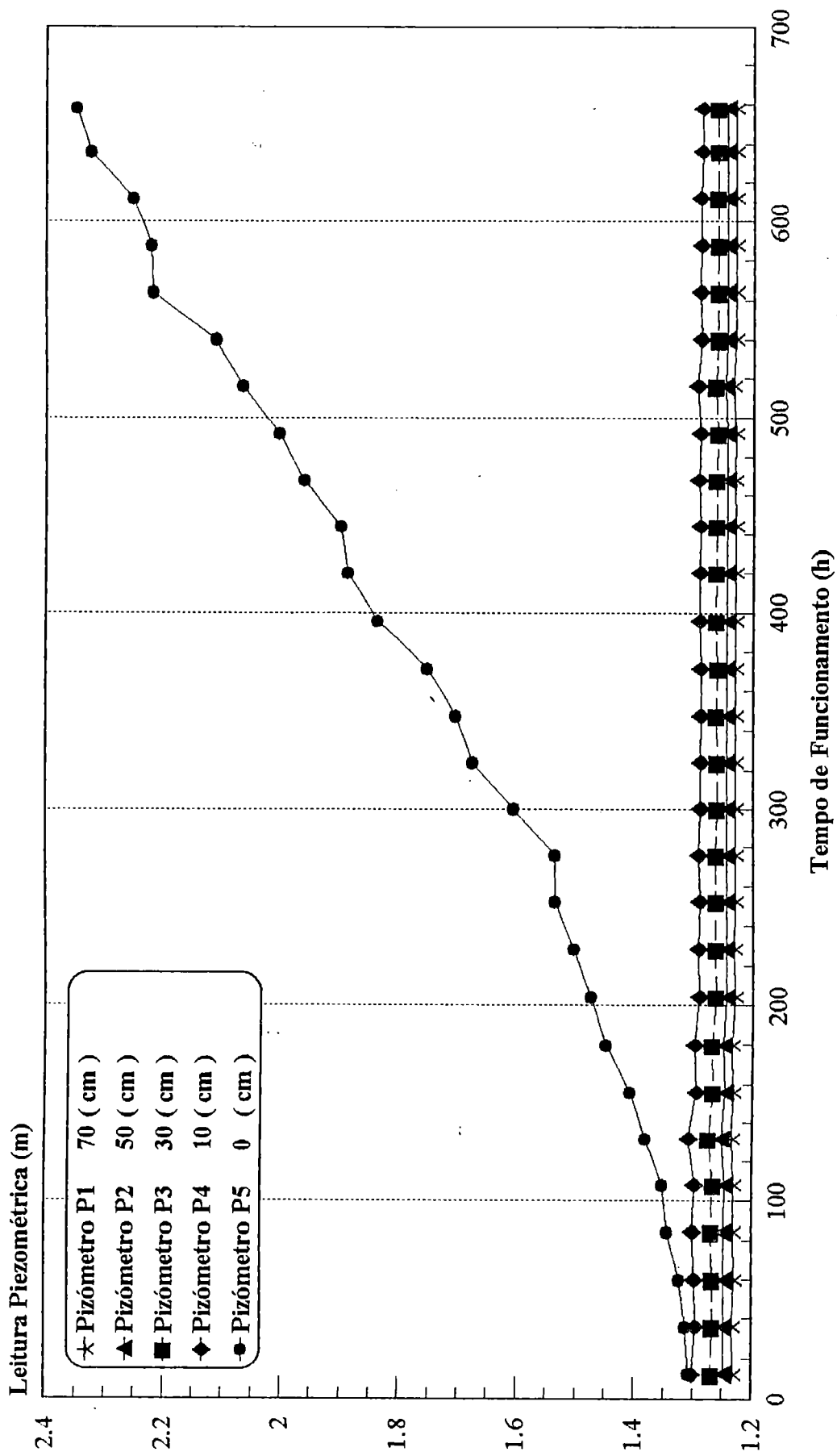


Figura C3 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 1 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3a).

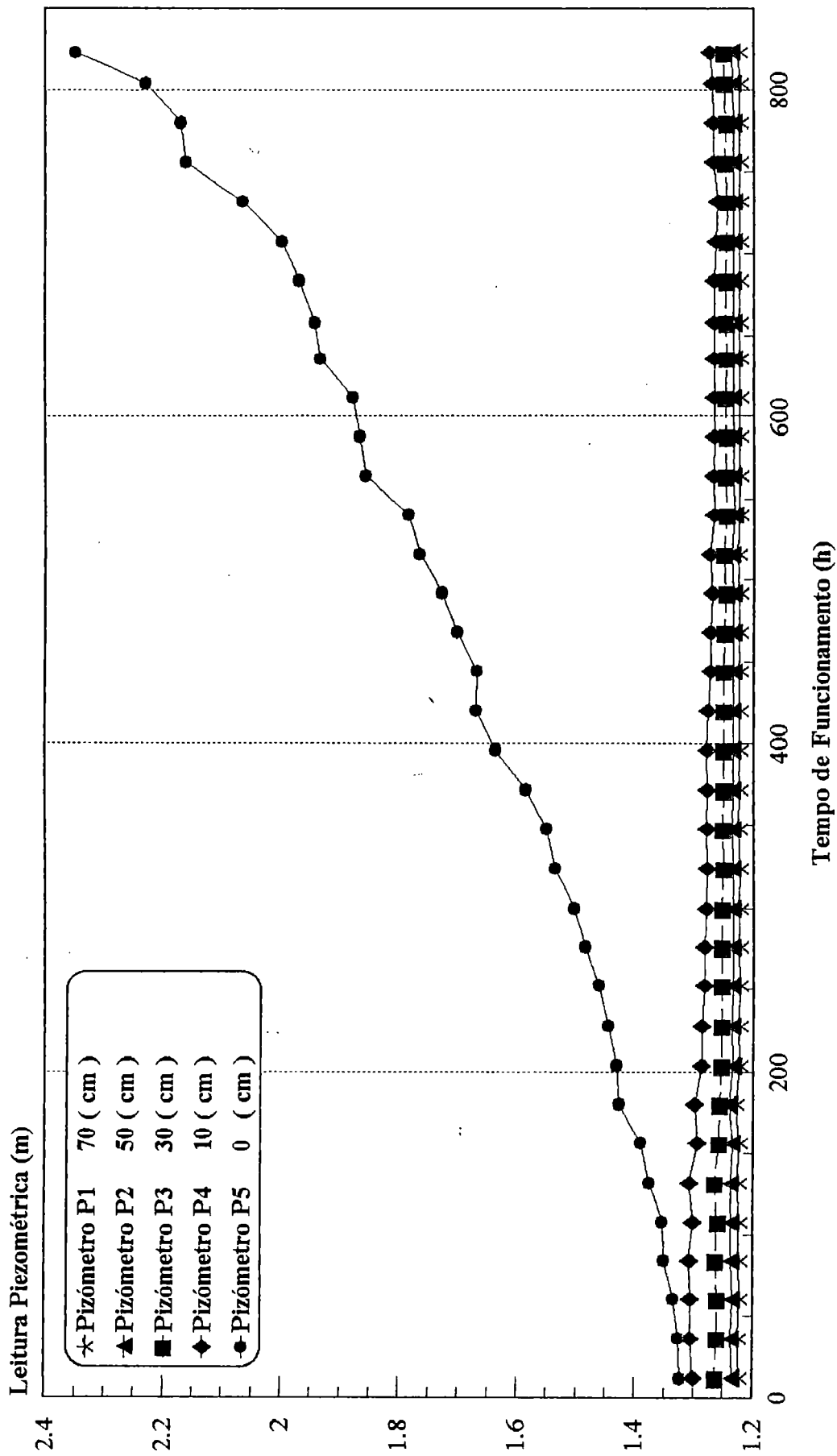


Figura C4 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 2 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3a).

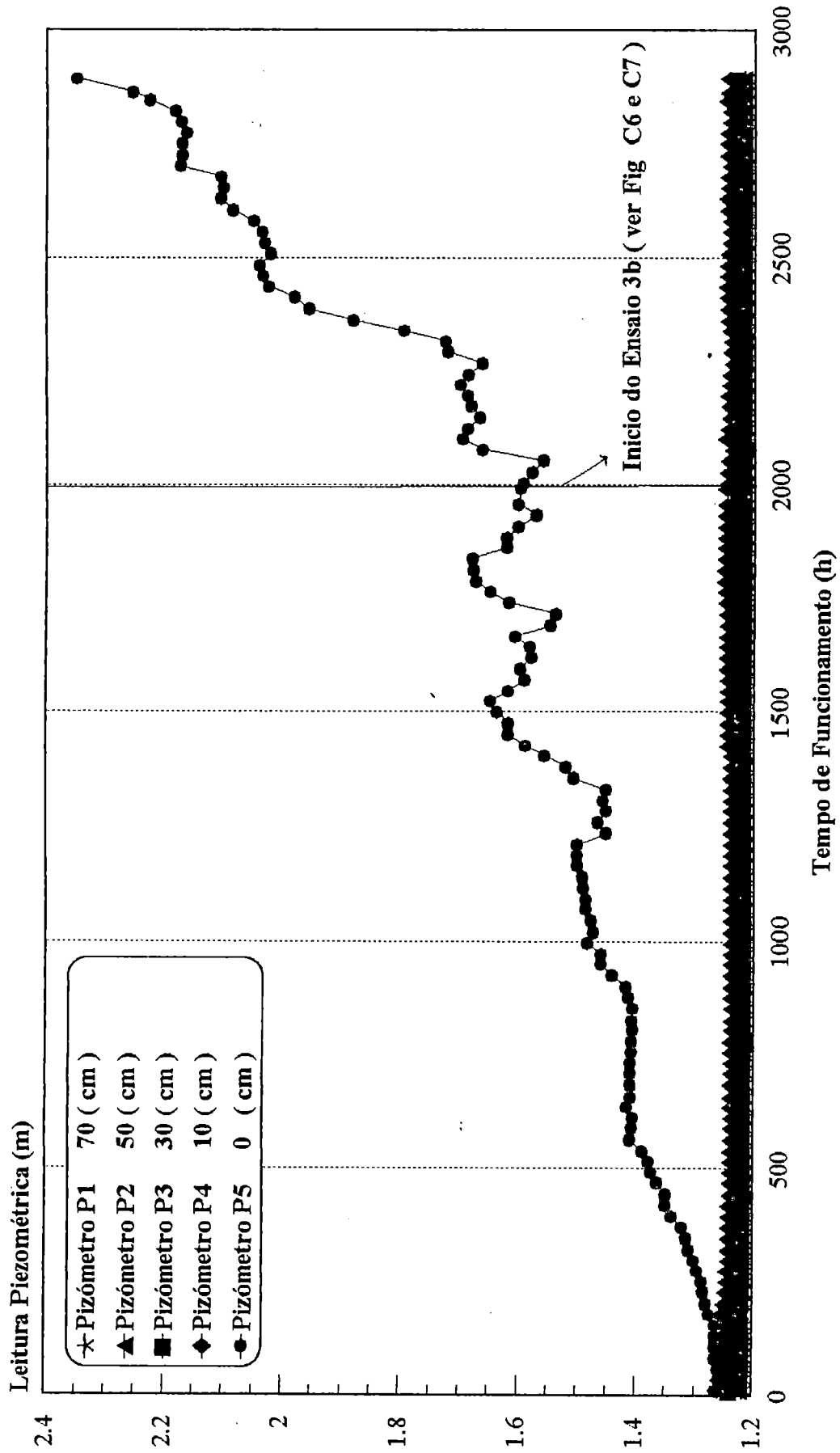


Figura C5 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 3 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3a).

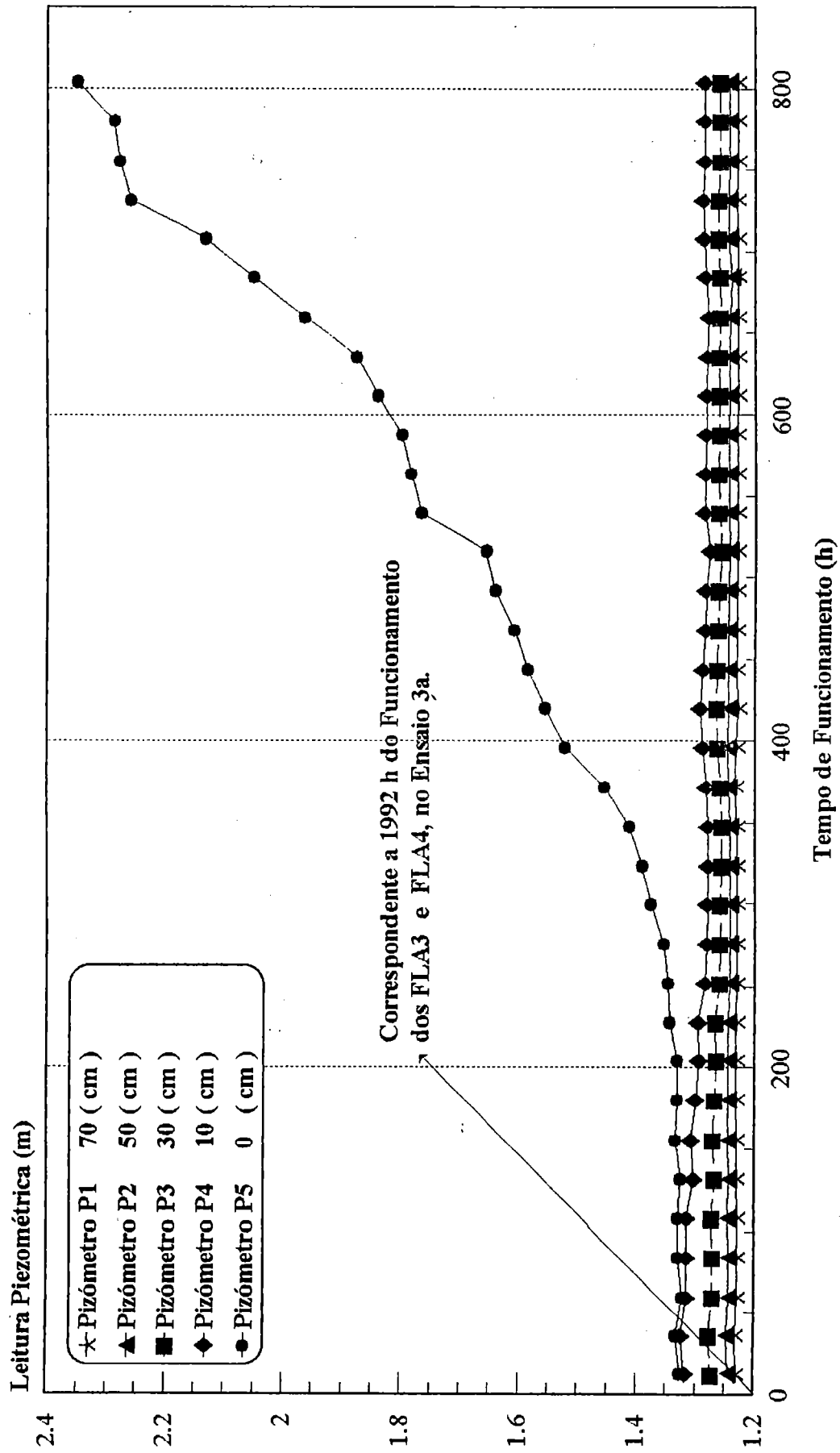


Figura C6 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 1 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

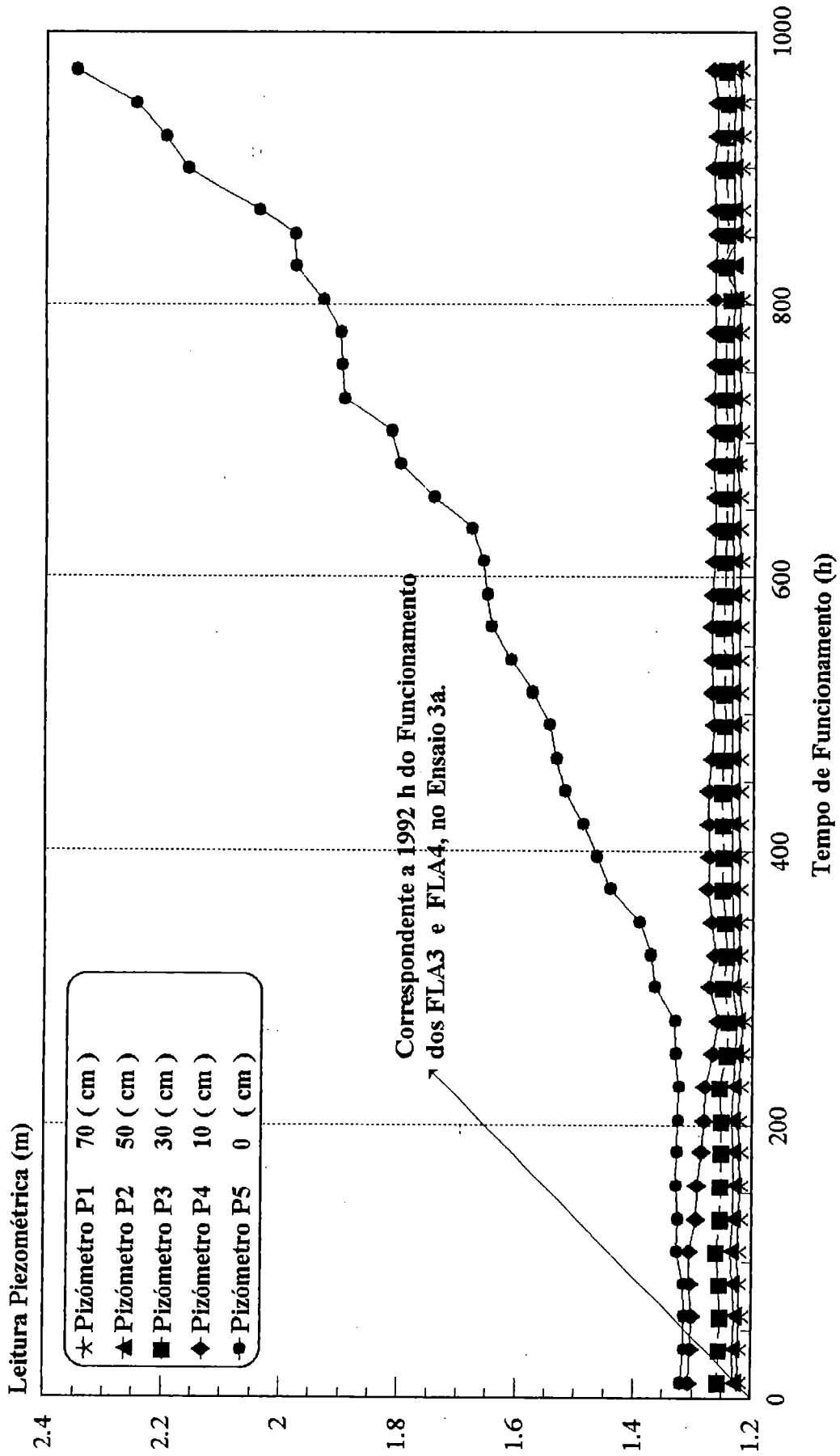


Figura C7 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 2 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

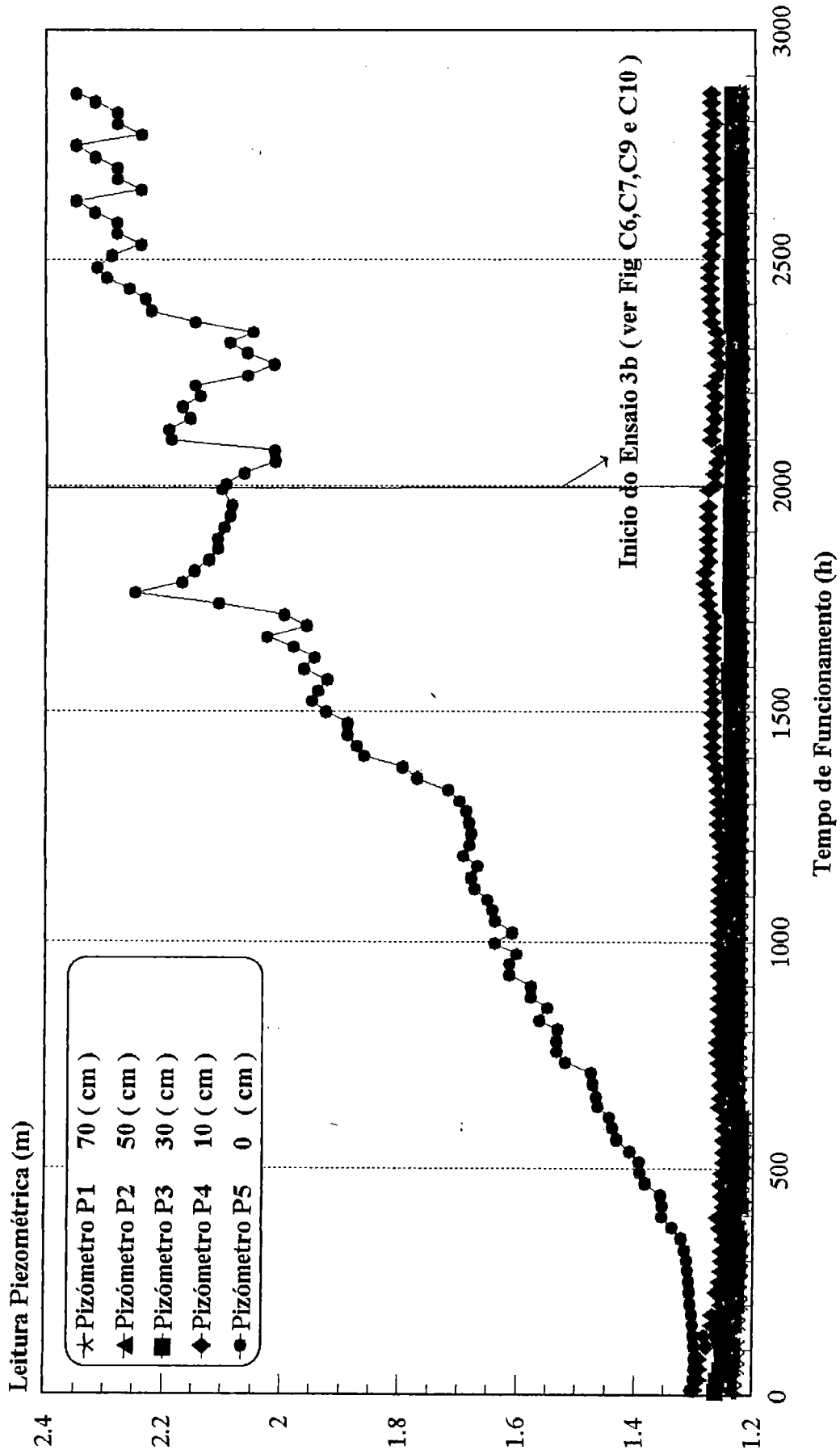


Figura C8 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 4 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3a).

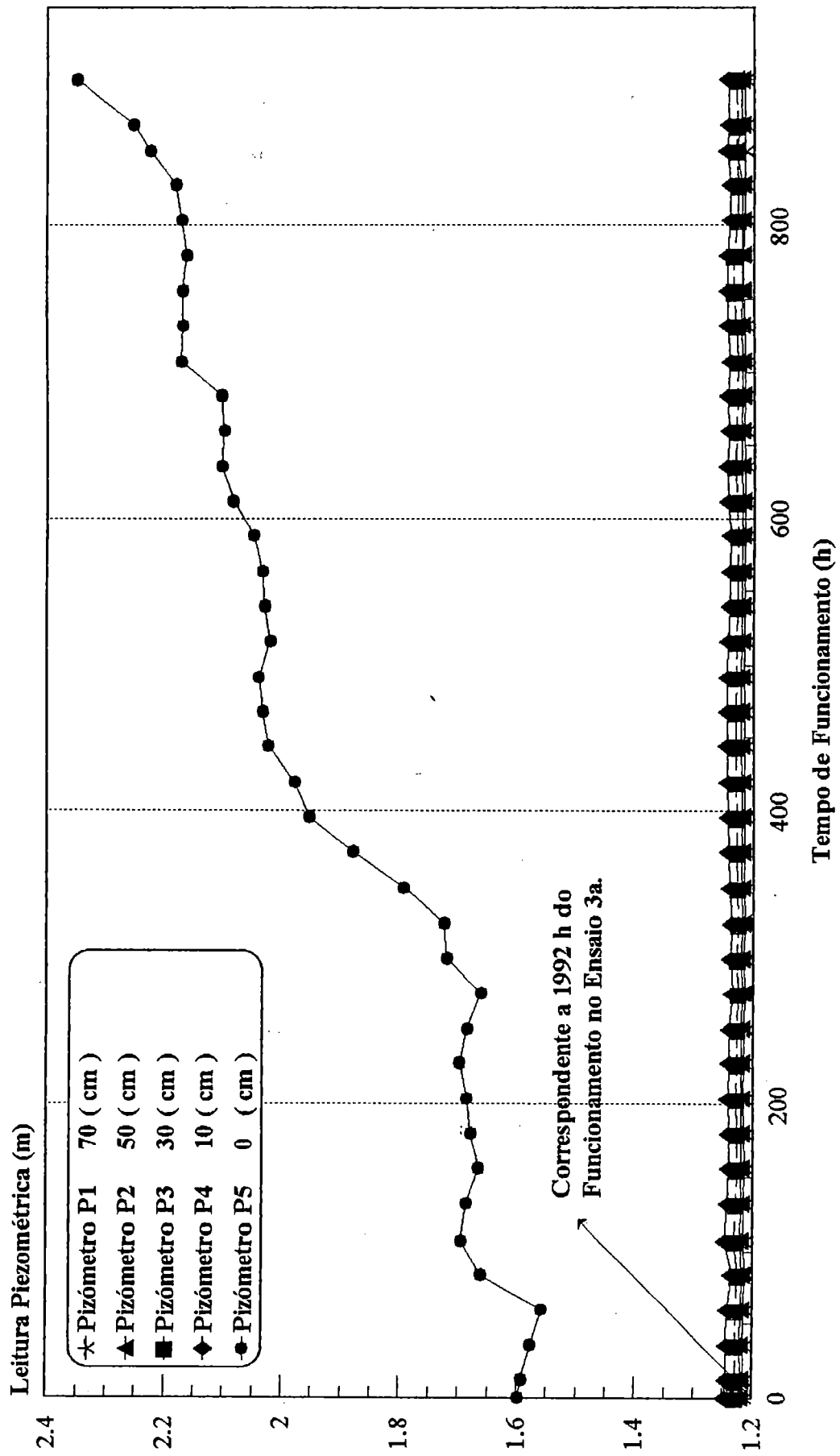


Figura C9 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 3 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

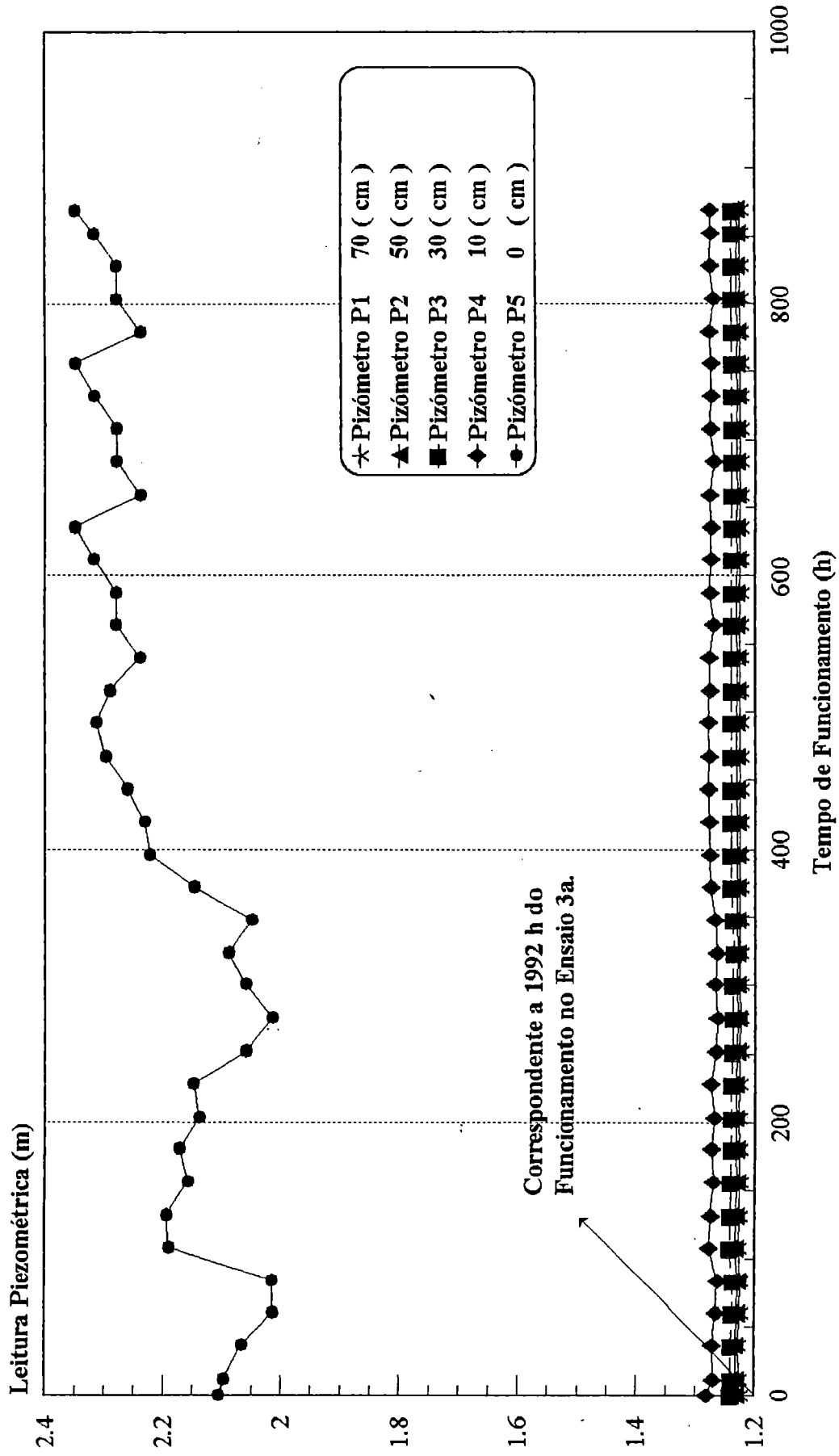


Figura C10 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 4 para Taxa de Filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

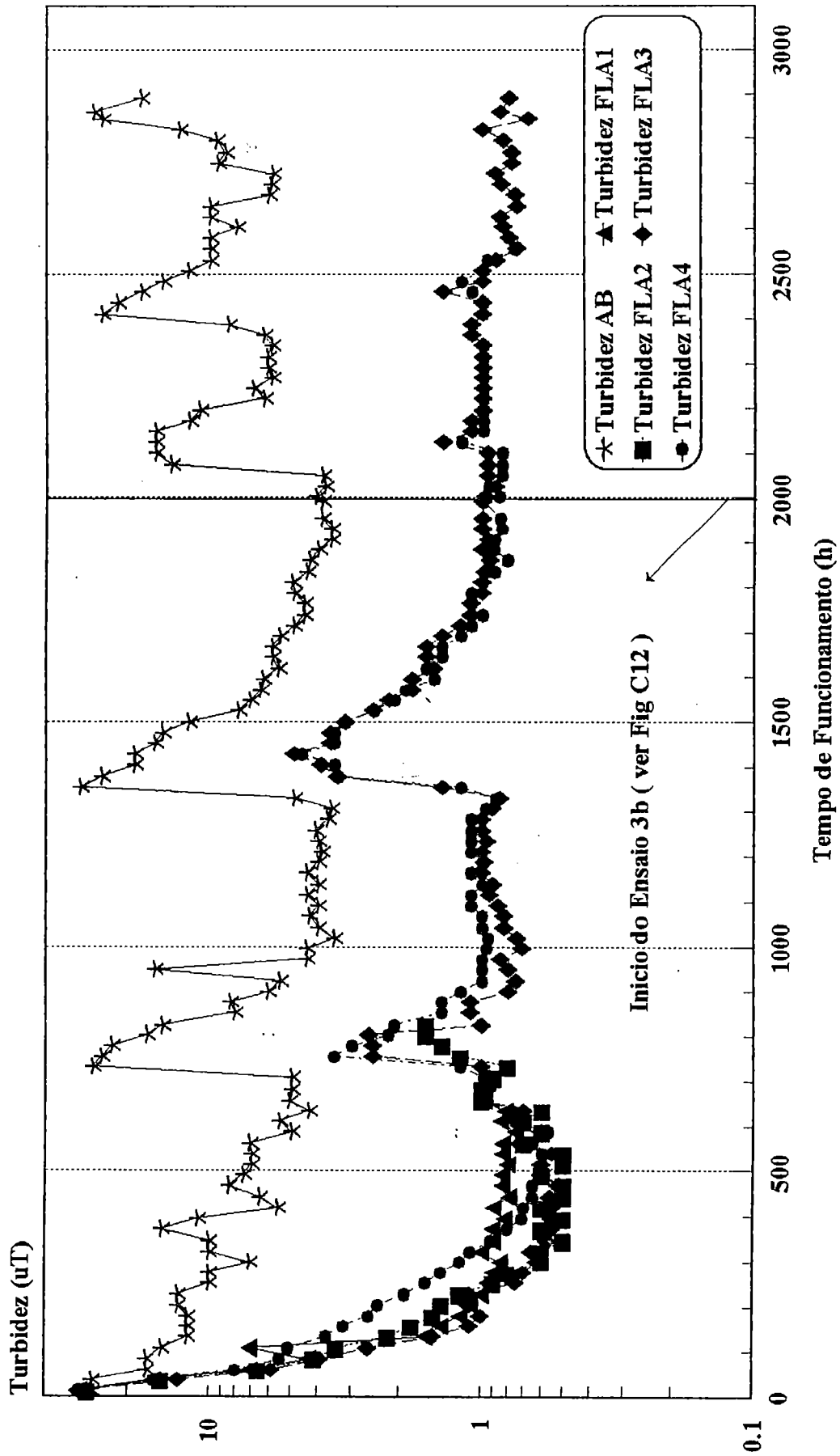


Figura C11 Variação da Turbidez da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d., Ensaio (3a).

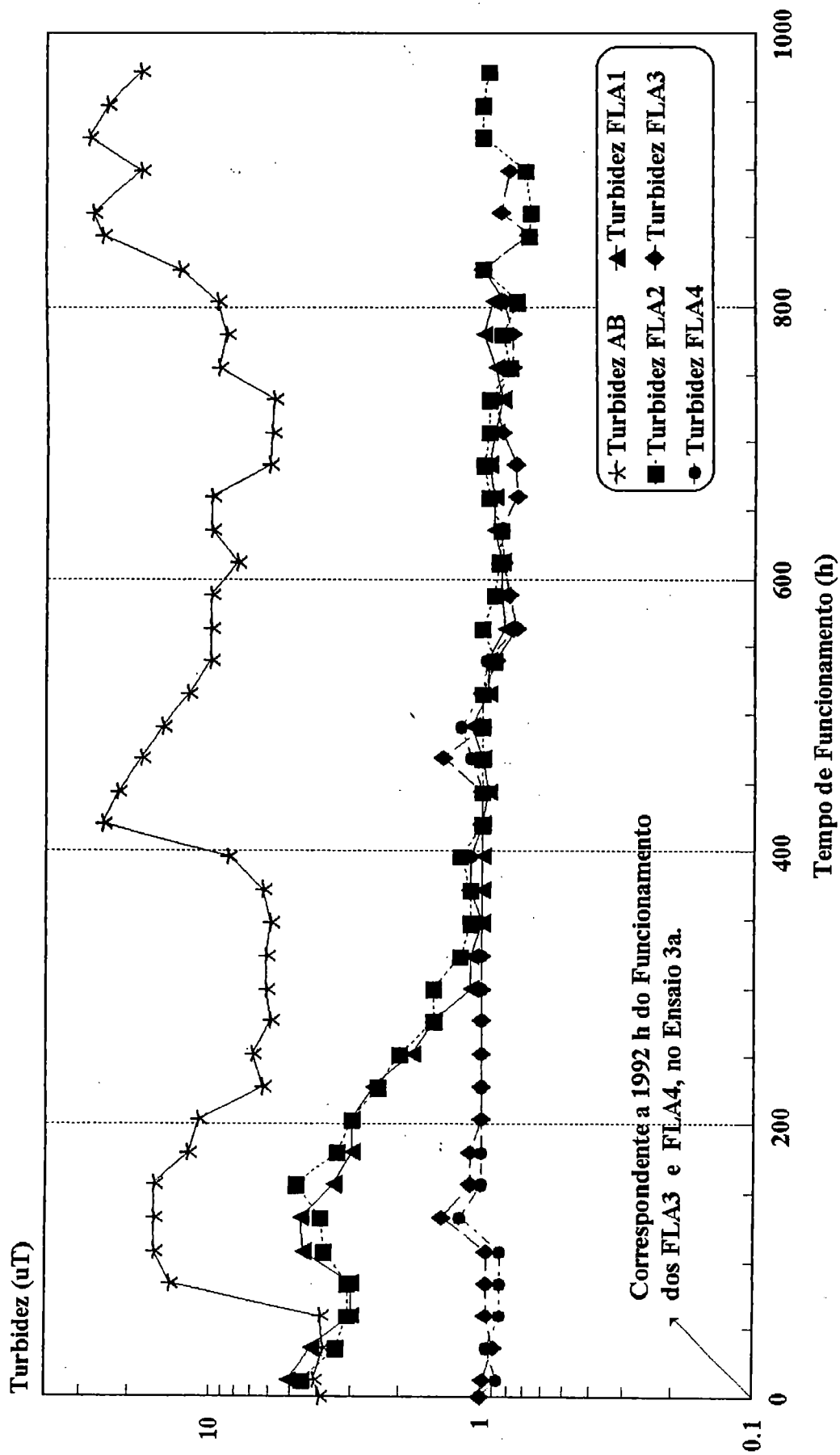


Figura C12 Variação da Turbidez da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

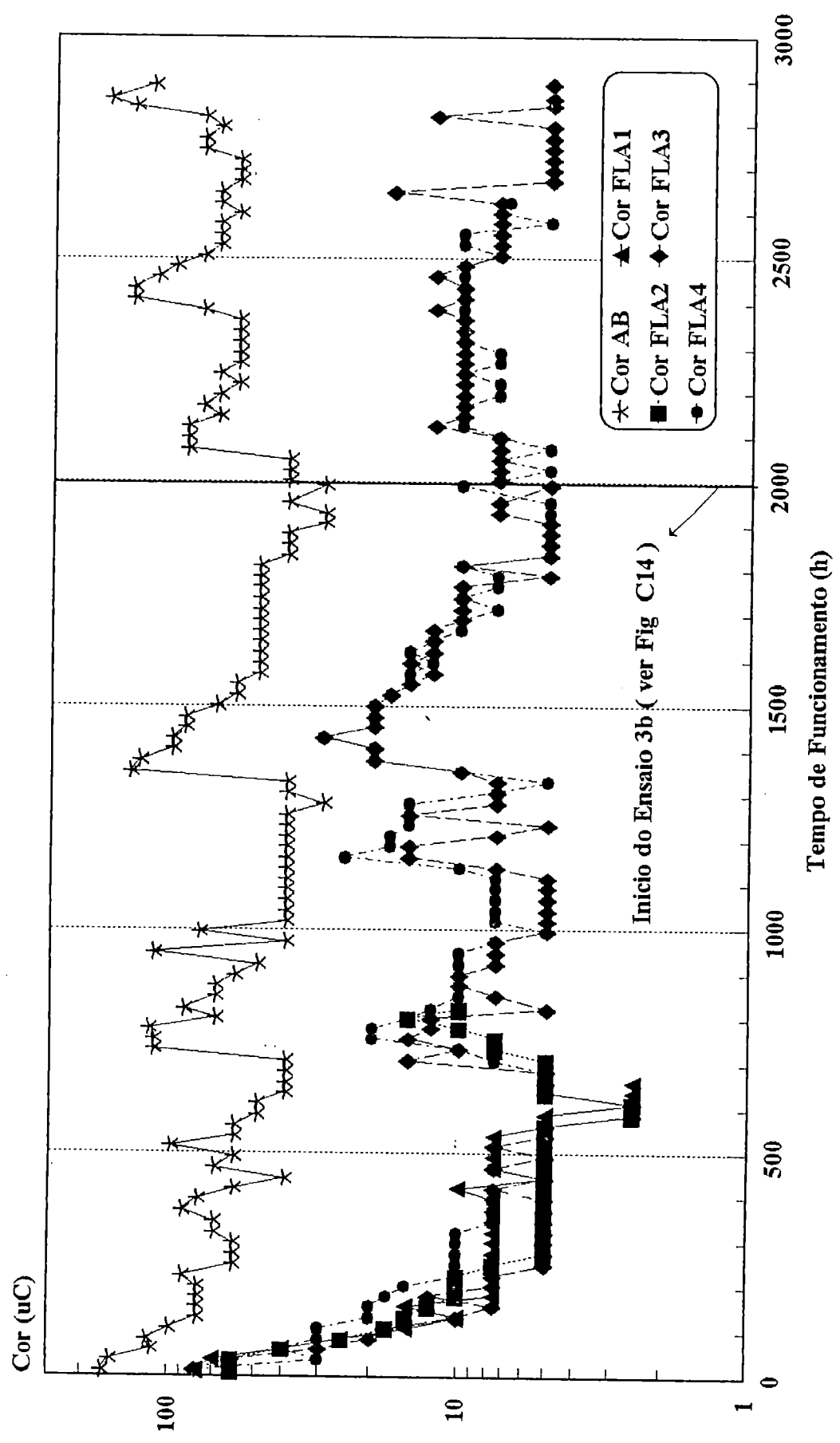


Figura C13 Variação da Cor da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3a).

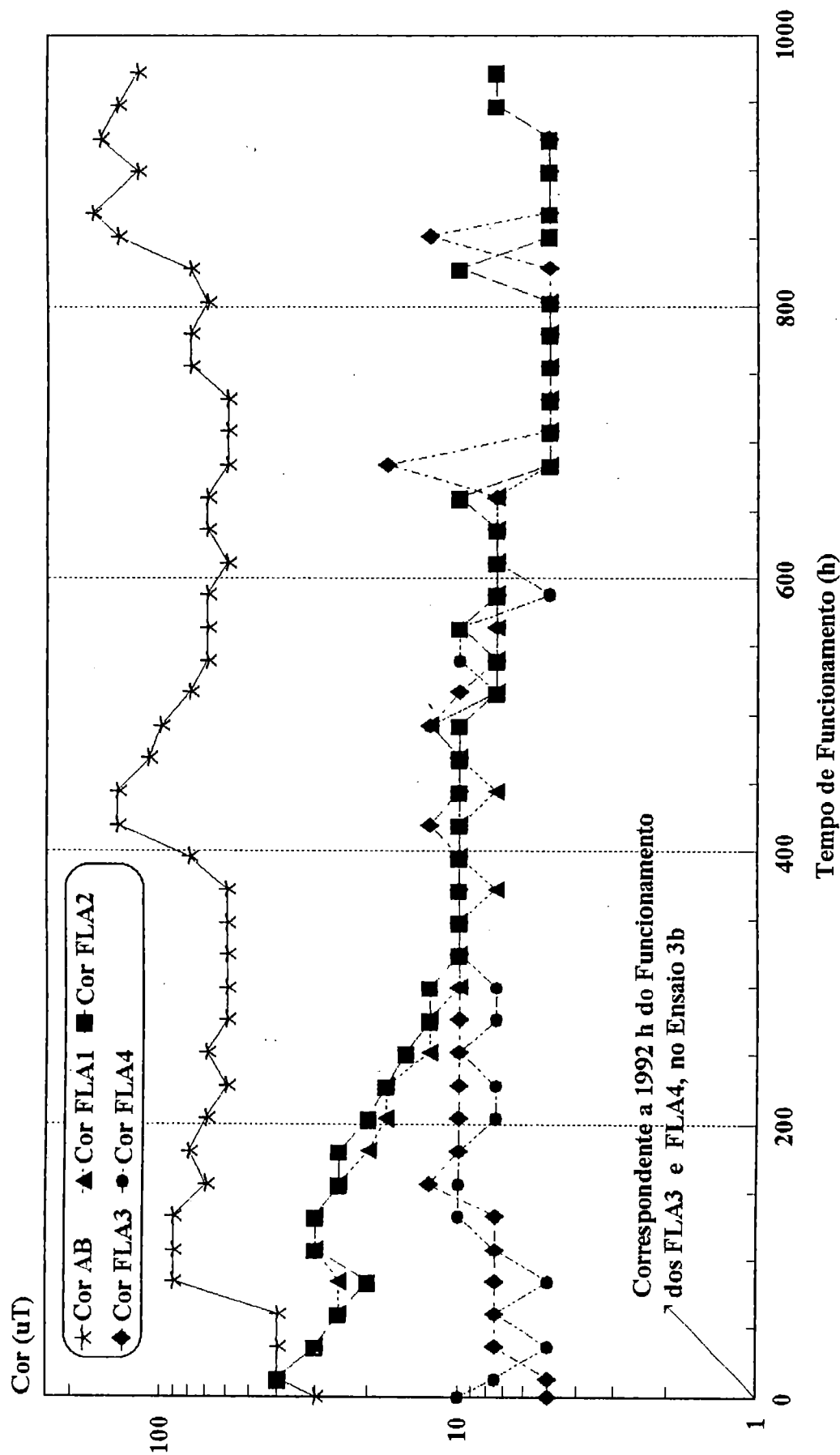


Figura C14 Variação da Cor da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

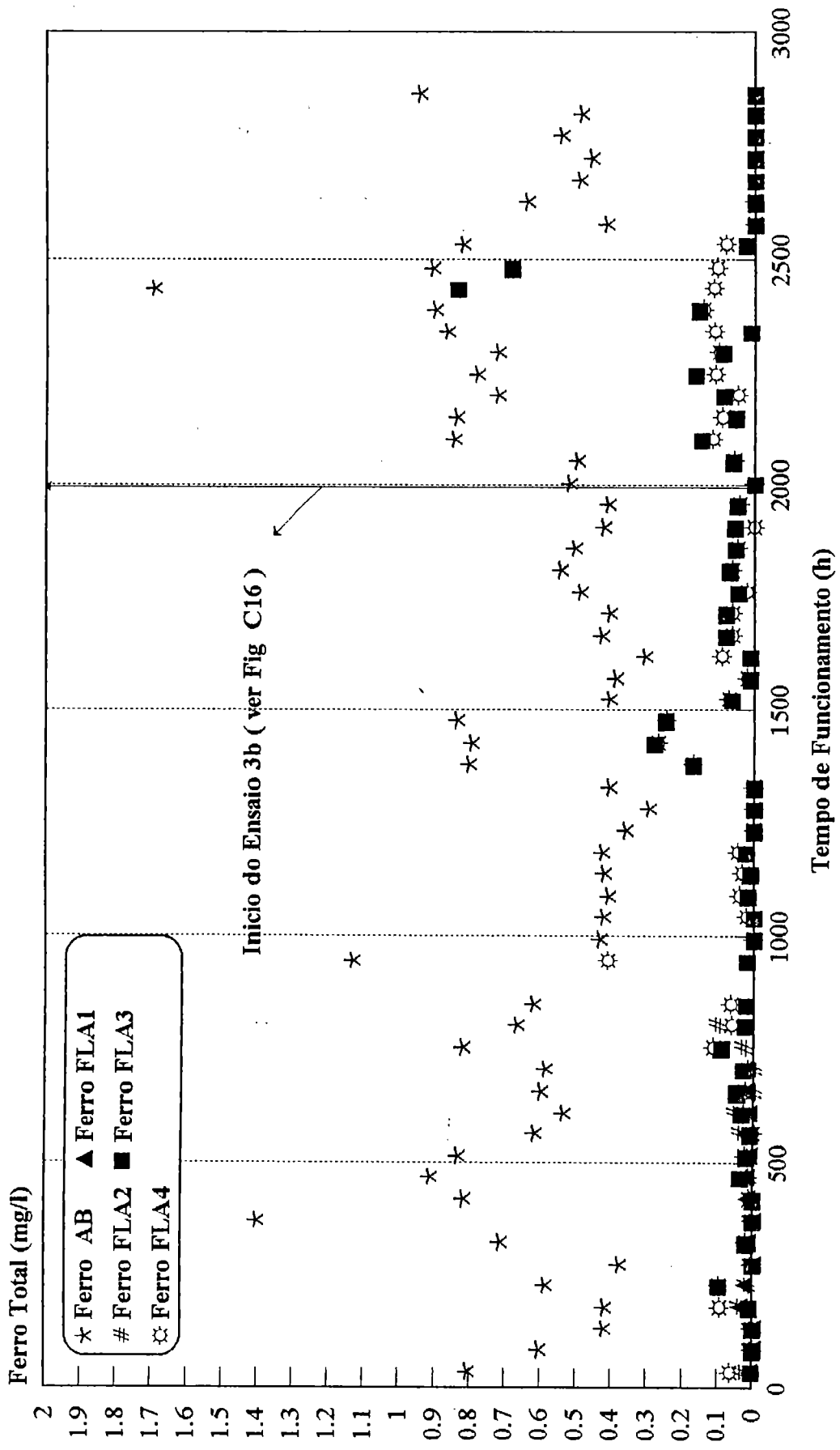


Figura C15 Variação da Concentração de Ferro total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3a).

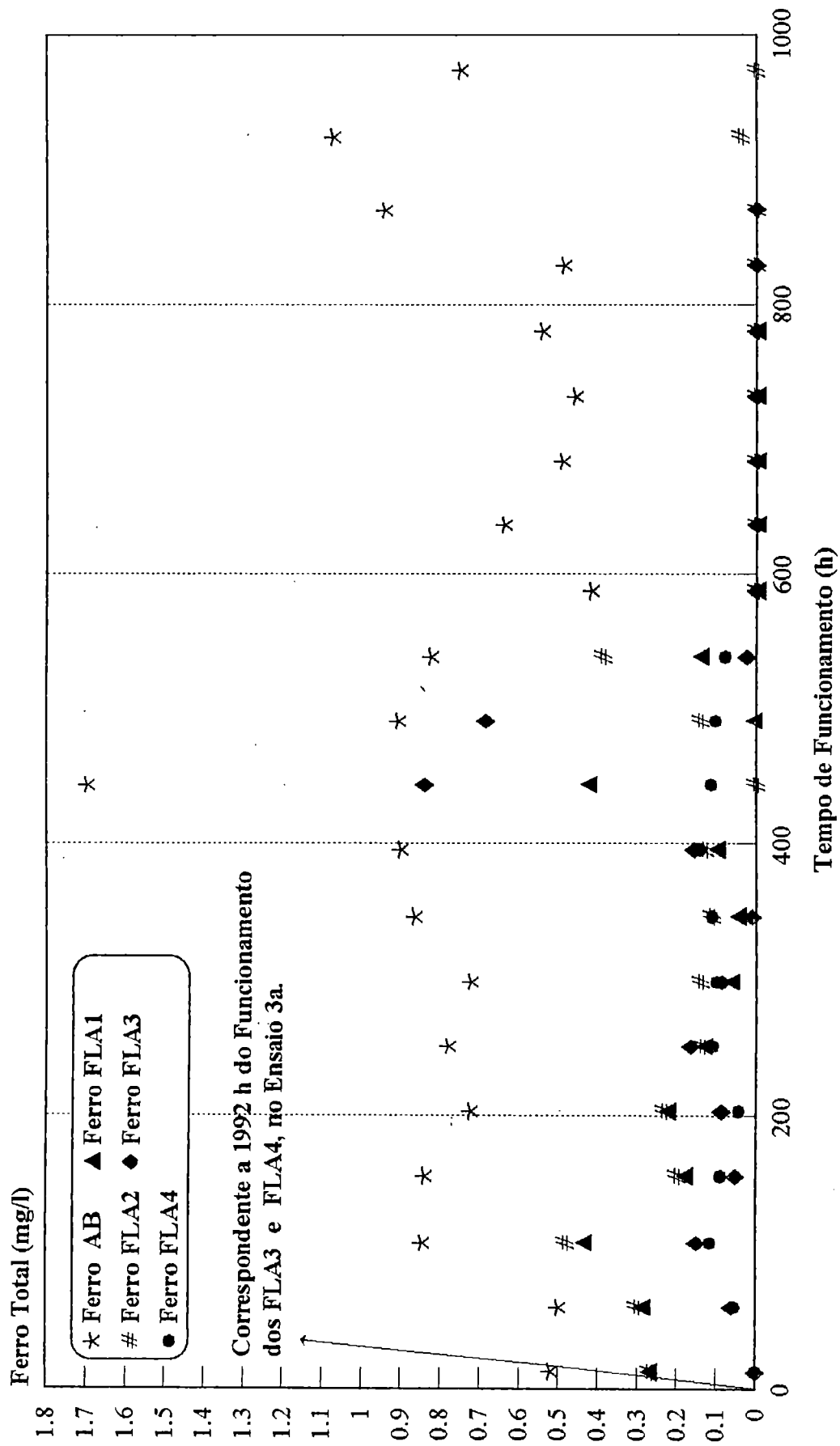


Figura C16 Variação da Concentração de Ferro total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d, Ensaio (3b).

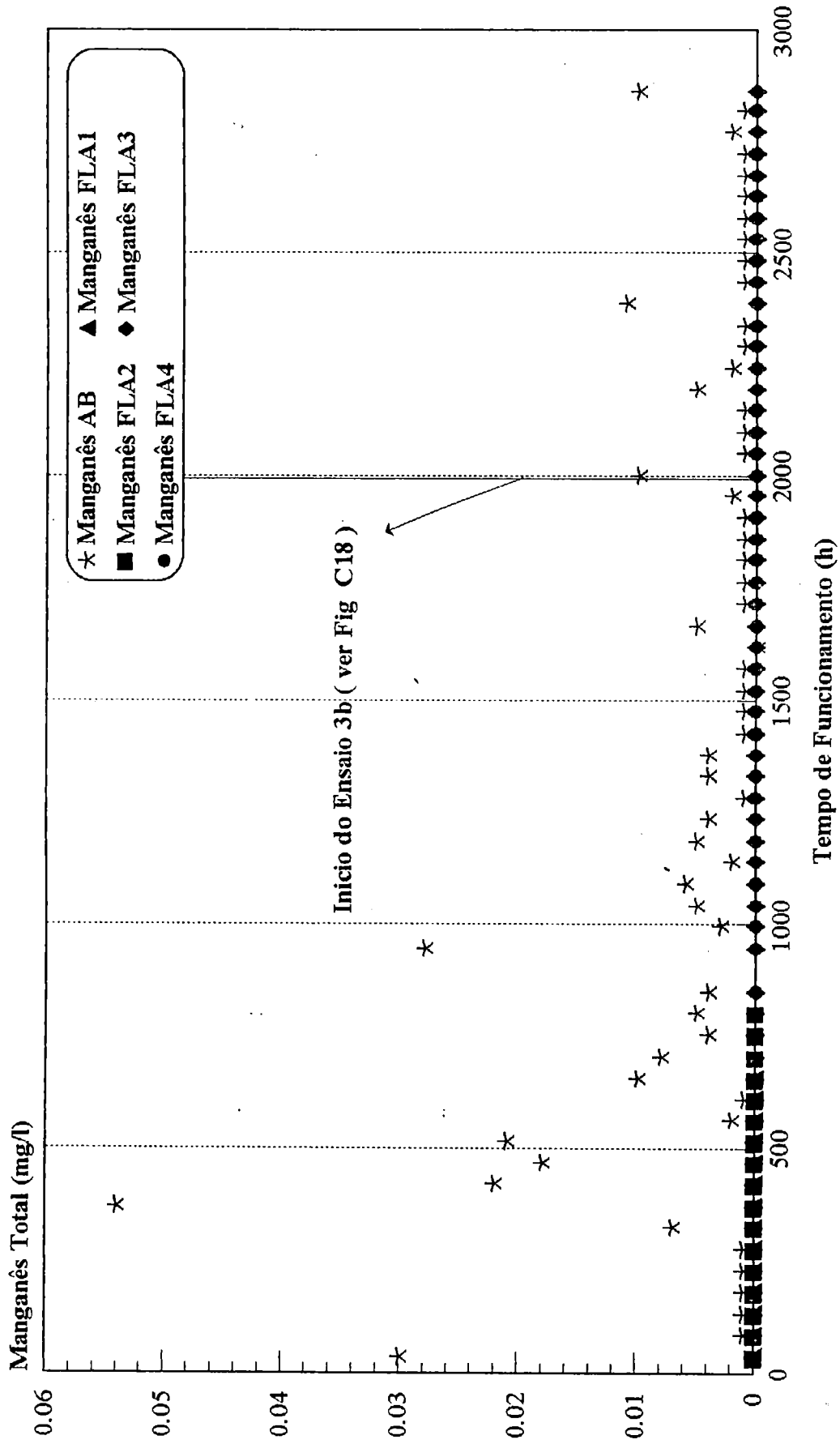


Figura C17 Variação da Concentração de Manganês Total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d, no Ensaio (3a).

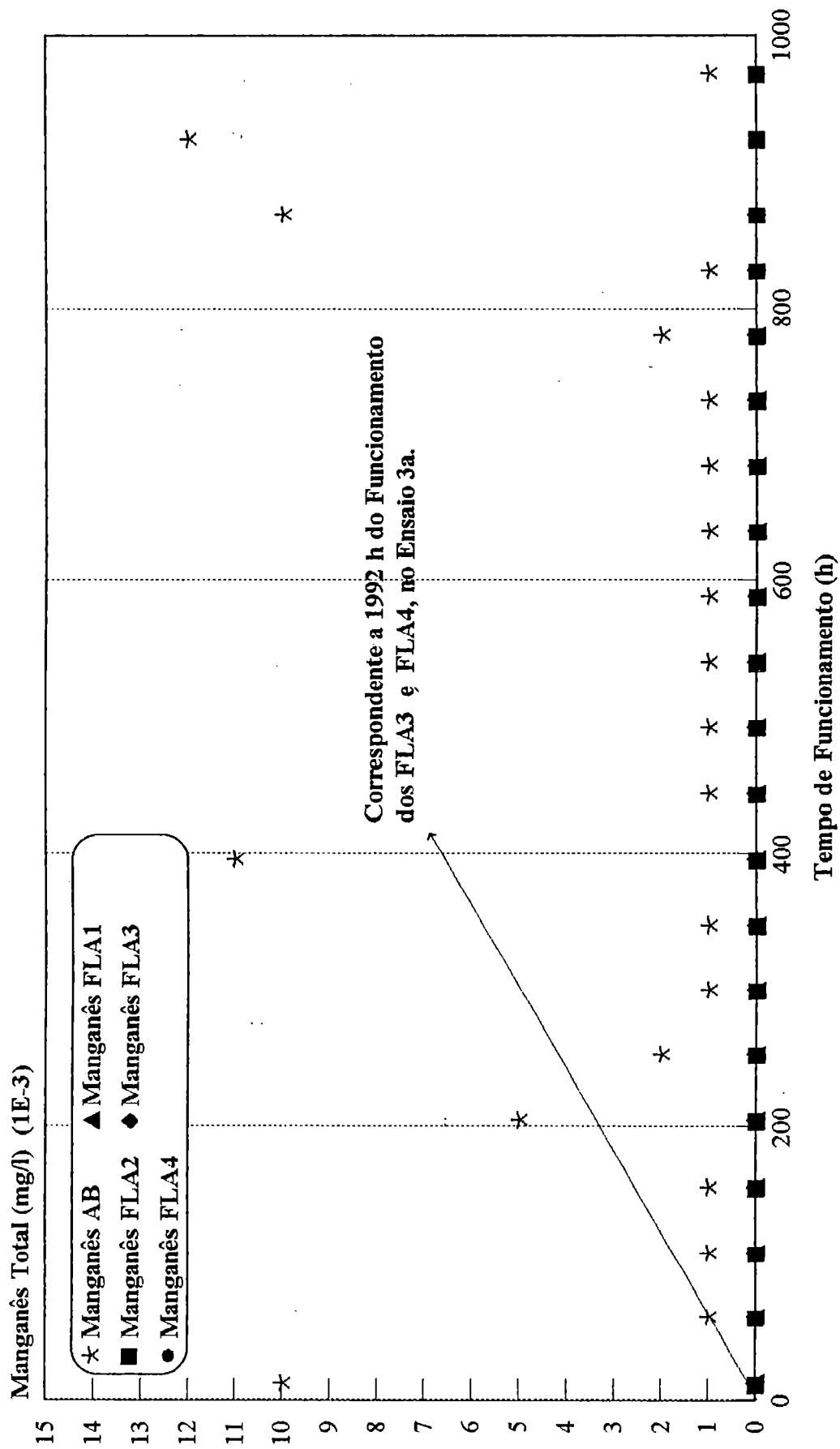


Figura C18 Variação da Concentração de Manganês Total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 2.4 m³/m².d, no Ensaio (3b).

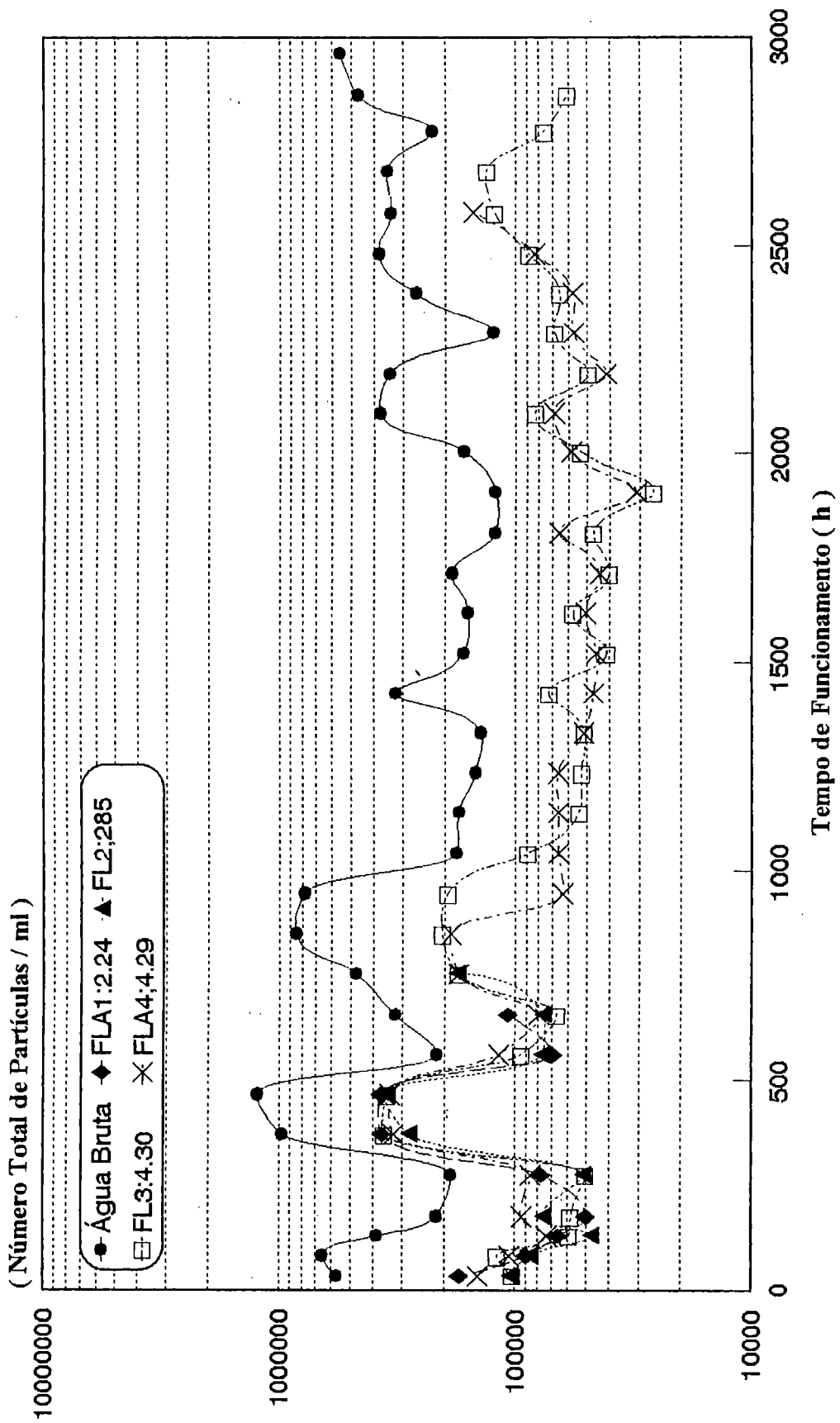


Figura C19 Variação do Número Total De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 2.4 m³/m².d, das 36 as 2964 hs de Funcionamento. Ensaio (3a).

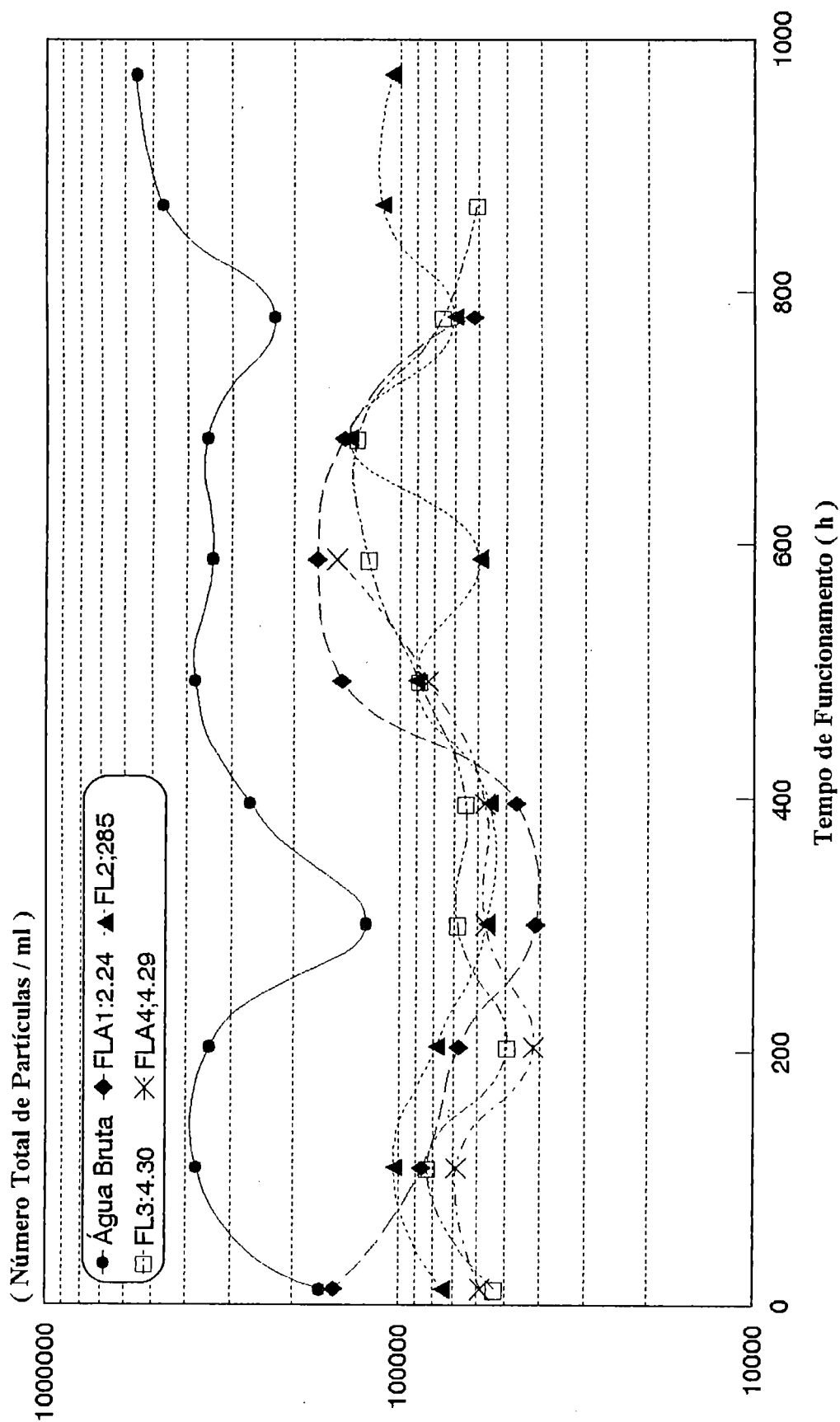


Figura C20 Variação do Número Total De Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 2.4 m³/m².d, das 12 as 972 hs de Funcionamento. Ensaio (3b).

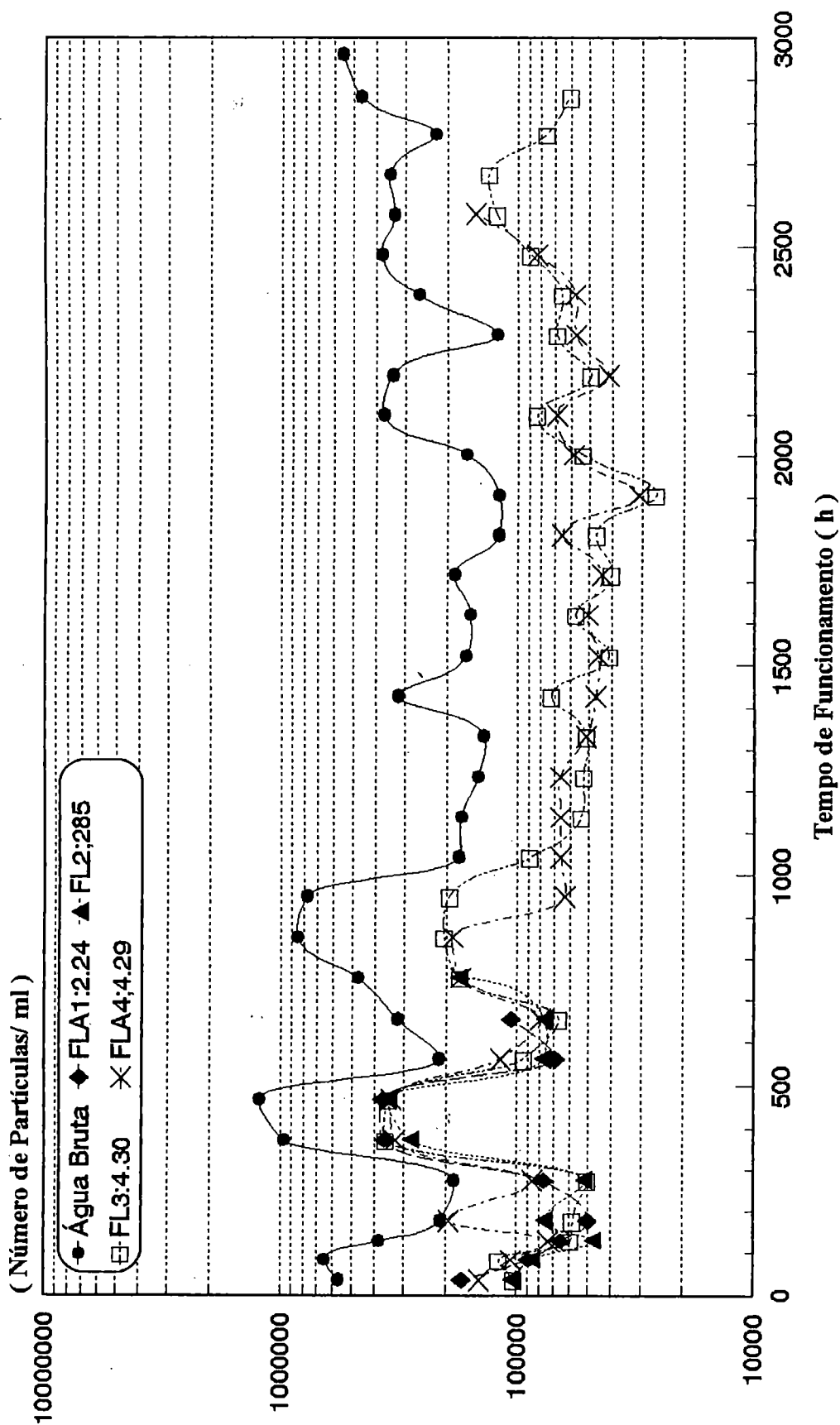


Figura C21 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 2.4 m³/m².d, das 36 as 2964 hs de Funcionamento Ensaio (3a).

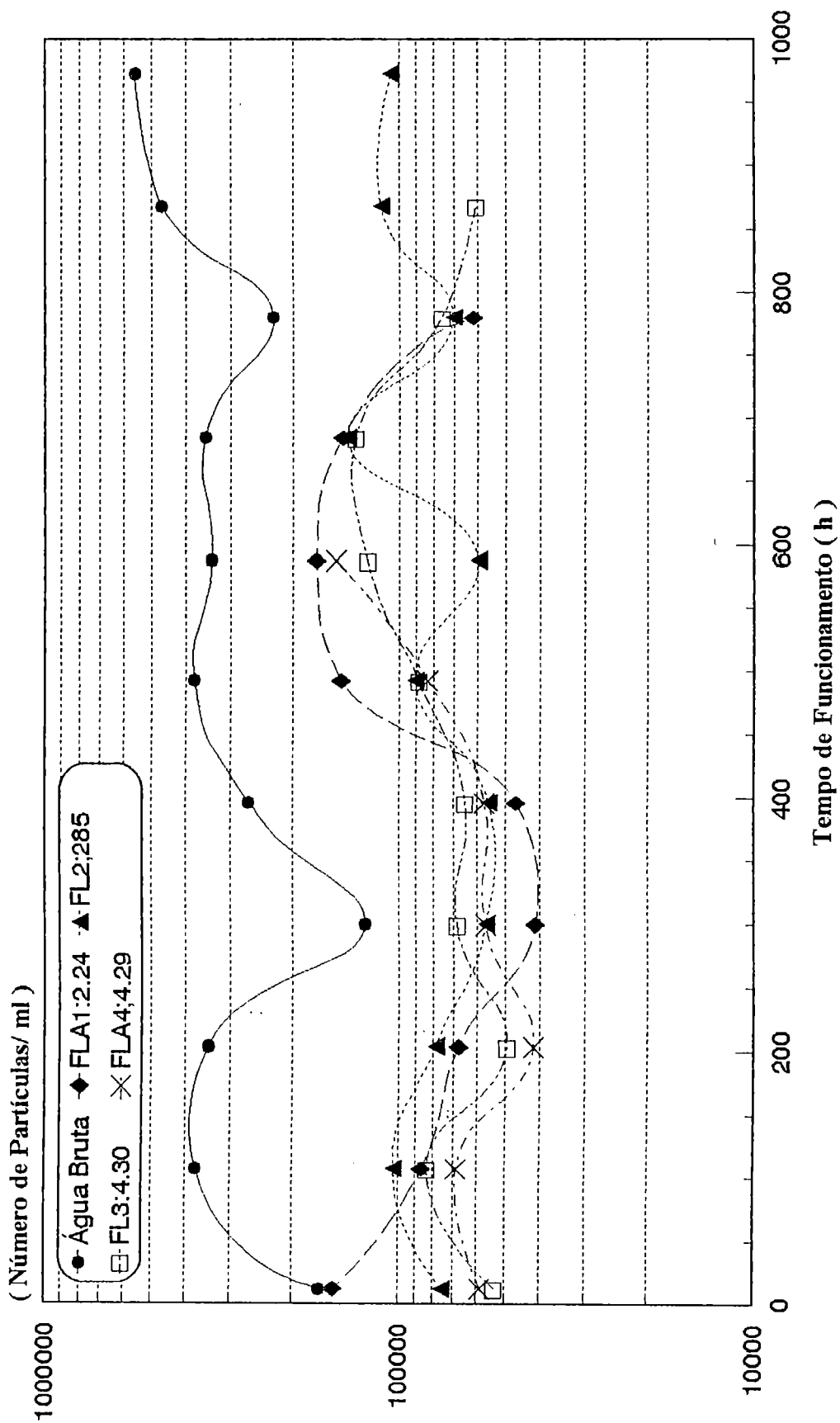


Figura C22 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 2.4 m³/m².d, das 12 as 972 hs de Funcionamento. Ensaio (3b).

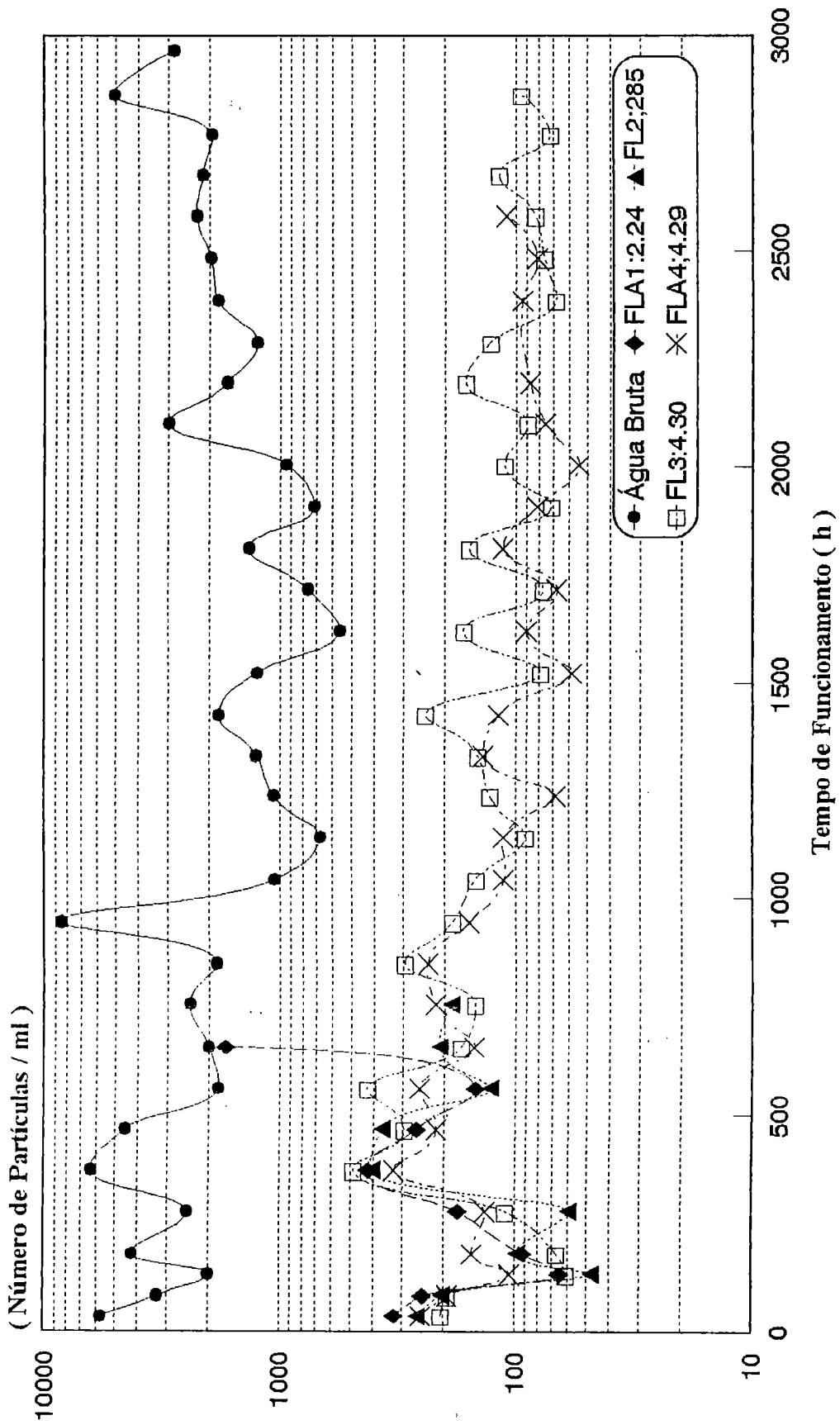


Figura C23 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,70 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 2.4 m³/m².d, das 36 as 2964 hs de Funcionamento. Ensaio (3a).

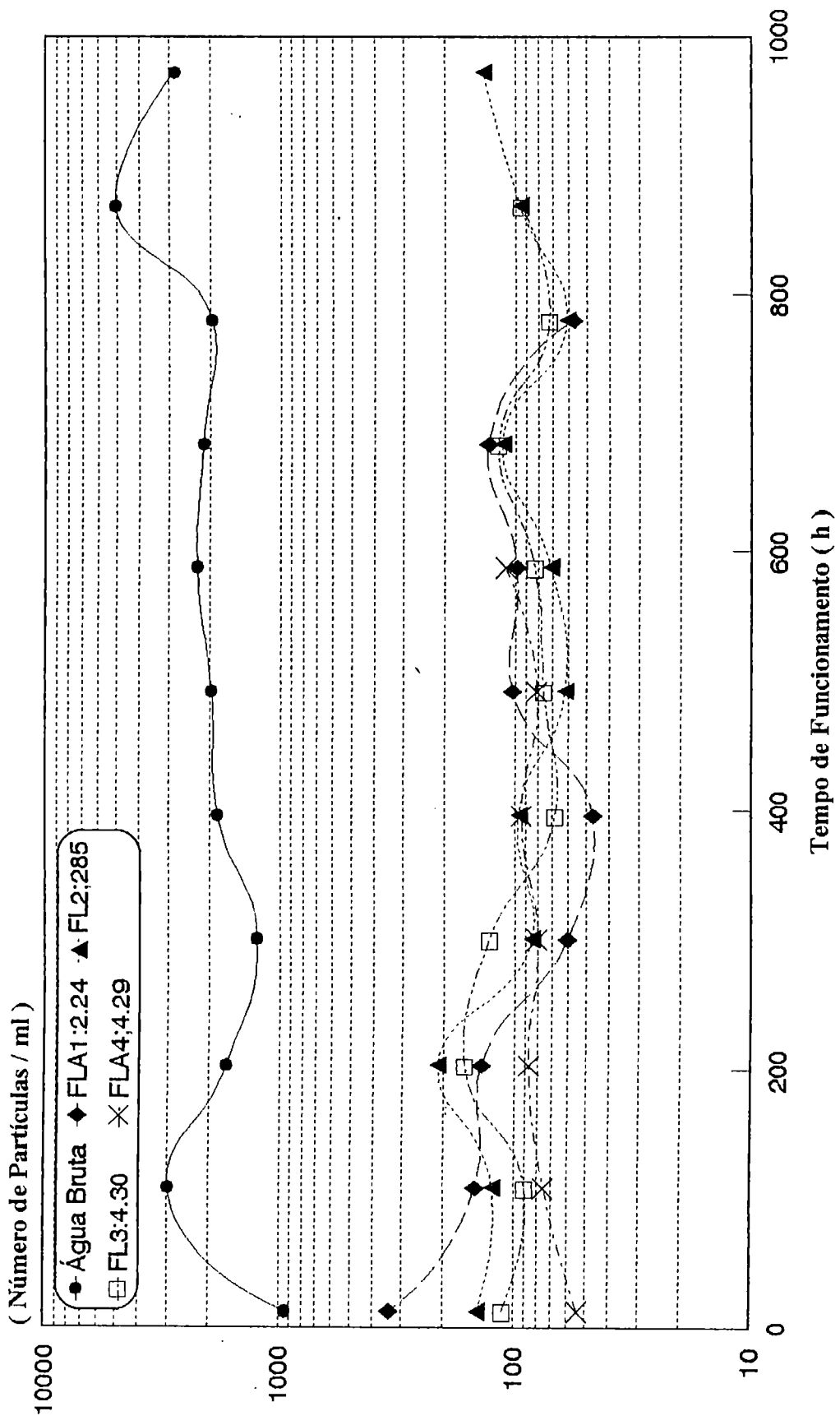


Figura C24 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,70 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos, Taxa 2.4 m³/m².d, das 12 as 972 hs de Funcionamento. Ensaio (3b).

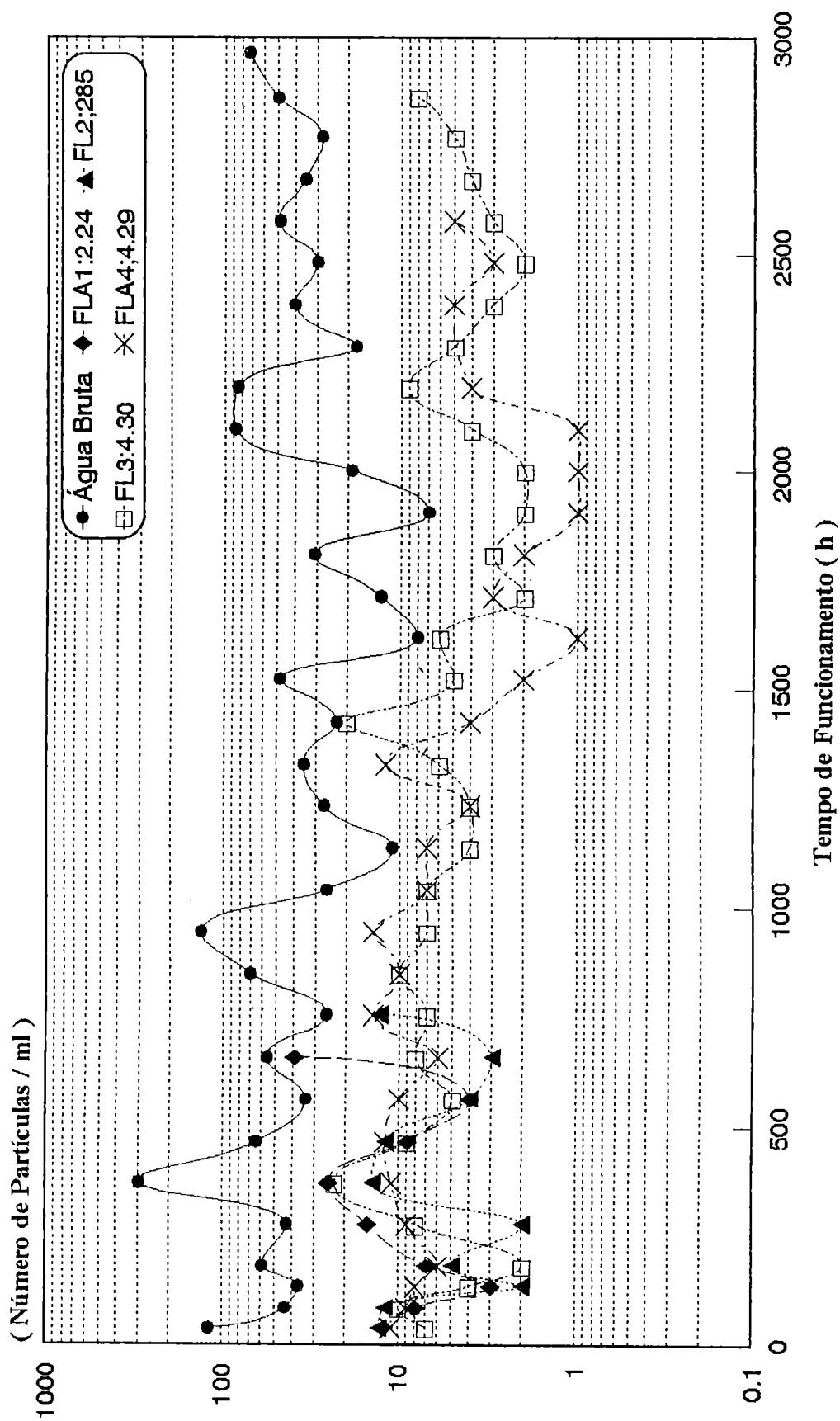


Figura C25 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,30 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 2.4 m³/m².d, das 36 as 2964 hs de Funcionamento. Ensaio (3a).

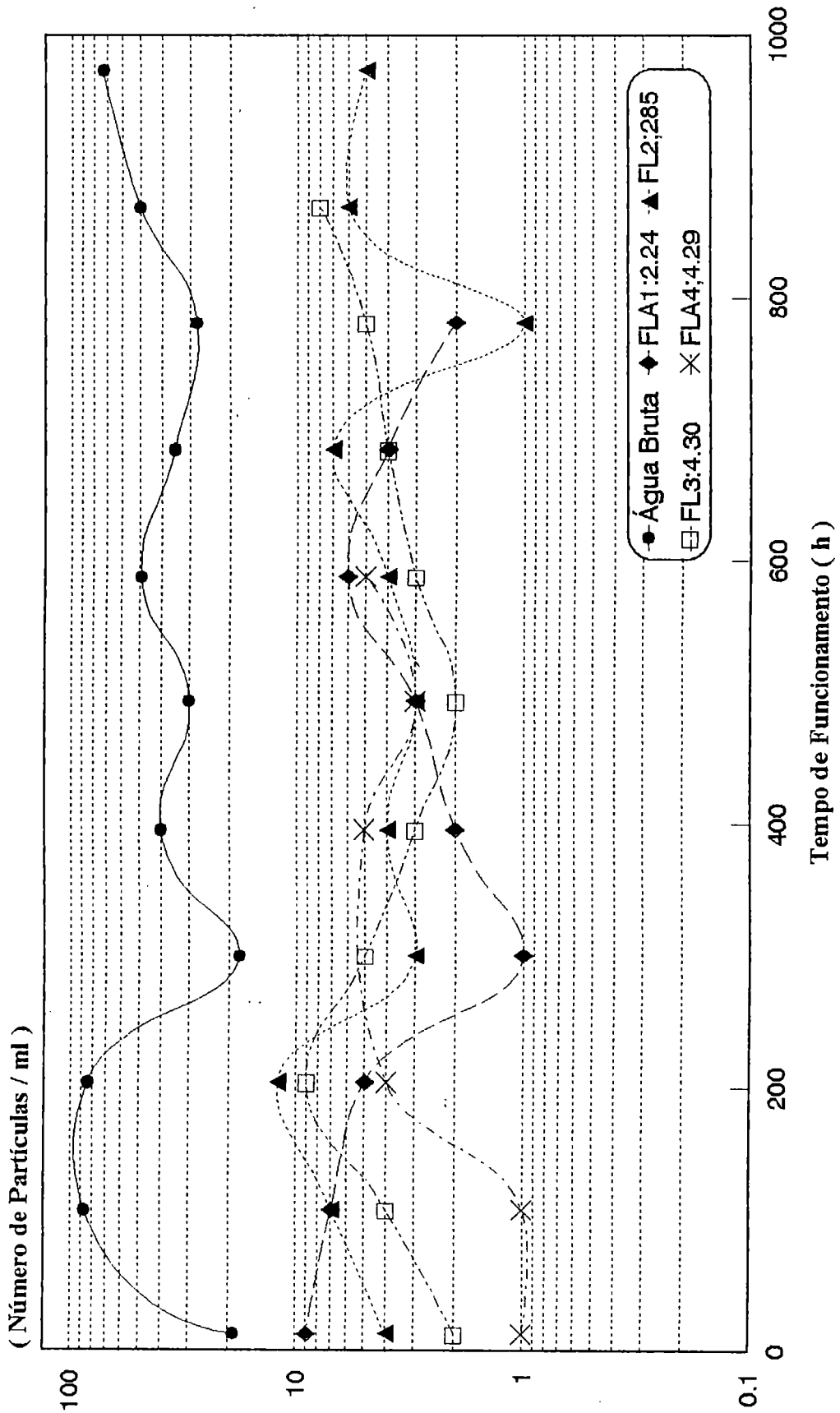


Figura C26 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,30 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 2.4 m³/m².d, das 12 as 972 hs de Funcionamento. Ensaio (3b).

APÊNDICE D
Tabelas e Figuras

TABELA D1 Ensaio : 2a
Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 4.8m³/m².d.

DATA dd/mm/aa h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: Cu = 2.24 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro [m]	FLA 2: Cu = 2.85 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro [m]
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
9/9/94 5:00	0:00	1.236	1.280	1.360	1.439	1.458	0.222	1.230	1.274	1.343	1.443	1.453	0.223
9/9/94 0:00	7:00	1.237	1.277	1.348	1.422	1.442	0.205	1.232	1.272	1.332	1.426	1.434	0.202
10/9/94 0:00	31:00	1.237	1.277	1.344	1.414	1.437	0.200	1.232	1.271	1.328	1.419	1.429	0.197
11/9/94 0:00	55:00	1.238	1.275	1.338	1.405	1.438	0.200	1.233	1.270	1.325	1.410	1.431	0.198
12/9/94 0:00	79:00	1.238	1.273	1.328	1.386	1.437	0.199	1.233	1.267	1.319	1.394	1.429	0.196
13/9/94 0:00	103:00	1.238	1.272	1.321	1.373	1.454	0.216	1.234	1.267	1.314	1.382	1.430	0.196
14/9/94 0:00	127:00	1.238	1.267	1.329	1.357	1.470	0.232	1.232	1.263	1.304	1.361	1.435	0.203
15/9/94 0:00	151:00	1.238	1.257	1.298	1.348	1.510	0.272	1.232	1.268	1.300	1.330	1.485	0.253
16/9/94 0:00	175:00	1.237	1.260	1.296	1.338	1.633	0.396	1.231	1.257	1.288	1.337	1.520	0.289
17/9/94 0:00	199:00	1.237	1.260	1.292	1.332	1.688	0.451	1.232	1.255	1.283	1.328	1.545	0.313
18/9/94 0:00	223:00	1.237	1.258	1.290	1.330	1.820	0.583	1.232	1.255	1.282	1.330	1.640	0.408
19/9/94 0:00	247:00	1.237	1.259	1.289	1.327	1.917	0.680	1.232	1.255	1.282	1.330	1.700	0.468
20/9/94 0:00	271:00	1.236	1.256	1.285	1.322	2.014	0.778	1.230	1.251	1.274	1.321	1.753	0.523
21/9/94 0:00	295:00	1.237	1.258	1.288	1.326	2.070	0.833	1.232	1.254	1.278	1.328	1.797	0.565
22/9/94 0:00	319:00	1.236	1.257	1.286	1.324	2.160	0.924	1.230	1.251	1.273	1.321	1.850	0.620
23/9/94 0:00	343:00	1.236	1.257	1.287	1.325	2.250	1.014	1.230	1.252	1.274	1.324	1.918	0.688
24/9/94 0:00	367:00	1.236	1.257	1.287	1.325	2.250	1.014	1.232	1.252	1.273	1.323	1.937	0.705
25/9/94 10:00	389:00	1.245	1.265	1.293	1.335	2.350	1.105	1.230	1.249	1.268	1.315	2.030	0.800
26/9/94 0:00	415:00	.	.	.	.	.	.	1.230	1.254	1.277	1.336	2.115	0.885
27/9/94 0:00	439:00	.	.	.	.	.	.	1.231	1.255	1.278	1.345	2.215	0.984
28/9/94 0:00	463:00	.	.	.	.	.	.	1.232	1.254	1.277	1.348	2.290	1.058
29/9/94 0:00	487:00	.	.	.	.	.	.	1.232	1.254	1.277	1.348	2.290	1.058
30/9/94 17:00	516:00	.	.	.	.	.	.	1.232	1.254	1.276	1.349	2.350	1.118

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA D2 Ensaio : 2a
Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 4.8m³/m².d.

DATA dd/mm/aa	h:mm	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)		FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS						FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS										
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro [m]	P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	Total do filtro [m]							
9/9/94	5:00		0:00																	
9/9/94	0:00	1.223	1.244	1.280	1.325	1.330	0.107	1.228	1.250	1.290	1.384	1.384	0.156							
10/9/94	0:00	1.224	1.244	1.275	1.317	1.321	0.097	1.233	1.249	1.284	1.378	1.380	0.147							
11/9/94	0:00	1.224	1.241	1.272	1.313	1.317	0.093	1.231	1.246	1.278	1.372	1.375	0.144							
12/9/94	0:00	1.224	1.241	1.268	1.304	1.313	0.089	1.231	1.245	1.272	1.365	1.370	0.139							
13/9/94	0:00	1.224	1.239	1.263	1.293	1.305	0.081	1.231	1.244	1.268	1.340	1.348	0.117							
14/9/94	0:00	1.224	1.238	1.262	1.288	1.306	0.082	1.232	1.242	1.264	1.324	1.338	0.106							
15/9/94	0:00	1.223	1.236	1.256	1.281	1.304	0.081	1.230	1.240	1.261	1.312	1.329	0.099							
16/9/94	0:00	1.223	1.238	1.254	1.275	1.309	0.086	1.230	1.240	1.260	1.311	1.330	0.100							
17/9/94	0:00	1.223	1.234	1.250	1.270	1.315	0.092	1.228	1.237	1.255	1.297	1.334	0.106							
18/9/94	0:00	1.222	1.234	1.249	1.268	1.320	0.098	1.230	1.240	1.257	1.301	1.349	0.119							
19/9/94	0:00	1.223	1.234	1.249	1.268	1.349	0.126	1.230	1.239	1.256	1.300	1.370	0.140							
20/9/94	0:00	1.223	1.233	1.248	1.268	1.368	0.145	1.231	1.240	1.257	1.300	1.388	0.157							
21/9/94	0:00	1.221	1.231	1.245	1.264	1.384	0.163	1.228	1.237	1.253	1.294	1.400	0.172							
22/9/94	0:00	1.224	1.233	1.248	1.267	1.402	0.178	1.230	1.239	1.255	1.298	1.415	0.185							
23/9/94	0:00	1.222	1.231	1.244	1.264	1.415	0.193	1.229	1.239	1.252	1.297	1.427	0.198							
24/9/94	0:00	1.222	1.232	1.245	1.265	1.438	0.216	1.229	1.237	1.252	1.297	1.450	0.221							
25/9/94	10:00	1.222	1.231	1.245	1.265	1.439	0.217	1.230	1.237	1.252	1.296	1.455	0.225							
26/9/94	0:00	1.222	1.230	1.242	1.265	1.470	0.248	1.229	1.236	1.250	1.294	1.485	0.256							
27/9/94	0:00	1.221	1.230	1.245	1.268	1.439	0.218	1.228	1.238	1.254	1.305	1.514	0.286							
28/9/94	0:00	1.224	1.233	1.248	1.274	1.542	0.318	1.23	1.240	1.257	1.313	1.567	0.337							
29/9/94	0:00	1.224	1.232	1.245	1.272	1.548	0.324	1.231	1.240	1.256	1.314	1.593	0.362							
30/9/94	17:00	1.224	1.232	1.246	1.271	1.554	0.330	1.231	1.240	1.256	1.314	1.605	0.374							

TABELA D3 Ensaio : 2a
Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 4.8m³/m².d. (Continuação).

DATA dd/mm/aa	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMETRICAS					Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
1/10/94	0:00	1.223	1.233	1.248	1.274	1.573	0.350	1.230	1.240	1.256	1.314	1.635	0.405
2/10/94	0:00	1.220	1.230	1.244	1.269	1.601	0.381	1.230	1.238	1.253	1.314	1.692	0.462
3/10/94	12:00	1.220	1.230	1.246	1.270	1.616	0.396	1.230	1.237	1.252	1.314	1.700	0.470
4/10/94	7:00	1.223	1.232	1.247	1.272	1.650	0.427	1.230	1.240	1.255	1.327	1.743	0.513
5/10/94	0:00	1.200	1.230	1.244	1.270	1.680	0.480	1.230	1.239	1.254	1.328	1.768	0.538
6/10/94	0:00	1.223	1.232	1.248	1.273	1.725	0.502	1.230	1.239	1.253	1.325	1.777	0.547
7/10/94	0:00	1.223	1.232	1.248	1.274	1.766	0.543	1.230	1.239	1.255	1.330	1.791	0.561
8/10/94	0:00	1.220	1.230	1.246	1.270	1.780	0.560	1.230	1.239	1.255	1.324	1.780	0.550
9/10/94	0:00	1.223	1.231	1.245	1.271	1.785	0.562	1.230	1.240	1.257	1.323	1.775	0.545
10/10/94	0:00	1.223	1.231	1.245	1.271	1.807	0.584	1.230	1.240	1.257	1.317	1.755	0.525
11/10/94	0:00	1.223	1.232	1.245	1.273	1.865	0.642	1.230	1.240	1.257	1.315	1.749	0.519
12/10/94	0:00	1.223	1.232	1.246	1.274	1.895	0.672	1.230	1.240	1.255	1.311	1.741	0.511
13/10/94	0:00	1.220	1.230	1.243	1.270	1.900	0.680	1.231	1.240	1.255	1.307	1.733	0.502
14/10/94	0:00	1.222	1.230	1.242	1.267	1.957	0.735	1.231	1.240	1.256	1.314	1.779	0.548
15/10/94	0:00	1.223	1.231	1.248	1.275	1.975	0.752	1.231	1.240	1.256	1.311	1.804	0.573
16/10/94	0:00	1.223	1.231	1.246	1.274	1.998	0.775	1.231	1.240	1.257	1.321	1.810	0.579
17/10/94	0:00	1.223	1.233	1.248	1.280	2.152	0.929	1.231	1.240	1.254	1.312	1.825	0.594
18/10/94	0:00	1.222	1.232	1.247	1.278	2.273	1.051	1.232	1.242	1.257	1.321	1.930	0.698
19/10/94	0:00	1.223	1.232	1.245	1.277	2.268	1.045	1.231	1.239	1.254	1.313	1.913	0.682
20/10/94	0:00	1.223	1.232	1.245	1.276	2.328	1.105	1.230	1.240	1.256	1.320	1.952	0.722
21/10/94	0:00	1.223	1.232	1.246	1.278	2.350	1.127	1.231	1.240	1.257	1.327	1.985	0.754
22/10/94	0:00	-	-	-	-	-	-	1.230	1.239	1.257	1.328	2.058	0.828
23/10/94	6:00	-	-	-	-	-	-	1.230	1.238	1.256	1.334	2.118	0.888
24/10/94	0:00	-	-	-	-	-	-	1.230	1.240	1.257	1.345	2.213	0.983
25/10/94	0:00	-	-	-	-	-	-	1.231	1.240	1.260	1.361	2.360	1.119

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA D-4 Ensaio : 2b
 Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 4.8m³/m².d.

DATA	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 1: Cu = 2.24 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro (m)	FLA 2: Cu = 2.85 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
3/10/94	12:00	1.238	1.27	1.327	1.416	1.44	0.202	1.231	1.253	1.294	1.367	1.405	0.174
4/10/94	7:00	1.237	1.267	1.320	1.400	1.435	0.198	1.230	1.252	1.287	1.365	1.405	0.175
5/10/94	0:00	1.237	1.265	1.311	1.378	1.427	0.190	1.231	1.251	1.290	1.351	1.409	0.178
6/10/94	0:00	1.237	1.265	1.308	1.366	1.440	0.203	1.231	1.252	1.285	1.337	1.412	0.181
7/10/94	0:00	1.237	1.264	1.300	1.350	1.450	0.213	1.230	1.250	1.276	1.323	1.420	0.190
8/10/94	0:00	1.237	1.261	1.294	1.338	1.465	0.228	1.231	1.250	1.273	1.317	1.428	0.197
9/10/94	0:00	1.238	1.262	1.294	1.338	1.502	0.264	1.231	1.249	1.270	1.351	1.443	0.212
10/10/94	0:00	1.238	1.261	1.293	1.338	1.548	0.310	1.231	1.250	1.270	1.341	1.476	0.245
11/10/94	0:00	1.238	1.262	1.294	1.341	1.595	0.357	1.231	1.249	1.267	1.330	1.495	0.264
12/10/94	0:00	1.237	1.258	1.285	1.326	1.627	0.390	1.232	1.250	1.270	1.341	1.517	0.285
13/10/94	0:00	1.237	1.258	1.287	1.330	1.706	0.469	1.231	1.249	1.267	1.357	1.587	0.356
14/10/94	0:00	1.237	1.260	1.290	1.335	1.758	0.521	1.231	1.250	1.265	1.357	1.605	0.374
15/10/94	0:00	1.237	1.260	1.287	1.326	1.820	0.583	1.231	1.251	1.270	1.351	1.650	0.419
16/10/94	0:00	1.238	1.260	1.291	1.338	1.905	0.667	1.231	1.248	1.265	1.356	1.718	0.487
17/10/94	0:00	1.238	1.261	1.294	1.347	2.052	0.814	1.232	1.250	1.270	1.358	1.838	0.606
18/10/94	0:00	1.238	1.260	1.290	1.337	2.195	0.957	1.232	1.250	1.270	1.357	1.910	0.678
19/10/94	0:00	1.238	1.260	1.290	1.336	2.302	1.064	1.231	1.249	1.269	1.358	1.965	0.734
20/10/94	0:00	1.238	1.260	1.290	1.336	2.350	1.115	1.232	1.250	1.273	1.358	2.038	0.806
21/10/94	0:00	1.235	1.258	1.287	1.337	.	.	1.232	1.250	1.272	1.357	2.200	0.969
22/10/94	0:00	.	.	.	.	.	.	1.231	1.250	1.272	1.357	2.200	0.969
23/10/94	6:00	.	.	.	.	.	.	1.23	1.248	1.268	1.358	2.350	1.120

(.) Filtro Fora de Operação

TABELA D5 Ensaio : 2b

Leituras Piezométricas Durante o Tempo de Funcionamento. Taxa de Filtração : 4.8m³/m².d.

DATA dd/mm/aa	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:mm)	FLA 3 : Cu = 4.30 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro (m)	FLA 4 : Cu = 4.29 LEITURAS PIEZOMÉTRICAS					Total do filtro (m)
		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)		P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)	P5 (m)	
3/10/94	12:00	1.220	1.230	1.246	1.270	1.616	0.396	1.230	1.237	1.252	1.314	1.700	0.470
4/10/94	7:00	1.223	1.232	1.247	1.272	1.65	0.427	1.23	1.24	1.255	1.327	1.743	0.513
5/10/94	0:00	1.200	1.230	1.244	1.270	1.680	0.480	1.230	1.239	1.254	1.328	1.768	0.538
6/10/94	0:00	1.223	1.232	1.248	1.273	1.725	0.502	1.230	1.239	1.253	1.325	1.777	0.547
7/10/94	0:00	1.223	1.232	1.248	1.274	1.766	0.543	1.230	1.239	1.255	1.330	1.791	0.561
8/10/94	0:00	1.220	1.230	1.246	1.270	1.780	0.560	1.230	1.239	1.255	1.324	1.780	0.550
9/10/94	0:00	1.223	1.231	1.245	1.271	1.785	0.562	1.230	1.240	1.257	1.323	1.775	0.545
10/10/94	0:00	1.223	1.231	1.245	1.271	1.807	0.584	1.230	1.240	1.257	1.317	1.755	0.525
11/10/94	0:00	1.223	1.232	1.245	1.273	1.865	0.642	1.230	1.240	1.257	1.315	1.749	0.519
12/10/94	0:00	1.223	1.232	1.246	1.274	1.895	0.672	1.230	1.240	1.255	1.311	1.741	0.511
13/10/94	0:00	1.220	1.230	1.243	1.270	1.900	0.680	1.231	1.240	1.255	1.307	1.733	0.502
14/10/94	0:00	1.222	1.230	1.242	1.267	1.957	0.735	1.231	1.240	1.256	1.314	1.779	0.548
15/10/94	0:00	1.223	1.231	1.248	1.275	1.975	0.752	1.231	1.240	1.256	1.311	1.804	0.573
16/10/94	0:00	1.223	1.231	1.246	1.274	1.998	0.775	1.231	1.240	1.257	1.321	1.810	0.579
17/10/94	0:00	1.223	1.233	1.248	1.280	2.152	0.929	1.231	1.240	1.254	1.312	1.825	0.594
18/10/94	0:00	1.222	1.232	1.247	1.278	2.273	1.051	1.232	1.242	1.257	1.321	1.930	0.689
19/10/94	0:00	1.223	1.232	1.245	1.277	2.268	1.045	1.231	1.239	1.254	1.313	1.913	0.682
20/10/94	0:00	1.223	1.232	1.245	1.276	2.328	1.105	1.230	1.240	1.256	1.320	1.952	0.722
21/10/94	0:00	1.223	1.232	1.246	1.278	2.350	1.127	1.231	1.240	1.257	1.327	1.985	0.754
22/10/94	0:00	-	-	-	-	-	-	1.230	1.239	1.257	1.328	2.058	0.828
23/10/94	6:00	-	-	-	-	-	-	1.230	1.238	1.256	1.334	2.118	0.888
24/10/94	0:00	-	-	-	-	-	-	1.230	1.24	1.257	1.345	2.213	0.983
25/10/94	0:00	-	-	-	-	-	-	1.231	1.24	1.260	1.361	2.350	1.119

(-) Filtro Fora de Operação

TABELA D6 Ensaios : 2a - 2b
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento.

DATA		TEMPO DE		TURBIDEZ (uI)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
dd/mm/aa	h:mm	FUNCIONAMENTO	(h)						
9/9/94	5:00		0:00						
9/9/94	0:00		7:00	5.6	60	6.9	0.400	0.019	22.0
10/9/94	0:00		31:00	6.1	70	7.0			22.5
11/9/94	0:00		55:00	6.9	70	7.0	0.645	0.011	21.5
12/9/94	0:00		79:00	6.8	70	7.0			24.0
13/9/94	0:00		103:00	6.4	60	6.9	0.574	0.001	23.0
14/9/94	0:00		127:00	6.2	70	6.8			25.0
15/9/94	0:00		151:00	6.8	70	7.0	0.647	0.008	23.0
16/9/94	0:00		175:00	6.9	70	7.0	0.662	0.002	23.0
17/9/94	0:00		199:00	7.3	70	7.0			23.5
18/9/94	0:00		223:00	7.1	70	6.9			23.5
19/9/94	0:00		247:00	8.5	90	6.9	0.708	0.046	24.0
20/9/94	0:00		271:00	7.4	80	6.9			25.0
21/9/94	0:00		295:00	8.4	90	6.9	0.625	0.017	26.0
22/9/94	0:00		319:00	7.4	80	7.4			25.0
23/9/94	0:00		343:00	7.4	70	7.1	0.567	0.006	25.0
24/9/94	0:00		367:00	8.0	70	6.8			25.0
25/9/94	10:00		389:00	6.6	70	6.8	0.570	0.003	26.0
26/9/94	0:00		415:00	4.1	50	7.1			26.0
27/9/94	0:00		439:00	3.8	50	7.1	0.504	0.001	23.0
28/9/94	0:00		463:00	5.5	50	6.8			22.5
29/9/94	0:00		487:00	5.6	50	6.8	0.572	0.001	23.0
30/9/94	17:00		516:00	4.5	50	6.8			24.5
1/10/94	0:00		535:00	5.2	80	7.2	0.672	0.001	24.5
2/10/94	0:00		559:00	5.5	90	6.9			24.5

TABELA D7 Ensaios : 2a - 2b
 Água Afluente aos Filtros Lentos Durante o Tempo de Funcionamento, (Continuação).

dd/mm/aa	h:mm	TEMPO DE				TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)
		FUNCIONAMENTO	(h)								
3/10/94	12:00	595.00			9.0	90	6.9	1.000	0.001	24.5	
4/10/94	7:00	602.00			8.1	70	6.8			25.0	
5/10/94	0:00	631.00			6.9	70	6.8	0.834	0.001	24.5	
6/10/94	0:00	655.00			7.0	70	6.8			24.0	
7/10/94	0:00	679.00			7.5	70	6.8	0.762	0.009	24.0	
8/10/94	0:00	703.00			6.6	70	6.8			24.0	
9/10/94	0:00	727.00			6.6	70	6.8	0.750	0.005	25.5	
10/10/94	0:00	751.00			5.9	70	6.9			25.5	
11/10/94	0:00	775.00			5.7	90	7.0	0.785	0.006	25.0	
12/10/94	0:00	799.00			5.7	60	6.9			25.5	
13/10/94	0:00	823.00			4.7	40	7.0	0.702	0.001	26.5	
14/10/94	0:00	847.00			4.4	50	7.1	0.640	0.001	26.0	
15/10/94	0:00	871.00			4.5	40	7.1			26.0	
16/10/94	0:00	895.00			4.5	40	7.1	0.661	0.001	26.0	
17/10/94	0:00	919.00			4.1	40	7.2			24.0	
18/10/94	0:00	943.00			5.9	60	7.1	0.790	0.001	26.0	
19/10/94	0:00	967.00			6.1	60	7.1			26.5	
20/10/94	0:00	991.00			6.0	60	7.1			25.0	
21/10/94	0:00	1015.00			5.5	50	7.2	0.736	0.001	25.0	
22/10/94	0:00	1039.00			20.0	100	7.3			25.0	
23/10/94	6:00	1057.00			31.0	150	7.1	1.068	0.001	25.5	
24/10/94	0:00	1087.00			31.0	150	7.1			26.0	
25/10/94	0:00	1111.00			30.0	150	7.3	1.083	0.001	25.5	

TABELA D8 Ensaio : 2a
 Efluente : FLA 1; Cu = 2.24
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
9/9/94	5:00							0.00	
9/9/94	0:00	5.90	40.0	6.8	0.118	0.000	20.5	0.222	7.00
10/9/94	0:00	5.00	40.0	7.1			23.0	0.205	31.00
11/9/94	0:00	4.90	40.0	7.2	0.352	0.000	21.5	0.200	55.00
12/9/94	0:00	4.00	30.0	7.2			24.0	0.200	79.00
13/9/94	0:00	2.90	15.0	7.1	0.270	0.000	24.5	0.199	103.00
14/9/94	0:00	1.90	25.0	7.1			25.0	0.216	127.00
15/9/94	0:00	1.40	10.0	7.1	0.143	0.000	24.5	0.232	151.00
16/9/94	0:00	1.20	15.0	7.1			24.5	0.272	175.00
17/9/94	0:00	0.96	7.5	7.1	0.106	0.000	24.5	0.396	199.00
18/9/94	0:00	0.81	7.5	7.1			23.5	0.451	223.00
19/9/94	0:00	1.00	7.5	7.0	0.069	0.000	25.5	0.583	247.00
20/9/94	0:00	0.80	5.0	7.0			25.5	0.680	271.00
21/9/94	0:00	0.75	5.0	7.1	0.073	0.000	26.0	0.778	295.00
22/9/94	0:00	0.86	5.0	7.0			27.0	0.833	319.00
23/9/94	0:00	0.72	5.0	6.9	0.183	0.000	27.5	0.924	343.00
24/9/94	0:00	0.75	5.0	6.9			27.5	1.014	367.00
25/9/94	10:00	0.75	5.0	7.0	0.073	0.000	28.5	1.105	389.00

TABELA D9 Ensaio : 2a
 Efluente : FLA 2; Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÉS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE	(UC)	TOTAL	TOTAL	(°C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)			(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
9/9/94	5:00							0.00
9/9/94	0:00	40.0	6.9	0.195	0.000	20.5	0.223	7.00
10/9/94	0:00	40.0	7.1			23.0	0.202	31.00
11/9/94	0:00	30.0	7.2	0.360	0.000	21.5	0.197	55.00
12/9/94	0:00	30.0	7.2			24.0	0.198	79.00
13/9/94	0:00	20.0	7.1	0.210	0.000	24.5	0.196	103.00
14/9/94	0:00	10.0	7.1			25.0	0.196	127.00
15/9/94	0:00	10.0	7.1	0.101	0.000	24.5	0.203	151.00
16/9/94	0:00	7.5	7.1			24.5	0.253	175.00
17/9/94	0:00	5.0	7.1	0.110	0.000	24.5	0.289	199.00
18/9/94	0:00	5.0	7.1			23.5	0.313	223.00
19/9/94	0:00	5.0	7.1	0.050	0.000	25.5	0.408	247.00
20/9/94	0:00	5.0	7.0			25.5	0.468	271.00
21/9/94	0:00	5.0	7.1	0.046	0.000	26.0	0.523	295.00
22/9/94	0:00	5.0	7.1			27.0	0.565	319.00
23/9/94	0:00	5.0	6.9	0.070	0.000	27.5	0.620	343.00
24/9/94	0:00	5.0	7.0			27.5	0.688	367.00
25/9/94	10:00	5.0	7.0	0.073	0.000	28.5	0.705	389.00
26/9/94	0:00	5.0	7.1			28.0	0.800	415.00
27/9/94	0:00	5.0	6.9	0.061	0.000	24.0	0.885	439.00
28/9/94	0:00	7.5	6.8			24.5	0.984	463.00
29/9/94	0:00	5.0	6.8	0.080	0.000	25.0	1.058	487.00
30/9/94	17:00	5.0	6.8			26.0	1.118	516.00

TABELA D10 Ensaio : 2a
 Efluente : FLA 3; Cu = 4.30
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
9/9/94	5:00								0
9/9/94	0:00	5.90	40.0	7.0	0.263	0.000	20.5	0.107	7
10/9/94	0:00	5.40	40.0	7.1			23.0	0.097	31
11/9/94	0:00	5.10	40.0	7.1	0.446	0.000	21.5	0.093	55
12/9/94	0:00	4.50	40.0	7.1			24.0	0.089	79
13/9/94	0:00	3.50	30.0	7.1	0.317	0.000	24.5	0.081	103
14/9/94	0:00	2.40	20.0	7.1			25.0	0.082	127
15/9/94	0:00	1.90	15.0	7.1	0.200	0.000	24.5	0.081	151
16/9/94	0:00	1.50	10.0	7.1			24.5	0.086	175
17/9/94	0:00	1.10	10.0	7.1	0.174	0.000	24.5	0.092	199
18/9/94	0:00	0.82	7.5	7.1			23.5	0.098	223
19/9/94	0:00	1.00	7.5	7.1	0.092	0.000	25.5	0.126	247
20/9/94	0:00	0.80	5.0	7.1			25.5	0.145	271
21/9/94	0:00	0.75	5.0	7.1	0.100	0.000	26.0	0.163	295
22/9/94	0:00	0.69	5.0	7.1			27.0	0.178	319
23/9/94	0:00	0.70	5.0	7.0	0.078	0.000	27.5	0.193	343
24/9/94	0:00	0.70	5.0	7.0			27.5	0.216	367
25/9/94	10:00	0.64	5.0	7.0	0.090	0.000	28.5	0.217	389
26/9/94	0:00	0.65	5.0	7.1			28.0	0.248	415
27/9/94	0:00	0.56	5.0	6.8	0.001	0.000	24.0	0.218	439
28/9/94	0:00	0.62	5.0	6.8			24.5	0.318	463
29/9/94	0:00	0.75	7.5	6.8	0.090	0.000	25.0	0.324	487
30/9/94	17:00	0.83	10.0	6.8			26.0	0.33	516

TABELA D11 Ensaio : 2a
 Efluente : FLA 3; Cu = 4.30
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d (Continuação)

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
1/10/94	0:00	5.0	6.8	0.000	0.000	25.5	0.350	535
2/10/94	0:00	7.5	6.7	0.000	0.000	27.0	0.381	559
3/10/94	12:00	10.0	6.7	0.000	0.000	23.5	0.396	595
4/10/94	7:00	10.0	6.9	0.000	0.000	26.0	0.427	602
5/10/94	0:00	7.5	6.7	0.000	0.000	25.0	0.480	631
6/10/94	0:00	10.0	6.7	0.000	0.000	26.0	0.502	655
7/10/94	0:00	10.0	6.8	0.000	0.000	25.0	0.543	679
8/10/94	0:00	5.0	6.9	0.000	0.000	25.5	0.560	703
9/10/94	0:00	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	0.562	727
10/10/94	0:00	7.5	6.8	0.000	0.000	28.0	0.584	751
11/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	26.0	0.642	775
12/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.0	0.672	799
13/10/94	0:00	5.0	7.0	0.000	0.000	28.5	0.680	823
14/10/94	0:00	5.0	7.0	0.000	0.000	27.5	0.735	847
15/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.5	0.752	871
16/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.5	0.775	895
17/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	27.5	0.929	919
18/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	26.5	1.051	943
19/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	28.5	1.045	967
20/10/94	0:00	2.5	7.2	0.000	0.000	28.0	1.105	991
21/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	26.0	1.127	1015

TABELA D12 Ensaio : 2a
 Efluente : FLA 4; Cu = 4,29
 Taxa de Filtração : 4,8 m³/m².d

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÉS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
9/9/94	5:00							0,000	0
9/9/94	0:00	6,70	50,0	6,8	0,350	0,006	20,5	0,156	7
10/9/94	0:00	5,40	40,0	7,0			23,0	0,147	31
11/9/94	0:00	5,10	40,0	7,2	0,446	0,000	21,5	0,144	55
12/9/94	0:00	4,80	40,0	7,2			24,0	0,139	79
13/9/94	0:00	3,60	30,0	7,1	0,324	0,000	24,5	0,117	103
14/9/94	0:00	2,60	20,0	7,0			25,0	0,106	127
15/9/94	0:00	2,40	20,0	7,1	0,198	0,000	24,5	0,099	151
16/9/94	0:00	2,00	15,0	7,1			24,5	0,100	175
17/9/94	0:00	1,40	15,0	7,1	0,160	0,000	24,5	0,106	199
18/9/94	0:00	1,40	10,0	7,1			23,5	0,119	223
19/9/94	0:00	1,40	10,0	7,2	0,208	0,000	25,5	0,140	247
20/9/94	0:00	1,10	10,0	7,1			25,5	0,157	271
21/9/94	0:00	1,00	10,0	7,1	0,107	0,000	26,0	0,172	295
22/9/94	0:00	0,91	7,5	7,1			27,0	0,185	319
23/9/94	0:00	0,76	5,0	7,0	0,084	0,000	27,5	0,198	343
24/9/94	0:00	0,75	5,0	7,0			27,5	0,221	367
25/9/94	10:00	0,51	5,0	7,0	0,075	0,000	28,5	0,225	389
26/9/94	0:00	0,48	5,0	7,0			28,0	0,256	415
27/9/94	0:00	0,44	5,0	7,0	0,070	0,000	24,0	0,286	439
28/9/94	0:00	0,55	5,0	6,9			24,5	0,337	463
29/9/94	0:00	0,52	5,0	6,8	0,086	0,000	25,0	0,362	487
30/9/94	17:00	0,70	5,0	6,8			26,0	0,374	516

TABELA D13 Ensaio : 2a
 Efluente : FLA 4; Cu = 4.29
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d (Continuação).

DATA	h:mm	TURBIDEZ (uT)	COR APARENTE (UC)	pH	FERRO TOTAL (mg/l)	MANGANÊS TOTAL (mg/l)	TEMPERATURA (C)	PERDA DE CARGA NA AREIA (m)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h)
1/10/94	0:00	0.46	5.0	6.9	0.000	0.000	25.5	0.405	535
2/10/94	0:00	0.51	5.0	6.8	0.000	0.000	27.0	0.462	559
3/10/94	12:00	0.66	5.0	6.7	0.000	0.000	23.5	0.470	595
4/10/94	7:00	0.63	5.0	6.8	0.000	0.000	26.0	0.513	602
5/10/94	0:00	0.74	5.0	6.7	0.000	0.000	25.0	0.538	631
6/10/94	0:00	0.76	10.0	6.7	0.000	0.000	26.0	0.547	655
7/10/94	0:00	0.78	7.5	6.8	0.000	0.000	25.0	0.561	679
8/10/94	0:00	0.80	5.0	6.8	0.000	0.000	25.5	0.550	703
9/10/94	0:00	0.86	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	0.545	727
10/10/94	0:00	0.82	7.5	6.8	0.000	0.000	28.0	0.525	751
11/10/94	0:00	0.86	7.5	7.0	0.000	0.000	26.0	0.519	775
12/10/94	0:00	0.85	7.5	7.0	0.000	0.000	27.0	0.511	799
13/10/94	0:00	0.67	7.5	6.9	0.000	0.000	28.5	0.502	823
14/10/94	0:00	0.93	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	0.548	847
15/10/94	0:00	0.85	5.0	7.0	0.000	0.000	27.5	0.573	871
16/10/94	0:00	0.65	5.0	7.1	0.000	0.000	27.5	0.579	895
17/10/94	0:00	0.49	5.0	7.2	0.000	0.000	27.5	0.594	919
18/10/94	0:00	0.46	5.0	7.2	0.000	0.000	26.5	0.698	943
19/10/94	0:00	0.49	5.0	7.1	0.000	0.000	28.5	0.682	967
20/10/94	0:00	0.65	5.0	7.2	0.000	0.000	28.0	0.722	991
21/10/94	0:00	0.53	5.0	7.2	0.000	0.000	26.0	0.754	1015
22/10/94	0:00	0.75	5.0	7.2	0.000	0.000	25.0	0.828	1039
23/10/94	6:00	0.80	5.0	7.1	0.000	0.000	26.0	0.888	1057
24/10/94	0:00	1.40	10.0	7.0	0.000	0.000	26.5	0.983	1087
25/10/94	0:00	1.00	5.0	7.1	0.000	0.000	24.5	1.119	1111

TABELA D14 Ensaio : 2b
 Effluente : FLA 1; Cu = 2.24
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE	(UC)	TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)			(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
3/10/94	12:00						0.000	0.00
4/10/94	7:00	30.0	6.9			26.0	0.202	7.00
5/10/94	0:00	20.0	6.9	0.147	0.016	25.0	0.198	36.00
6/10/94	0:00	17.5	7.0			26.0	0.190	60.00
7/10/94	0:00	12.5	6.9	0.016	0.000	25.0	0.203	84.00
8/10/94	0:00	7.5	7.0			25.5	0.213	108.00
9/10/94	0:00	7.5	7.0	0.000	0.000	27.5	0.228	132.00
10/10/94	0:00	7.5	6.9			28.0	0.264	156.00
11/10/94	0:00	7.5	7.2	0.000	0.000	26.0	0.310	180.00
12/10/94	0:00	7.5	7.2			27.0	0.357	204.00
13/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	28.5	0.390	228.00
14/10/94	0:00	5.0	7.1			27.5	0.469	252.00
15/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.5	0.521	276.00
16/10/94	0:00	5.0	7.1			27.5	0.583	300.00
17/10/94	0:00	5.0	7.5	0.000	0.000	27.5	0.667	324.00
18/10/94	0:00	5.0	7.3			26.5	0.814	348.00
19/10/94	0:00	5.0	7.4	0.000	0.000	28.5	0.957	372.00
20/10/94	0:00	5.0	7.3			28.0	1.064	396.00
21/10/94	0:00	5.0	7.3	0.000	0.000	26.0	1.115	420.00

TABELA D15 Ensaio : 2b
 Efluente : FLA 2; Cu = 2.85
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uI)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
3/10/94							0.000	0.00
4/10/94	2.60	25.0	7.0			26.0	0.164	7.00
5/10/94	1.50	15.0	6.9	0.058	0.000	25.0	0.175	36.00
6/10/94	1.00	10.0	6.9			26.0	0.178	60.00
7/10/94	0.88	10.0	6.9	0.000	0.000	25.0	0.181	84.00
8/10/94	0.66	5.0	7.0			25.5	0.190	108.00
9/10/94	0.65	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	0.197	132.00
10/10/94	0.65	5.0	6.9			28.0	0.212	156.00
11/10/94	0.71	5.0	7.2	0.000	0.000	26.0	0.245	180.00
12/10/94	0.69	5.0	7.2			27.0	0.264	204.00
13/10/94	0.52	5.0	7.1	0.000	0.000	28.5	0.285	228.00
14/10/94	0.56	5.0	7.1			27.5	0.356	252.00
15/10/94	0.91	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	0.374	276.00
16/10/94	0.60	5.0	7.1			27.5	0.419	300.00
17/10/94	0.50	5.0	7.0	0.000	0.000	27.5	0.487	324.00
18/10/94	0.58	5.0	7.3			26.5	0.606	348.00
19/10/94	0.54	5.0	7.4	0.000	0.000	28.5	0.678	372.00
20/10/94	0.51	5.0	7.4			28.0	0.734	396.00
21/10/94	0.71	5.0	7.3	0.000	0.000	26.0	0.806	420.00
22/10/94	0.64	7.5	7.2			25.0	0.969	444.00
23/10/94	1.00	10.0	7.2	0.010	0.000	26.0	1.120	462.00

TABELA D16 Ensaio : 2b
 Efluente : FLA 3; Cu = 4.30
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE		TOTAL	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
	(uT)	(UC)		(mg/l)	(mg/l)		(m)	(h)
3/10/94	12:00	10.0	6.7	0.000	0.000	23.5	0.396	0.00
4/10/94	7:00	10.0	6.9	0.000	0.000	26.0	0.427	7.00
5/10/94	0:00	10.0	6.7	0.000	0.000	25.0	0.480	36.00
6/10/94	0:00	10.0	6.7	0.000	0.000	26.0	0.502	60.00
7/10/94	0:00	10.0	6.8	0.000	0.000	25.0	0.543	84.00
8/10/94	0:00	5.0	6.9	0.000	0.000	25.5	0.560	108.00
9/10/94	0:00	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	0.562	132.00
10/10/94	0:00	7.5	6.8	0.000	0.000	28.0	0.584	156.00
11/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	26.0	0.642	180.00
12/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.0	0.672	204.00
13/10/94	0:00	5.0	7.0	0.000	0.000	28.5	0.680	228.00
14/10/94	0:00	5.0	7.0	0.000	0.000	27.5	0.735	252.00
15/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.5	0.752	276.00
16/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.5	0.775	300.00
17/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	27.5	0.929	324.00
18/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	26.5	1.051	348.00
19/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	28.5	1.045	372.00
20/10/94	0:00	2.5	7.2	0.000	0.000	28.0	1.105	396.00
21/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	26.0	1.127	420.00

TABELA D17 Ensaio : 2b
 Efluente : FLA 4; Cu = 4.29
 Taxa de Filtração : 4.8 m³/m².d

DATA	TURBIDEZ	COR	pH	FERRO	MANGANÊS	TEMPERATURA	PERDA DE	TEMPO DE
dd/mm/aa	h:mm	APARENTE	(UC)	(mg/l)	TOTAL	(C)	CARGA NA AREIA	FUNCIONAMENTO
		(UC)			(mg/l)		(m)	(h)
3/10/94	12:00	5.0	6.7	0.000	0.000	23.5	470.00	0.00
4/10/94	7:00	5.0	6.8	0.000	0.000	26.0	513.000	7.00
5/10/94	0:00	5.0	6.7	0.000	0.000	25.0	538.000	36.00
6/10/94	0:00	10.0	6.7	0.000	0.000	26.0	547.000	60.00
7/10/94	0:00	7.5	6.8	0.000	0.000	25.0	561.000	84.00
8/10/94	0:00	5.0	6.8	0.000	0.000	25.5	550.000	108.00
9/10/94	0:00	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	545.000	132.00
10/10/94	0:00	10.0	6.8	0.000	0.000	28.0	525.000	156.00
11/10/94	0:00	7.5	7.0	0.000	0.000	26.0	519.000	180.00
12/10/94	0:00	7.5	7.0	0.000	0.000	27.0	511.000	204.00
13/10/94	0:00	7.5	6.9	0.000	0.000	28.5	502.000	228.00
14/10/94	0:00	5.0	6.9	0.000	0.000	27.5	548.000	252.00
15/10/94	0:00	5.0	7.0	0.000	0.000	27.5	573.000	276.00
16/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	27.5	579.000	300.00
17/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	27.5	594.000	324.00
18/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	26.5	698.000	348.00
19/10/94	0:00	5.0	7.1	0.000	0.000	28.5	682.000	372.00
20/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	28.0	722.000	396.00
21/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	26.0	754.000	420.00
22/10/94	0:00	5.0	7.2	0.000	0.000	25.0	828.000	444.00
23/10/94	6:00	5.0	7.1	0.000	0.000	26.0	888.000	462.00
24/10/94	0:00	10.0	7.0	0.000	0.000	26.5	983.000	492.00
25/10/94	0:00	10.0	7.1	0.000	0.000	24.5	1119.000	516.00

TABELA D18 Ensaios (2a)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número Total de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio: 1.16 a 40.30 µm				
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)	FL1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FL4:4.29
7	247728	194213	190840	183718	287015
55	366306	207485	232061	214038	160903
103	137156	80223	105958	152452	241216
151	1083107	476578	88992	264344	186859
199	734844	253371	224122	253429	184518
247	369161	151260	231859	135728	240005
295	715466	137470	300015	200948	133211
343	328107	60266	83974	52733	57416
389	485129	115507	108445	106946	218395
439	801035	-	262512	242819	250816
487	765396	-	290291	308887	314163
535	791672	-	-	538630	427239
595	1962840	-	-	478905	534139
631	1431587	135832*	157664*	369582	563866
679	1580470	150544*	117344*	117607	240864
727	596000	226869*	197461*	244699	218177
775	551407	104241*	121284*	69728	117000
823	275083	226265*	165599*	167214	242089
871	630922	181573*	174103*	182722	171741
919	366501	305561*	245504*	204303	125147
967	439145	190728*	72990*	117539	115553
1015	424183	171590*	141491*	160749	169348
1057	1994141	-	189862*	-	164997
1111	1998500	-	-	-	178257

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

(*) Dados do Ensaio (2b)

TABELA D19 Ensaio (2a)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1.16 a 5.04 µm		Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
	Água bruta		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
7	244731	193827	193827	189853	183145	286488
55	362922	207055	207055	231623	213529	160419
103	134311	79559	79559	105231	151711	240328
151	1080362	476104	476104	88622	263882	186603
199	730065	252948	252948	223638	253009	184231
247	364059	150698	150698	231263	134920	239549
295	709382	137177	137177	299785	200768	133040
343	325028	60080	60080	83774	52553	57297
389	481820	115307	115307	108280	106752	217952
439	797883	-	-	262305	242589	250558
487	762261	-	-	289929	308557	313988
535	787215	-	-	-	538240	426819
595	1957351	-	-	-	478628	533915
631	1428538	135500*	135500*	157360*	369327	563100
679	1575845	150372*	150372*	117223*	117464	240640
727	592290	226563*	226563*	197093*	244239	217723
775	547898	104097*	104097*	121132*	69491	116790
823	272023	225991*	225991*	165369*	167095	241877
871	628334	181355*	181355*	173933*	182482	171556
919	363198	305276*	305276*	245369*	204168	125038
967	436604	190565*	190565*	72904*	117364	115401
1015	421492	171372*	171372*	141281*	160397	168909
1057	1988565	-	-	189497*	-	164739
1111	1994419	-	-	-	-	177984

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação

(*) Dados do Ensaio (2b)

TABELA D20 Ensaio (2a)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de tamanho médio 6.35 a 12.70 µm				
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
7	2958	365	938	557	493
55	3322	415	422	487	469
103	2766	624	699	719	840
151	2641	448	350	437	246
199	4633	410	476	401	274
247	5018	550	584	780	425
295	5959	279	216	170	160
343	3010	182	194	171	116
389	3257	192	157	187	431
439	3074	-	198	221	236
487	3073	-	353	314	167
535	4374	-	-	377	404
595	5317	-	-	259	210
631	2928	307*	274*	244	750
679	4541	168*	118*	140	214
727	3642	294*	358*	452	445
775	3438	137*	147*	230	198
823	3007	260*	207*	116	206
871	2544	211*	165*	231	178
919	3275	274*	120*	129	102
967	2507	151*	80*	161	144
1015	2609	201*	198*	305	408
1057	5365	-	342*	-	246
1111	3902	-	-	-	251

(-) Dado Não coletado. Filtro Fora de Operação.

(*) Dados do Ensaio (2b)

TABELA D22 Ensaio(2b)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número Total de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número Total de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm		Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)			
	Água bruta		FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
60	1431587	135832	157664	369582	563866	
84	1580470	150544	117344	117607	240864	
132	596000	226869	197461	244699	218177	
180	551407	104241	121284	69728	117000	
228	275083	226265	165599	167214	242089	
276	630922	181573	174103	182722	171741	
324	366501	305561	245494	204303	125147	
372	439145	190728	72990	117539	115553	
420	424183	171590	141491	160749	169348	
462	1994141	-	189862	-	164997	
516	1998500	-	-	-	178257	

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação;

TABELA D23 Ensaio (2b)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml, Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 µm			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
60	1428538	157360	369327	563100
84	1575845	117223	117464	240640
132	592290	197093	244239	217723
180	547898	121132	69491	116790
228	272023	165369	167095	241877
276	628334	173933	182482	171556
324	363198	245369	204168	125038
372	436604	72904	117364	115401
420	421492	141281	160397	168909
462	1988565	189497	-	164739
516	1994419	-	-	177984

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação;

TABELA D24 Ensaio(2b)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6.35 a 12.7 um			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
	FLA1:2.24	FLA2:285	FLA3:4.30	FLA4:4.29
60	2928	307	274	750
84	4541	168	118	214
132	3642	294	358	445
180	3438	137	147	198
228	3007	260	207	206
276	2544	211	165	178
324	3275	274	120	102
372	2507	151	80	144
420	2609	201	198	408
462	5365	-	342	246
516	3902	-	-	251

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação;

TABELA D25 Ensaio (2b)
 Taxa de Filtração 4.8m³/m².d
 Número de partículas/ml.da Água bruta e o Afluente dos Filtros lentos no Tempo de Funcionamento.

Tempo de funcionamento (h)	Número de Partículas por ml. Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16.0 a 40.30 µm			
	Água bruta	Filtro N : Coeficiente de Não-Uniformidade (Cu)		
	FLA1:2.24	FL2:285	FL3:4.30	FLA4:4.29
60	121	25	30	11
84	84	4	3	3
132	68	12	10	8
180	71	7	5	7
228	53	14	23	3
276	44	7	5	9
324	28	11	5	6
372	34	12	6	14
420	82	17	12	47
462	211	-	23	-
516	179	-	-	-

(-) Dado Não coletado, Filtro Fora de Operação;

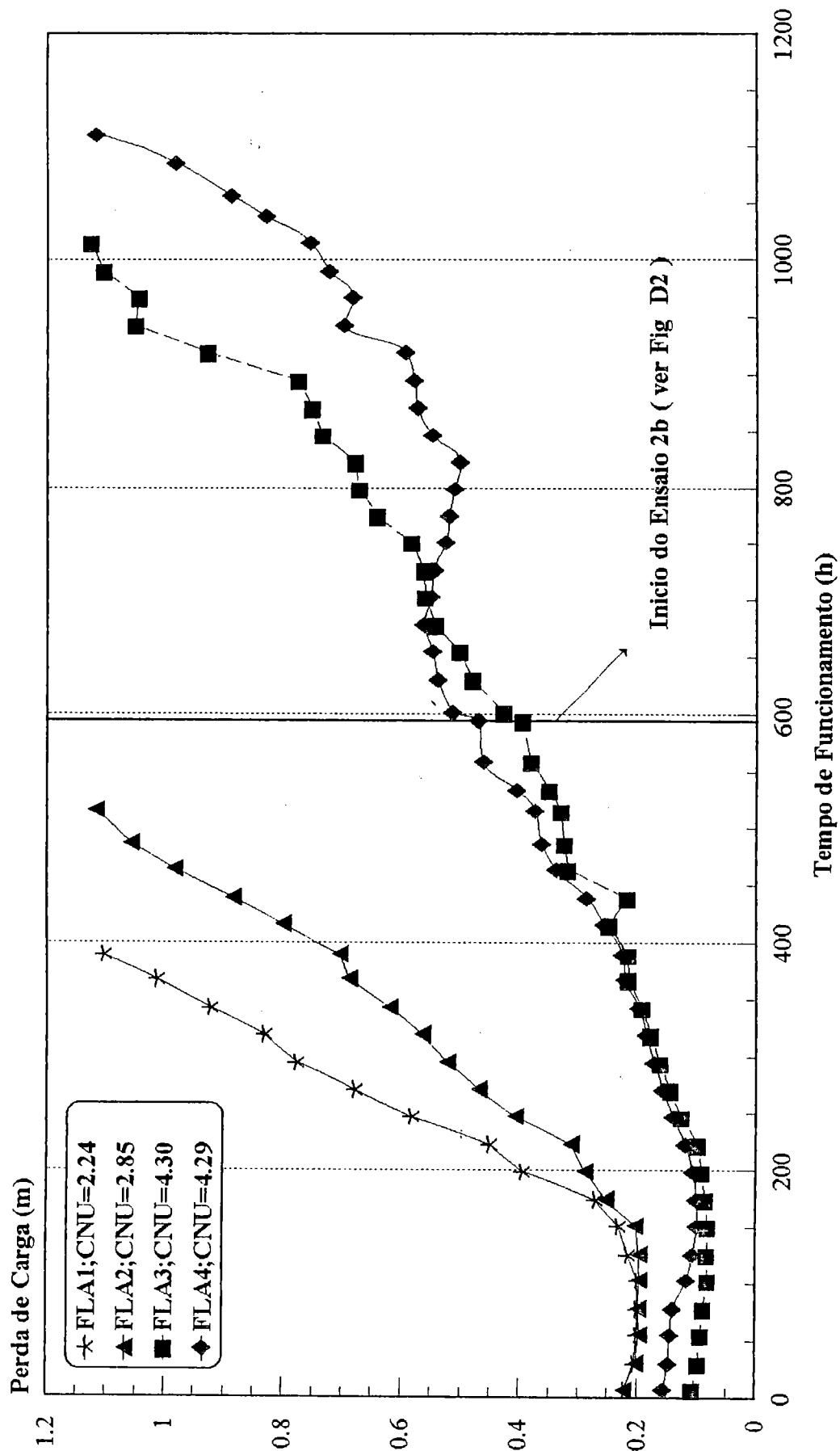


Figura D1 Variação da Perda de Carga Durante o Funcionamento dos Filtros para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a).

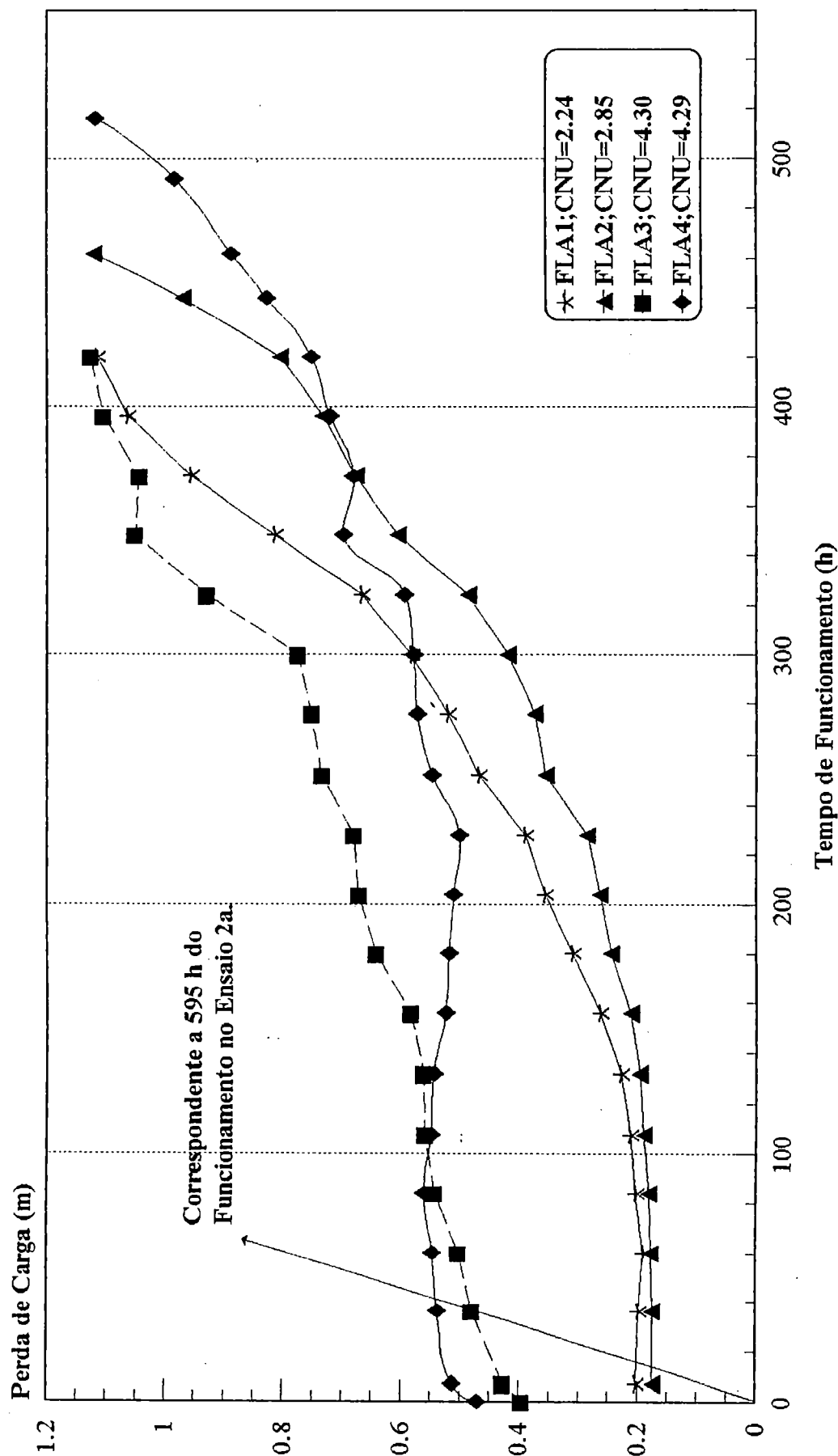


Figura D2 Variação da Perda de Carga Durante o Funcionamento dos Filtros para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b).

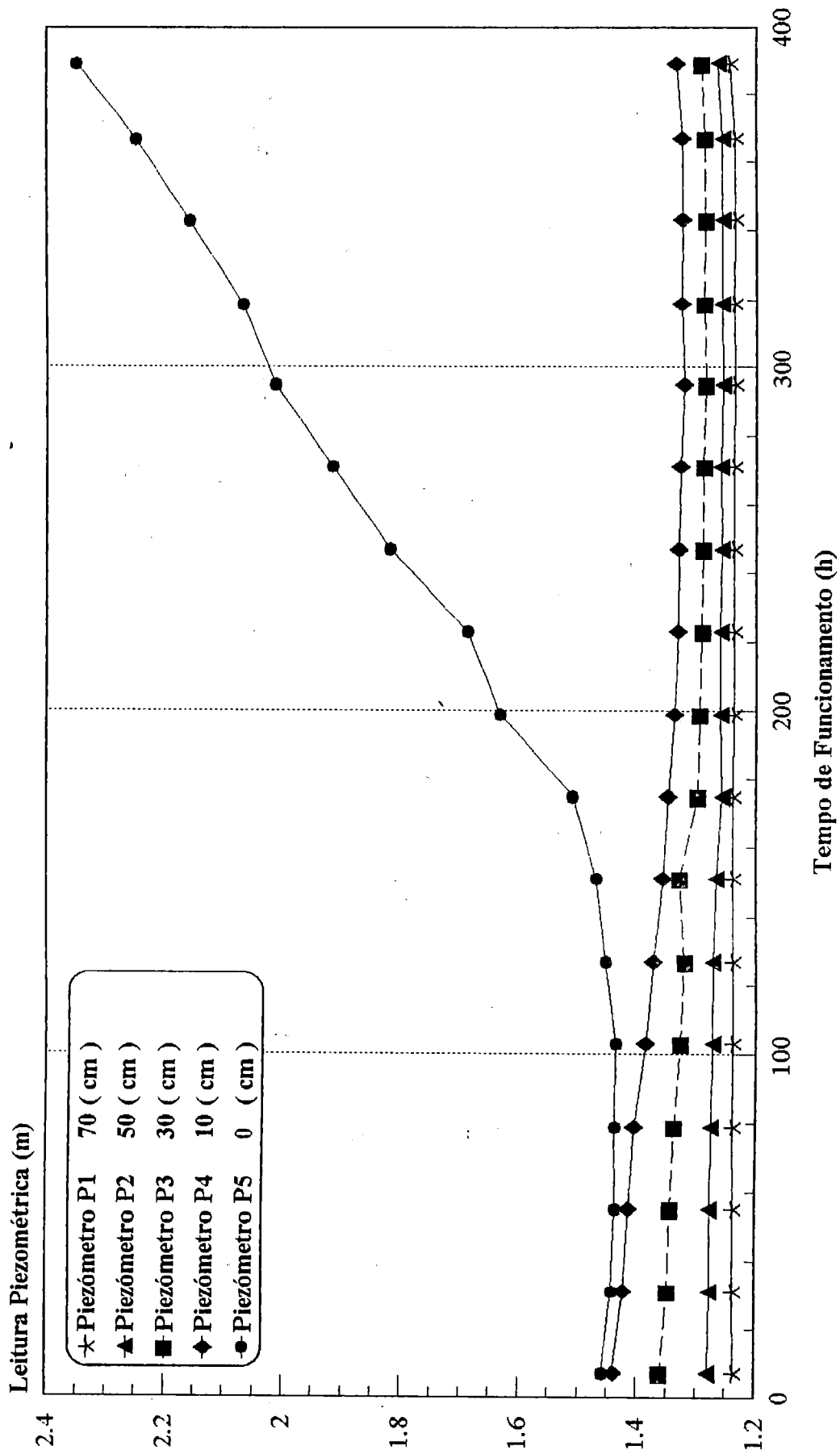


Figura D3 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 1 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a)

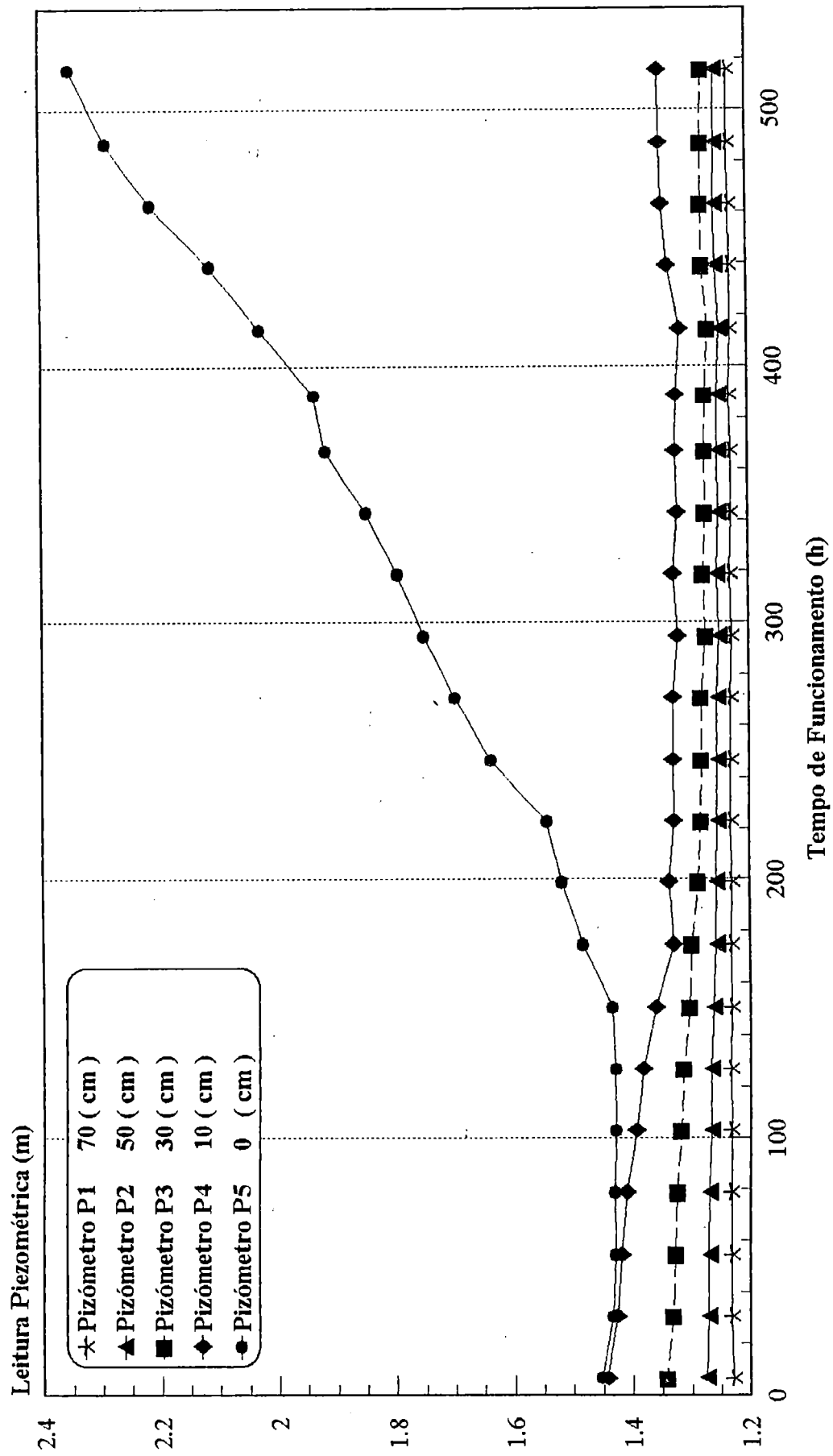


Figura D4 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 2 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a)

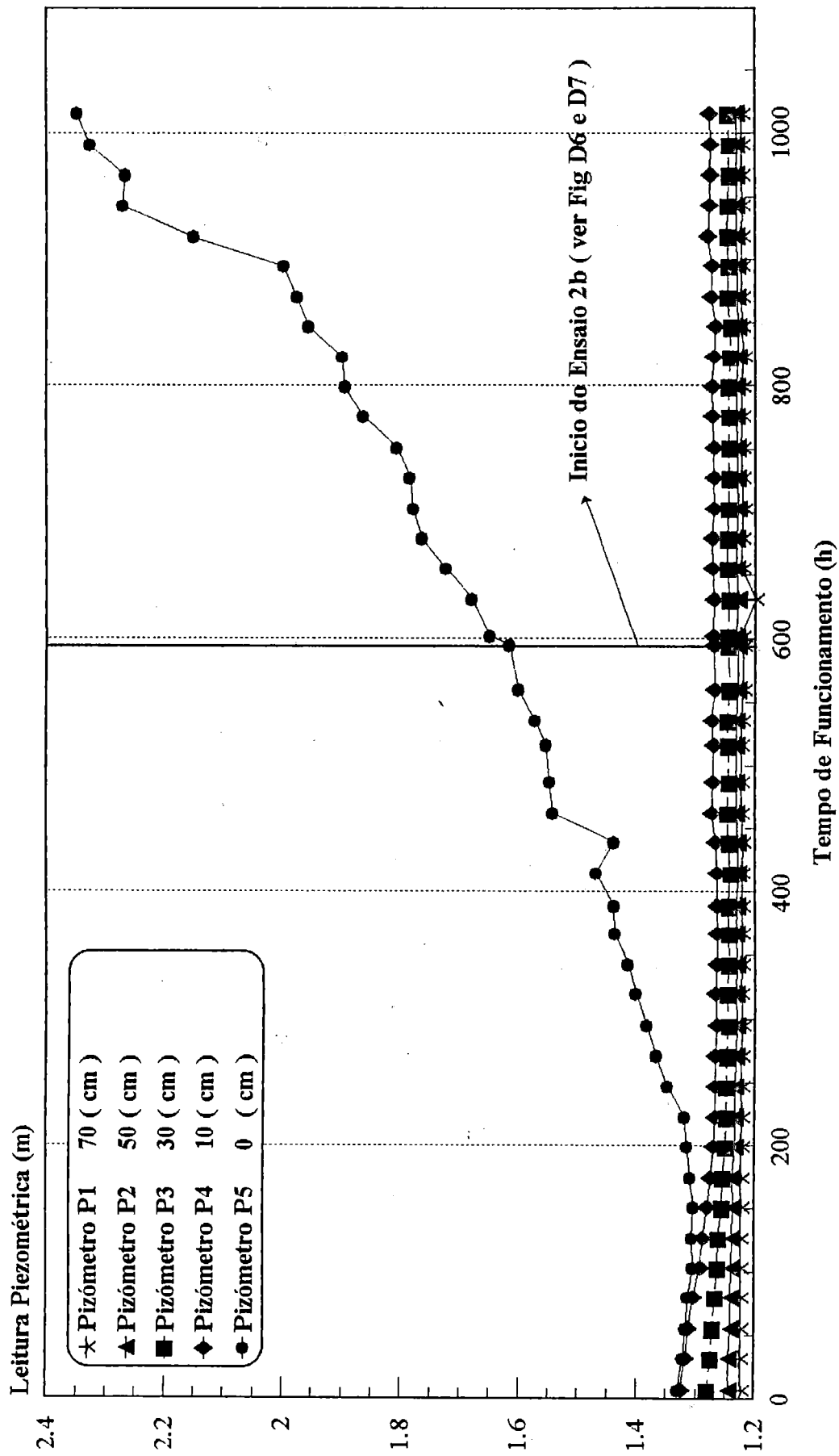


Figura D5 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 3 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a)

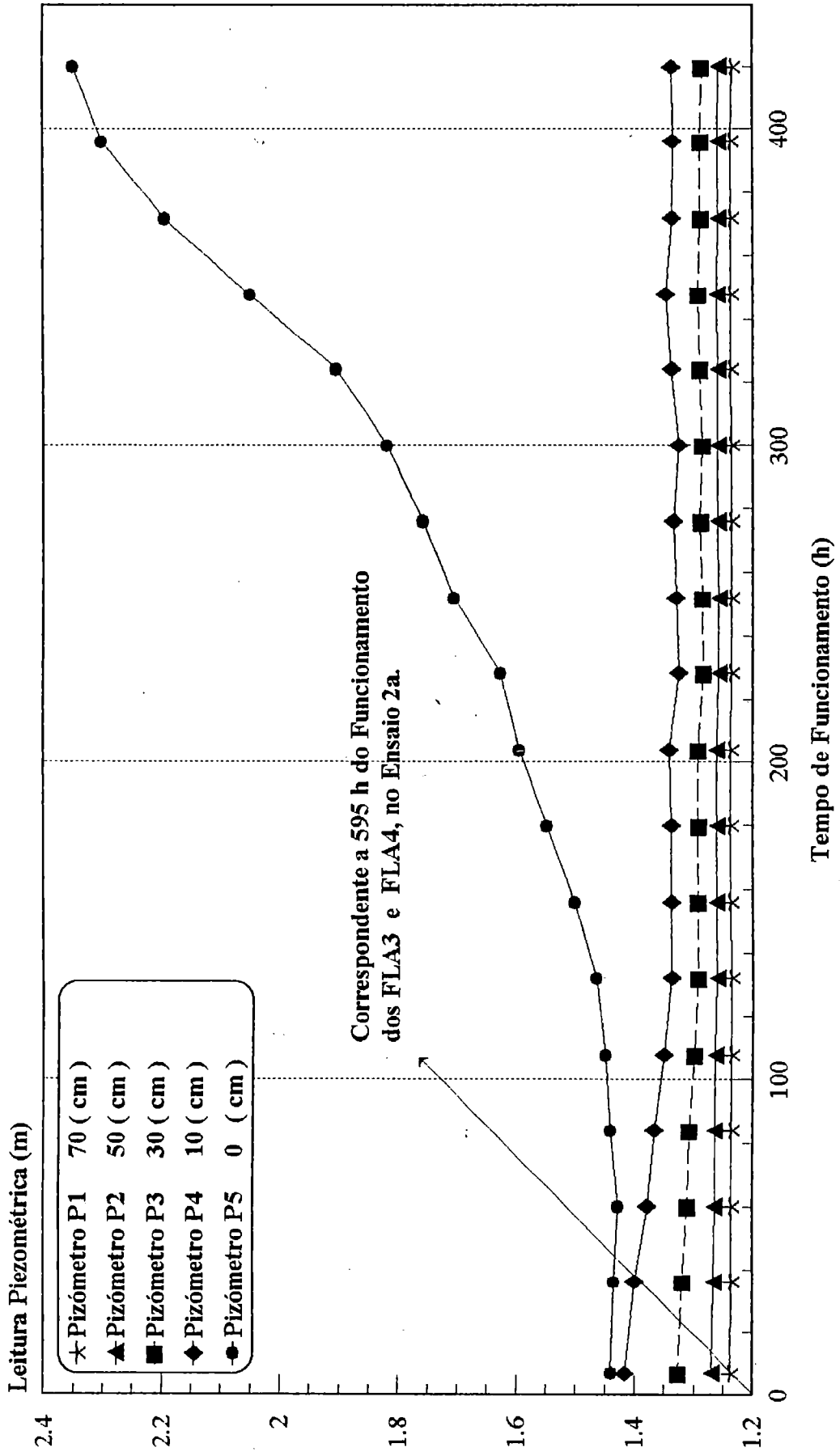


Figura D6 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 1 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b)

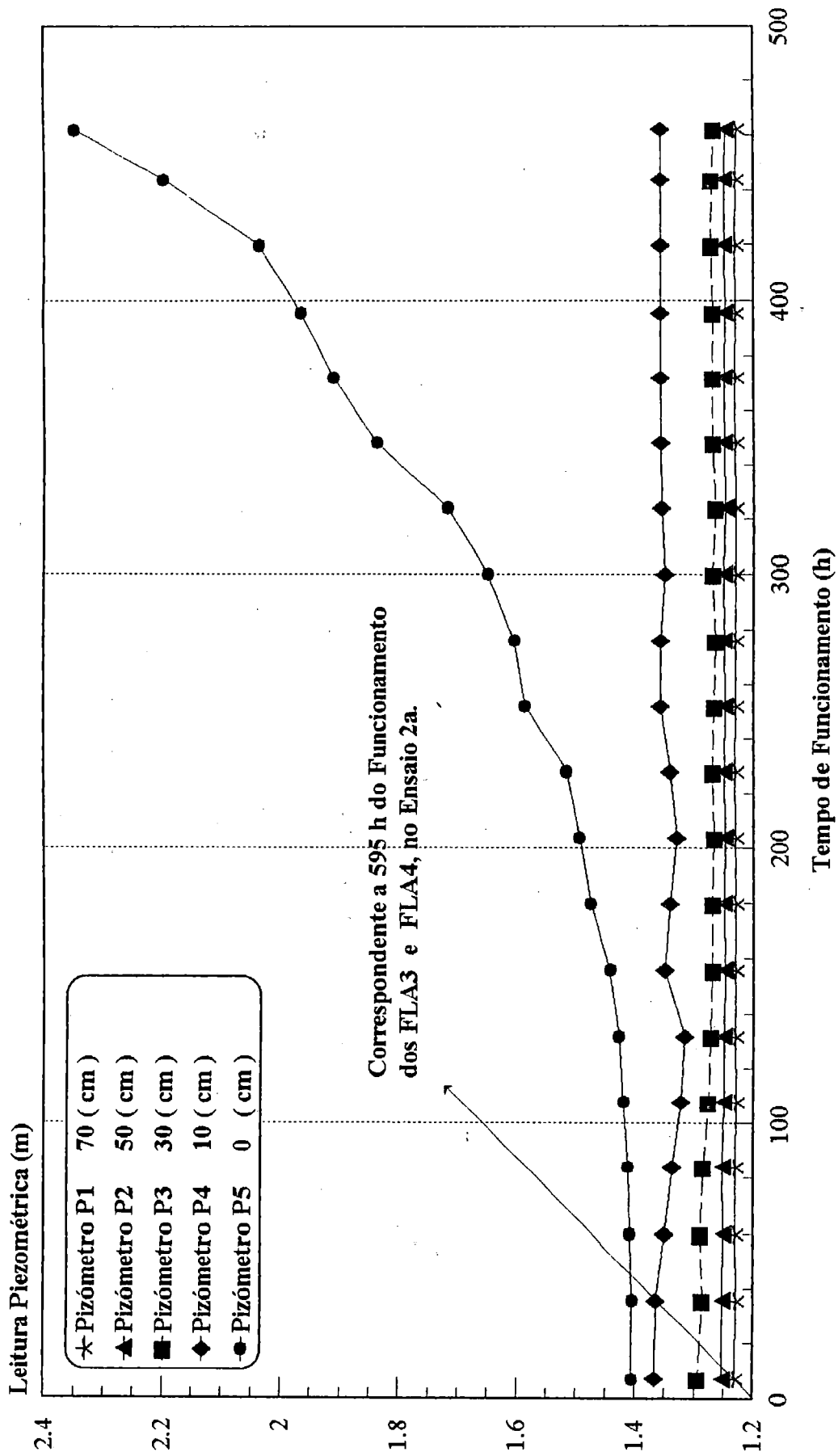


Figura D7 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 2 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b)

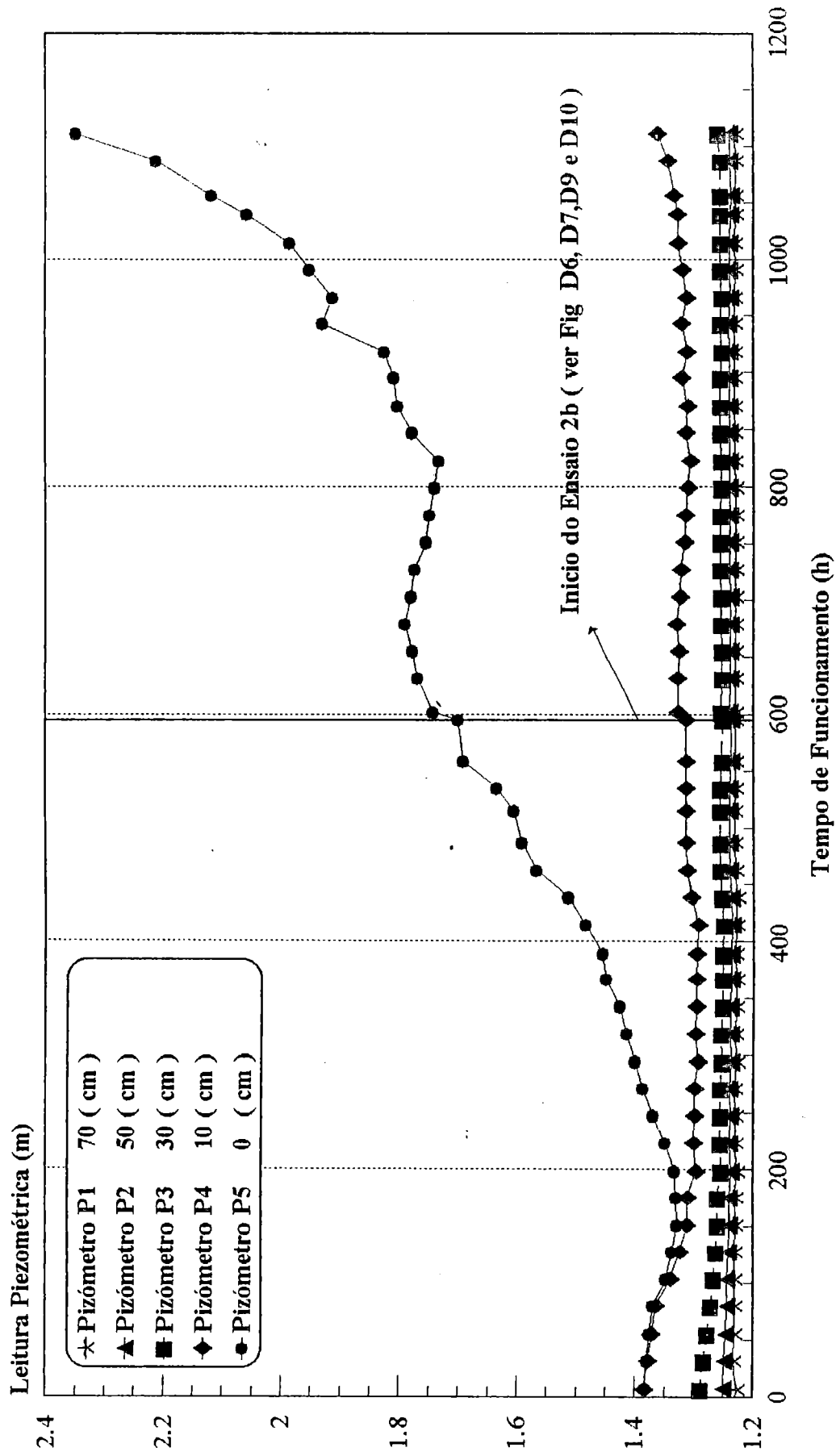


Figura D8 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 4 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a)

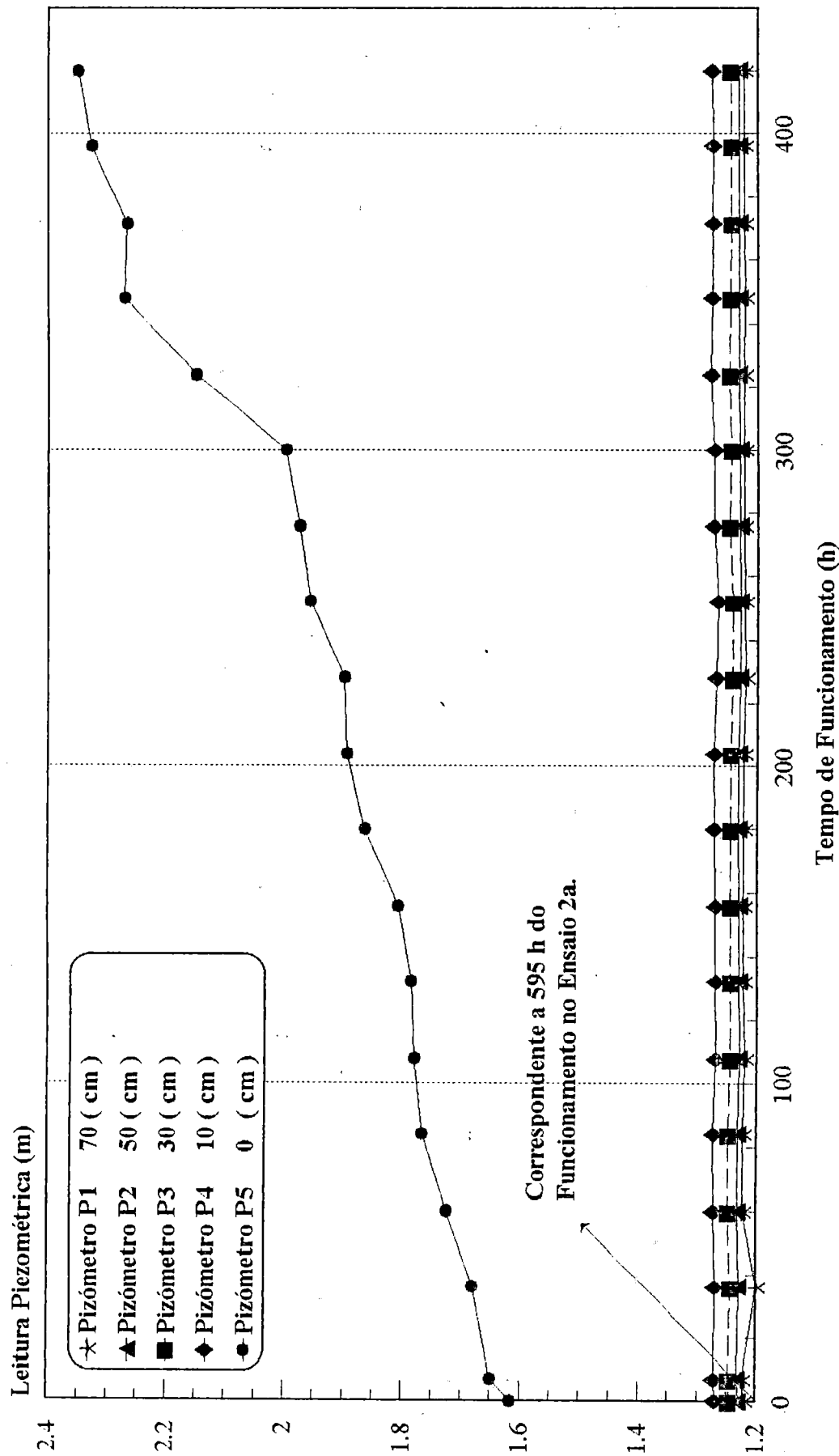


Figura D9 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 3 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b)

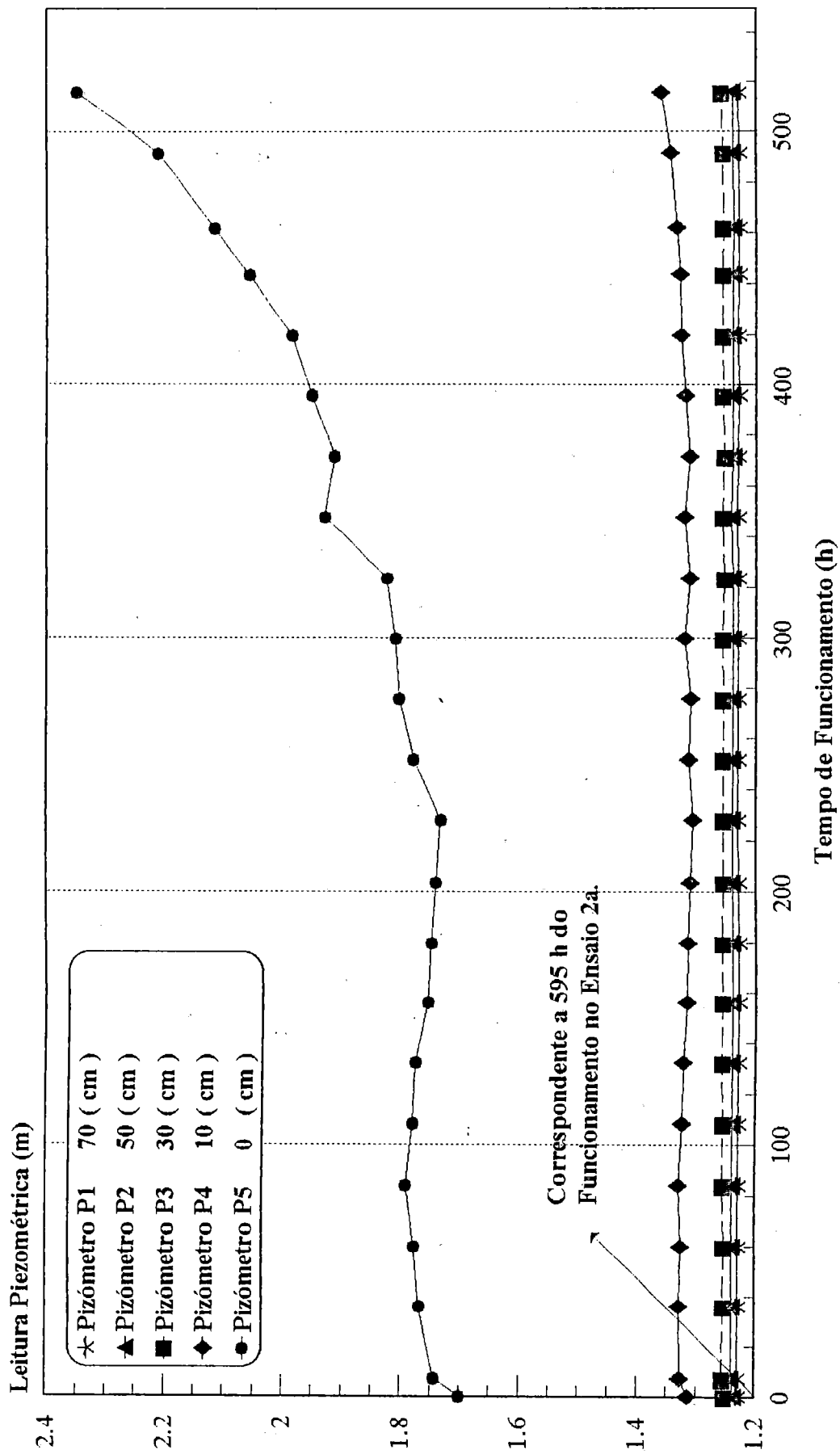


Figura D10 Variação das Leituras piezométricas Durante o Funcionamento do FLA 4 para Taxa de Filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b).

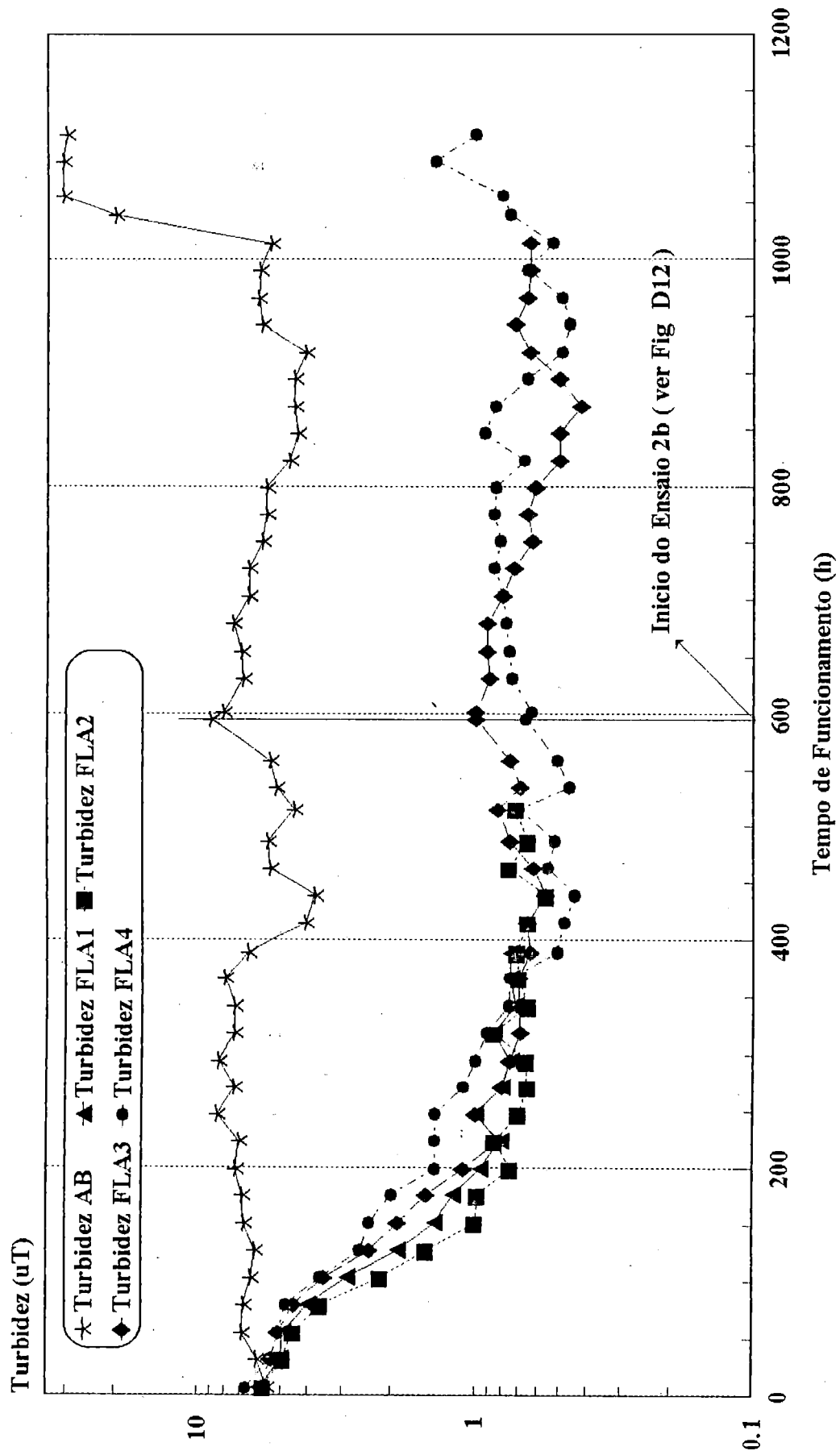


Figura D11 Variação da Turbidez da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a).

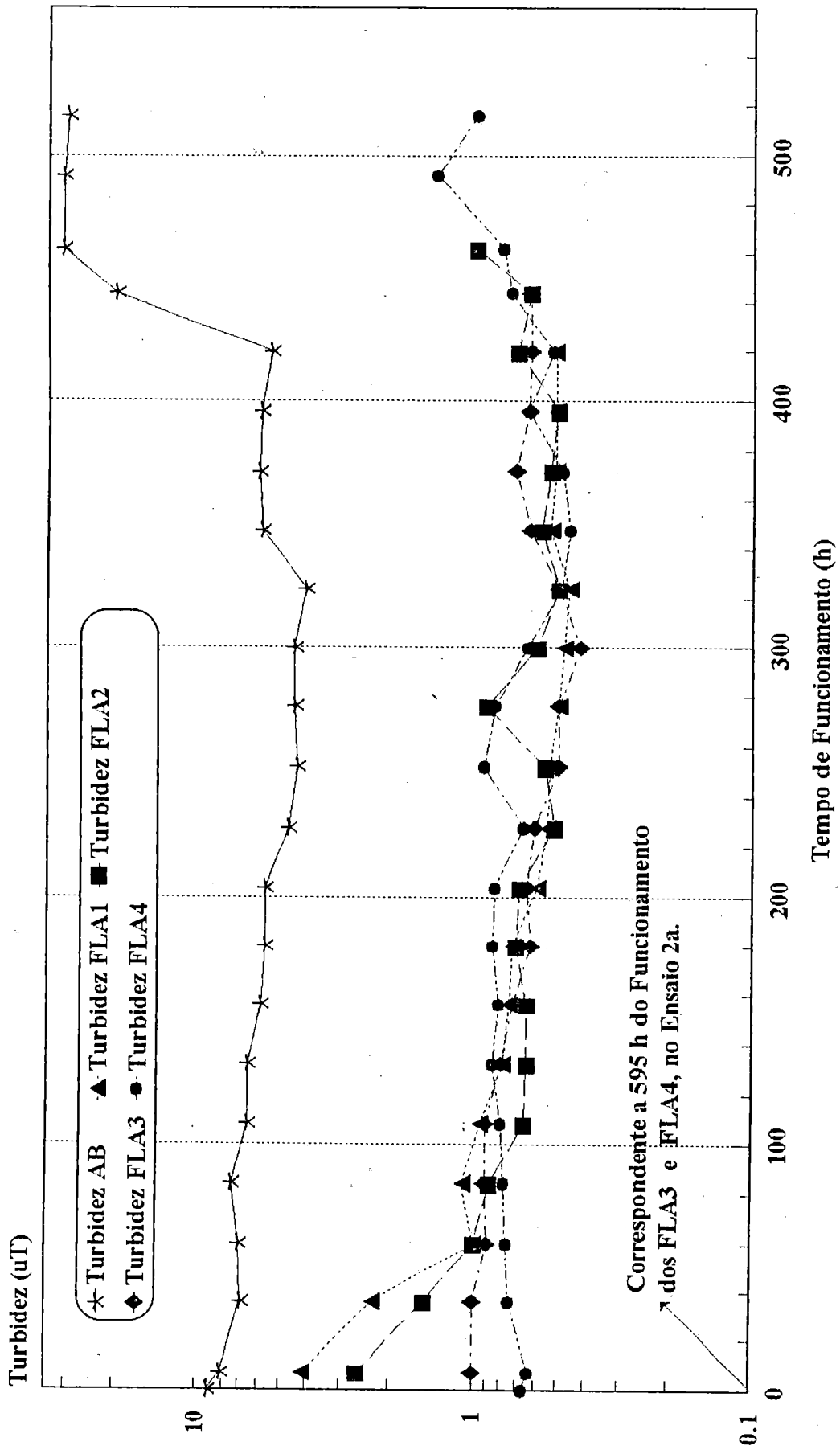


Figura D12 Variação da Turbidez da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b).

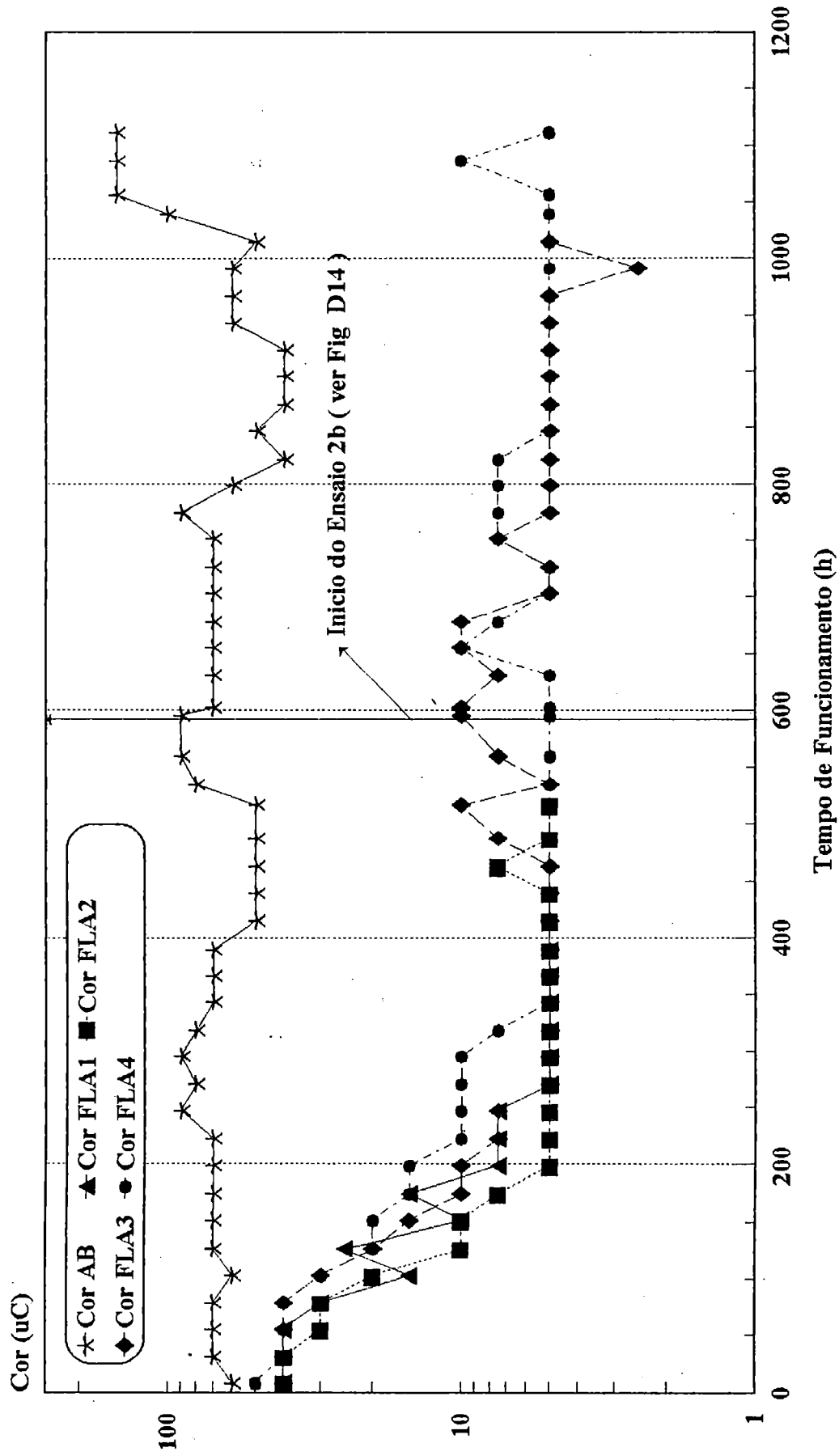


Figura D13 Variação da Cor da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a).

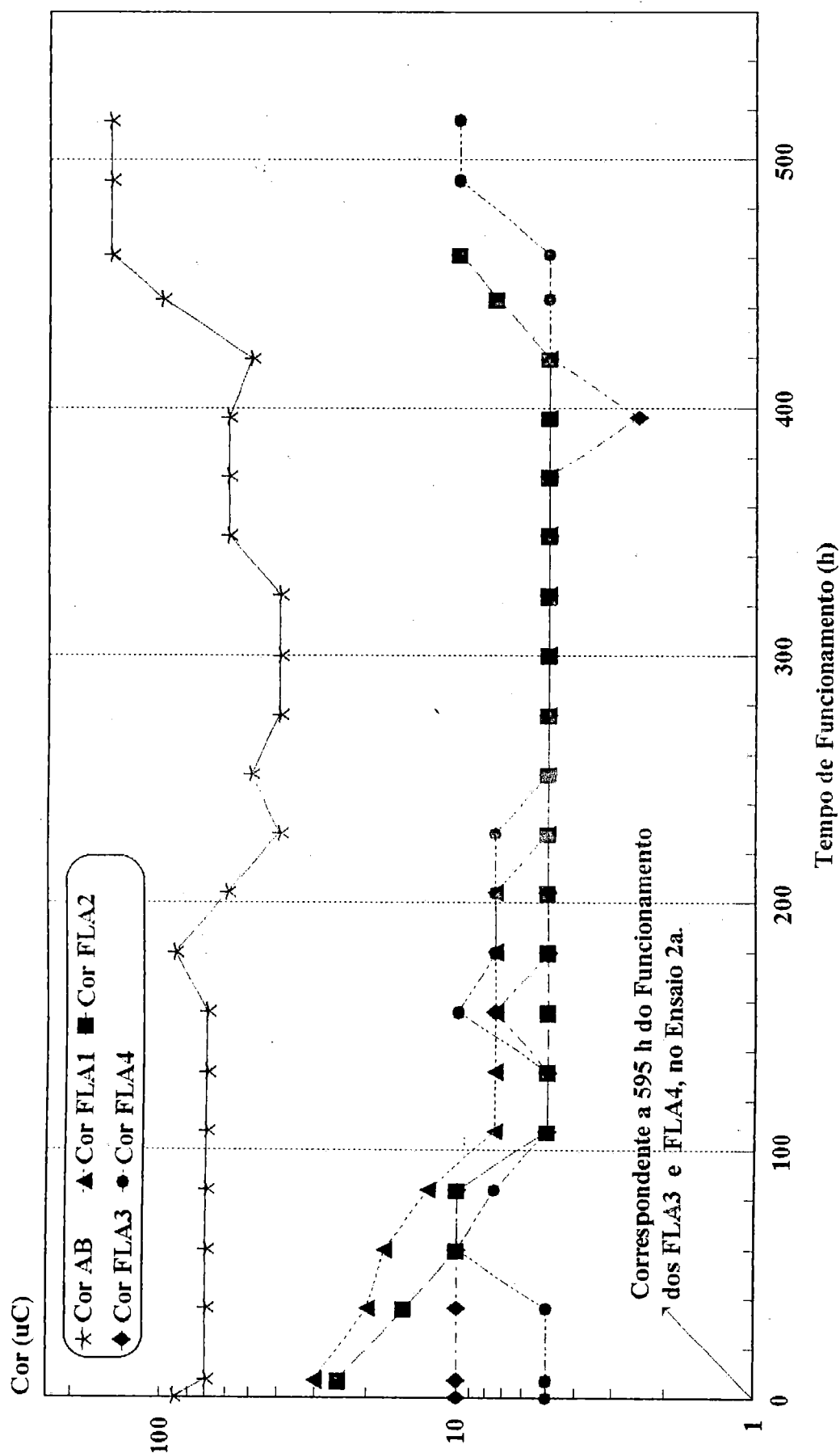


Figura D14 Variação da Cor da Água bruta (AB) e dos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b).

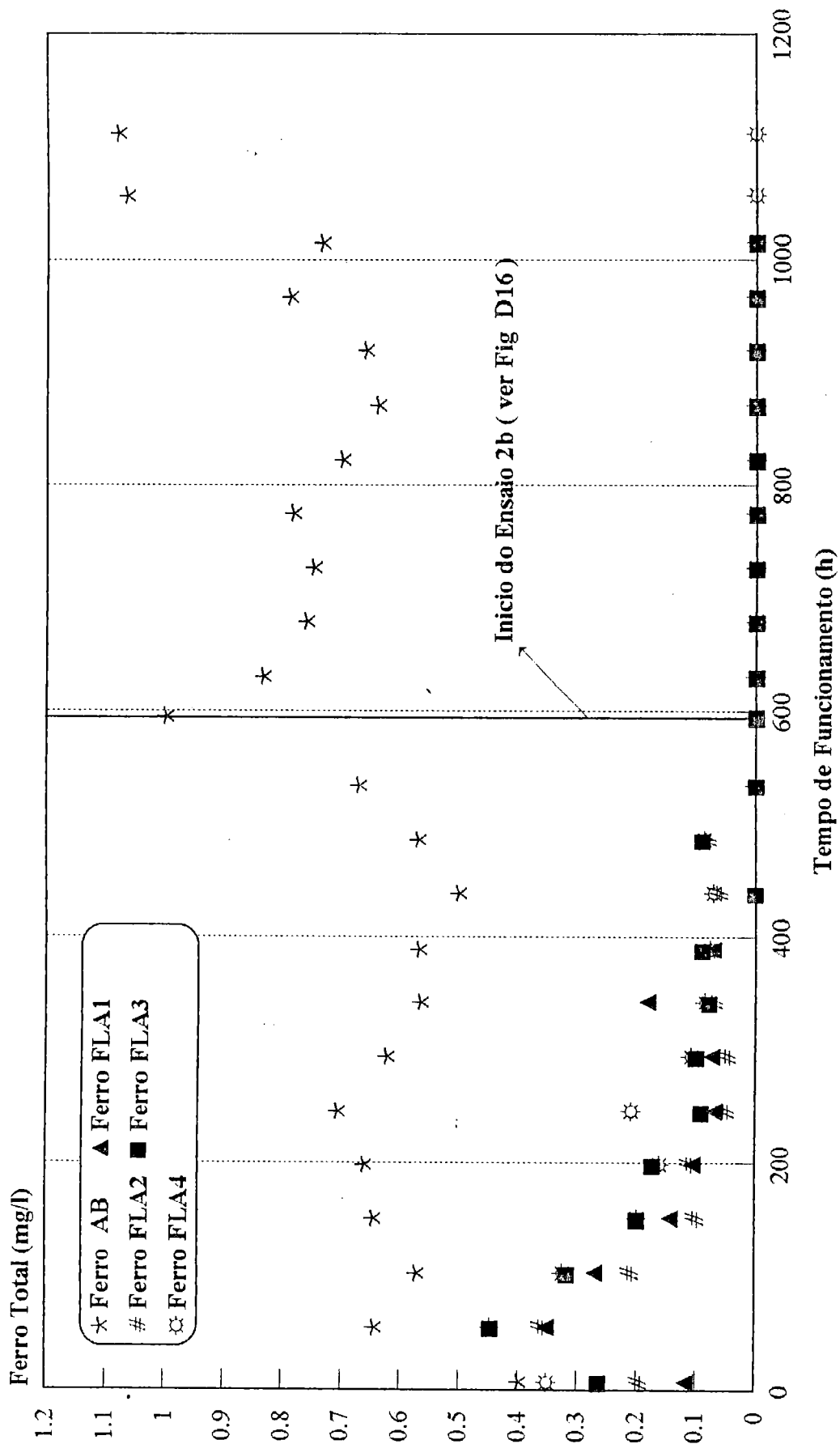


Figura D15 Variação da Concentração de Ferro total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2a).



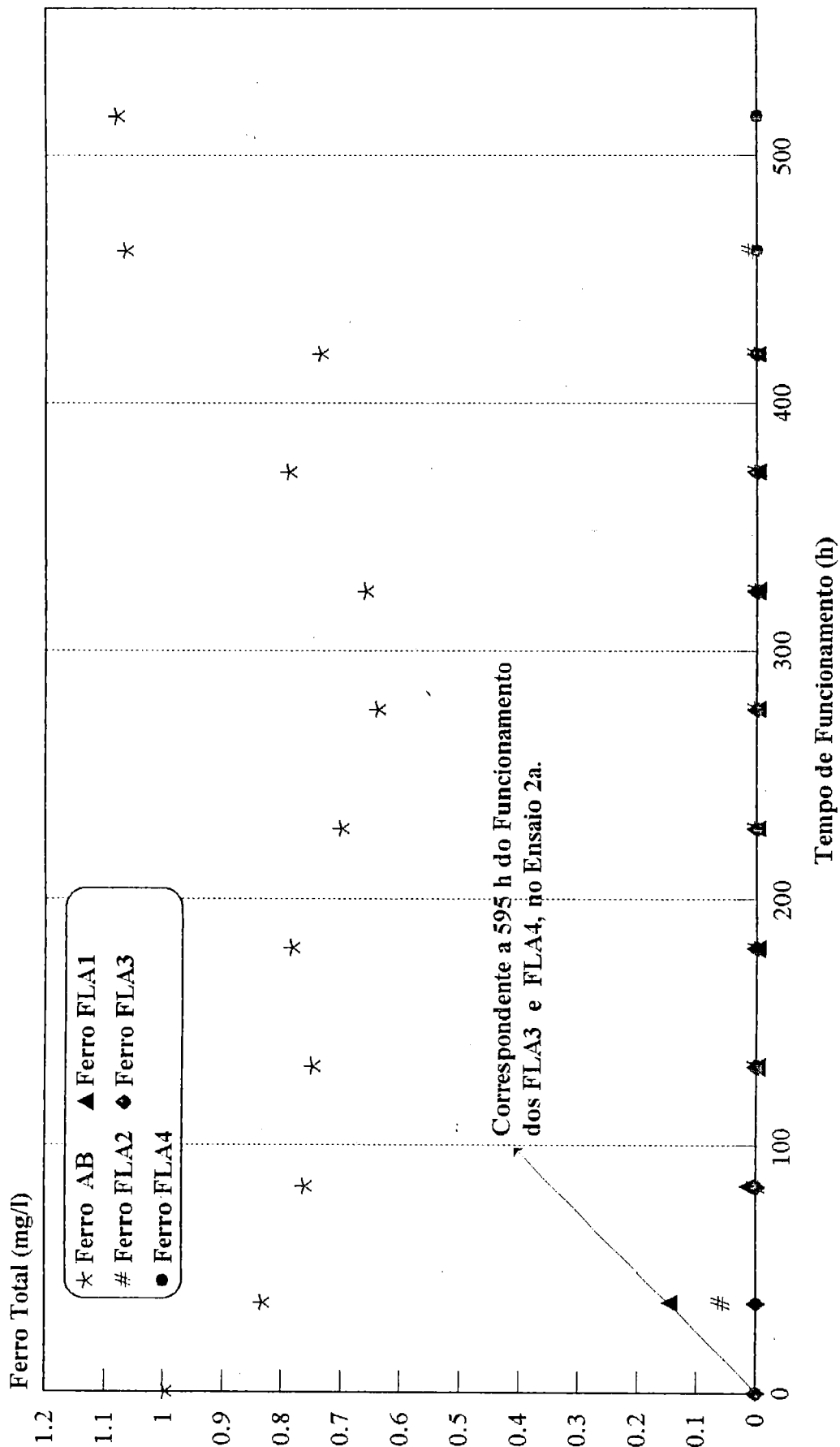


Figura D16 Variação da Concentração de Ferro total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 4.8 m³/m².d, Ensaio (2b).

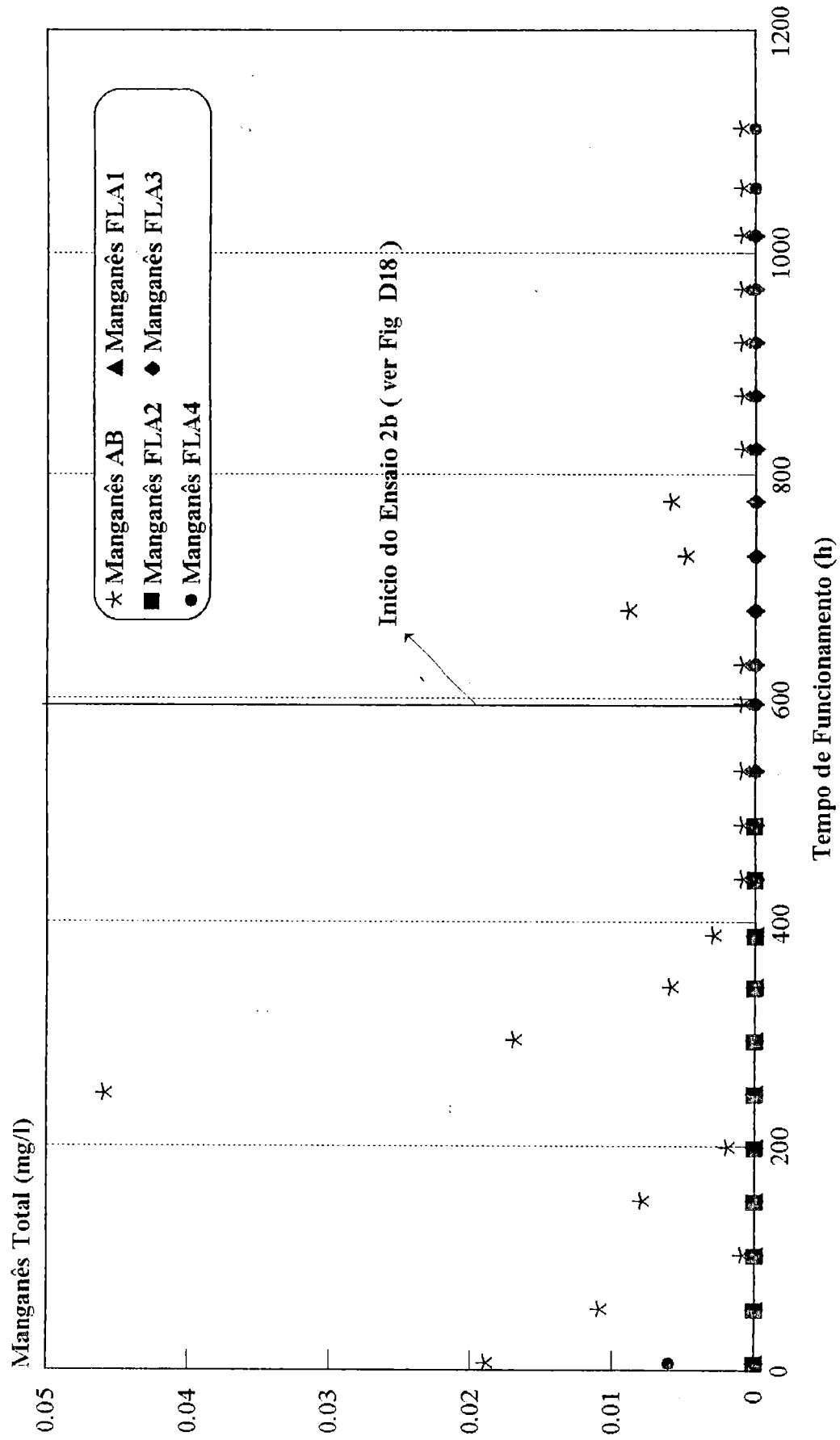


Figura D17 Variação da Concentração de Manganês Total na Água bruta (AB) e nos Efluentes Durante o Funcionamento dos Filtros (FLA) para taxa de filtração de 4.8 m³/m².d, no Ensaio (2a).

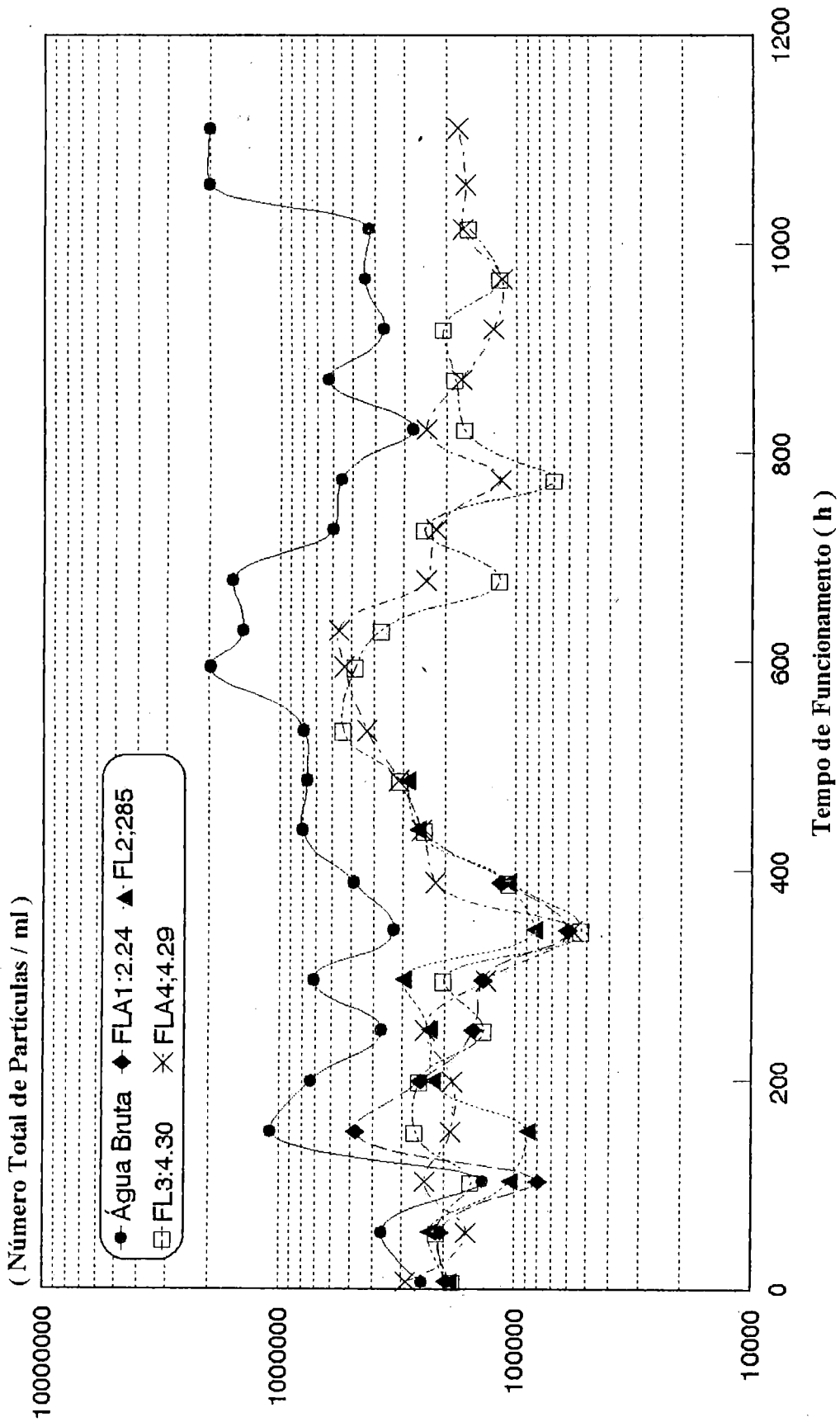


Figura D19 Variação do Número Total De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 4.8 m³/m².d, das 7 as 11h de Funcionamento. Ensaio (2a).

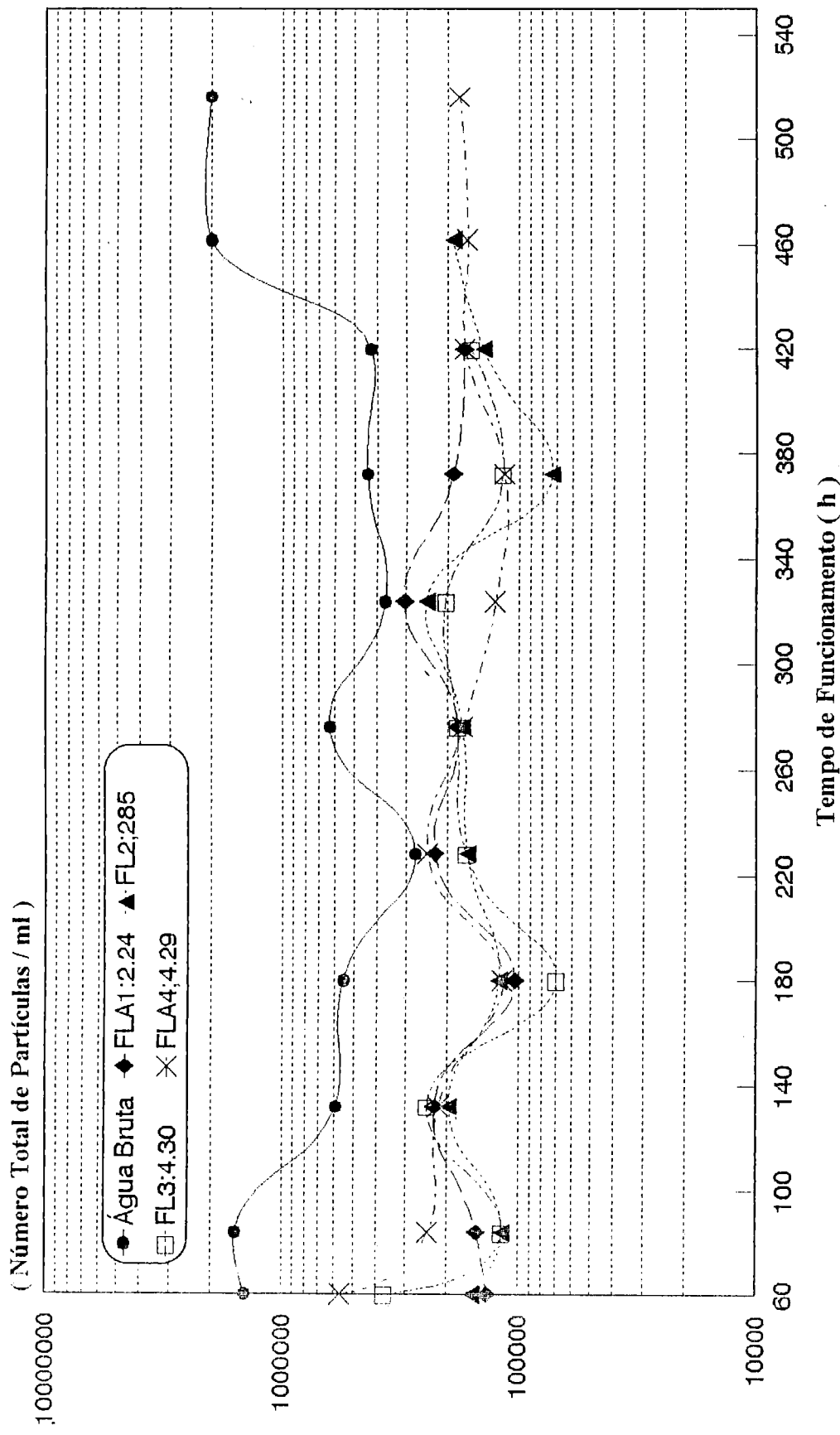


Figura D20 Variação do Número Total De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 40,30 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 4.8 m³/m².d, das 60 as 516 hs de Funcionamento. Ensaio (2b).

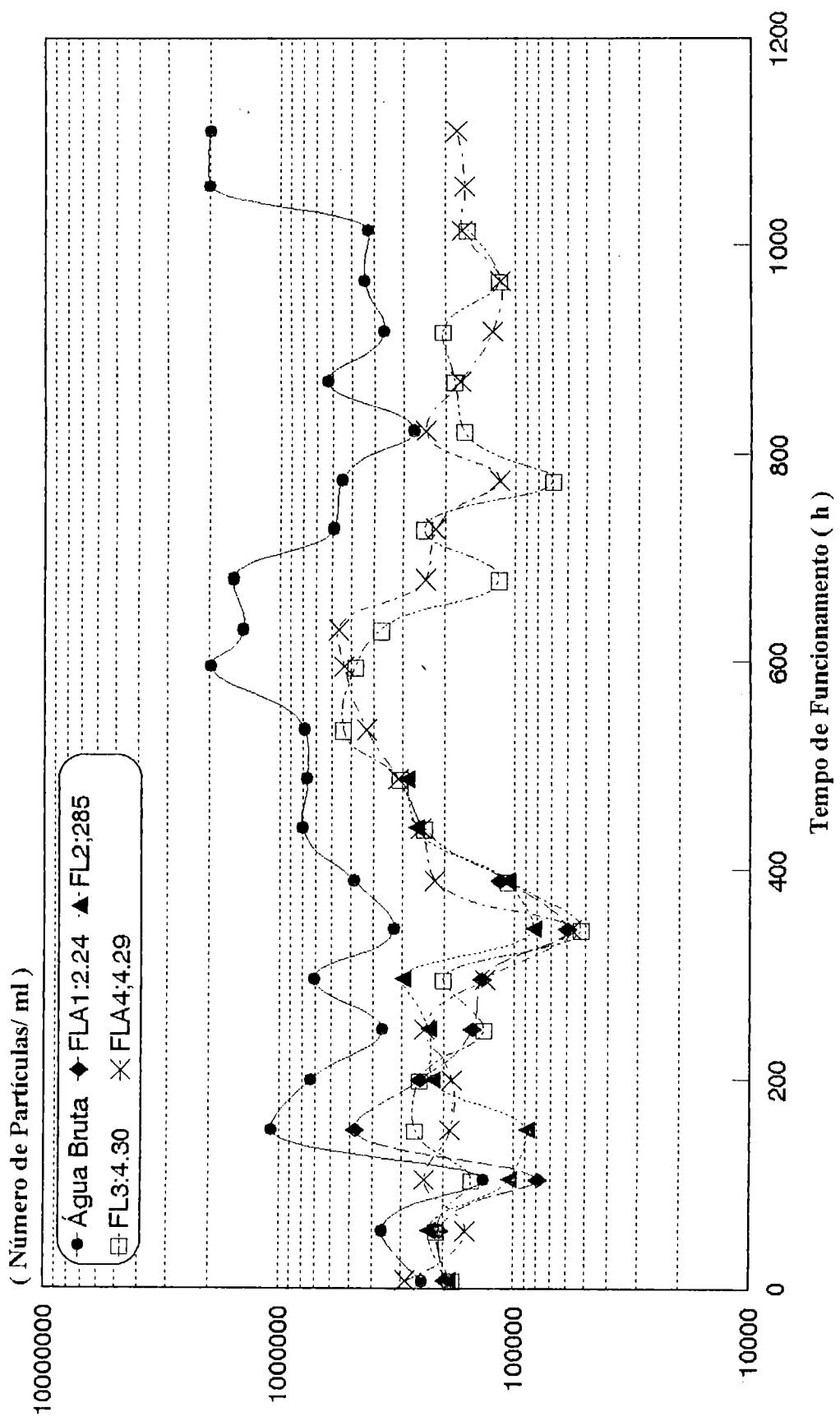


Figura D21 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 µm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 4.8 m³/m².d, das 7 as 11h de Funcionamento. Ensaio (2a).

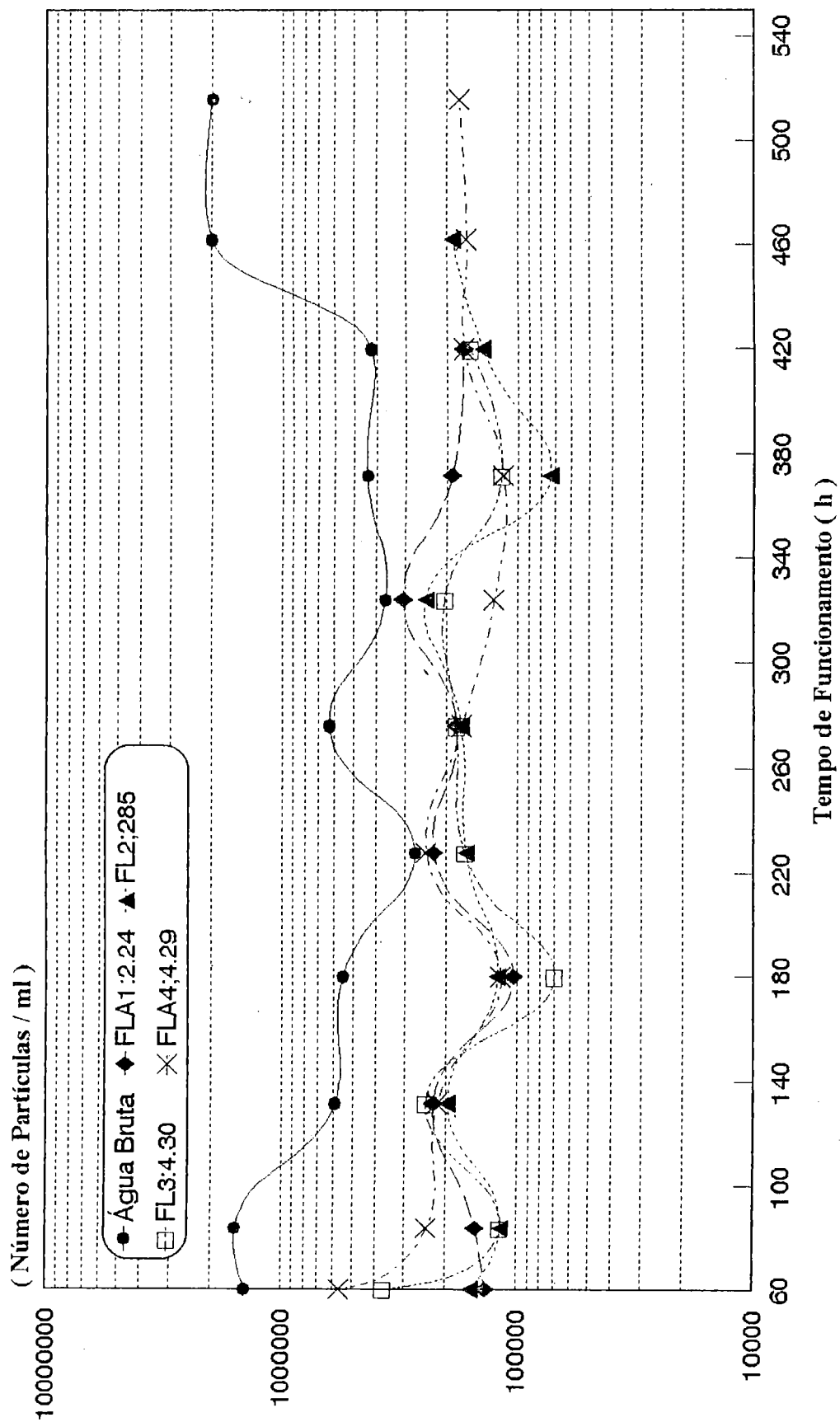


Figura D22 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 1,16 a 5,04 μm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 4.8 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, das 60 as 516 hs de Funcionamento. Ensaio (2b).

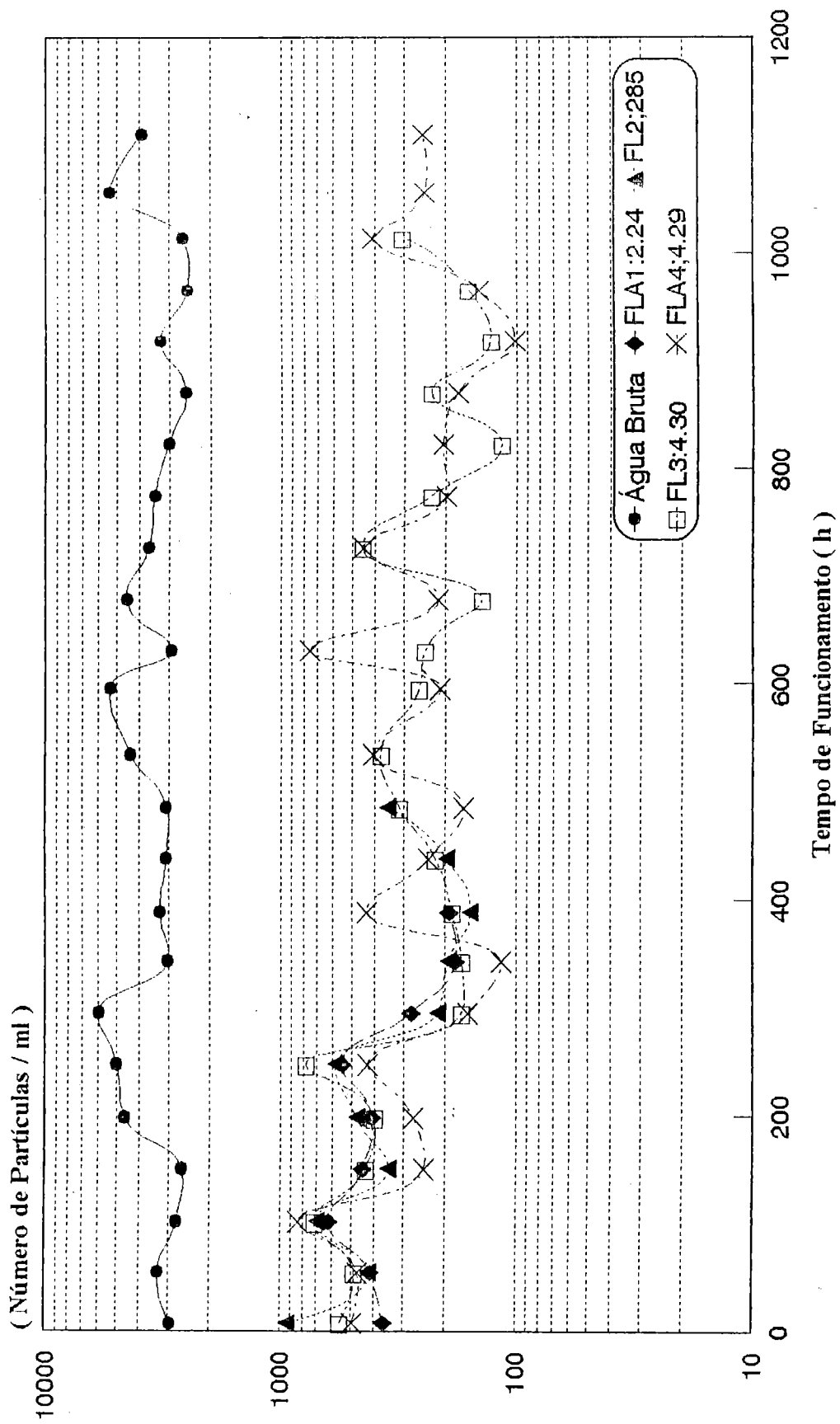


Figura D23 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,70 μm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 4.8 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, das 7 as 11h, de Funcionamento. Ensaio (2a).

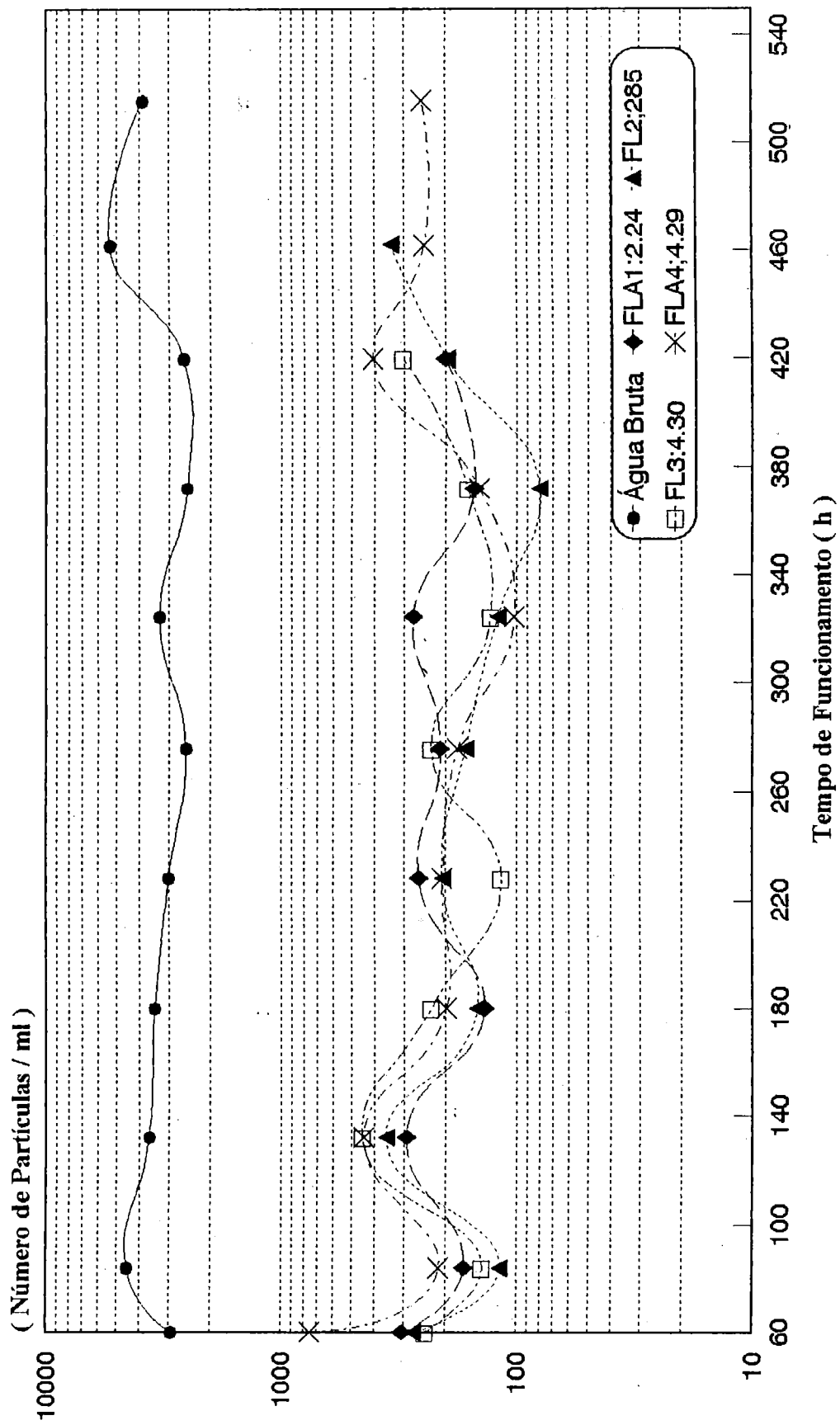


Figura D24 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 6,35 a 12,70 μm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 4.8 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, das 60 as 516 hs de Funcionamento. Ensaio (2b).

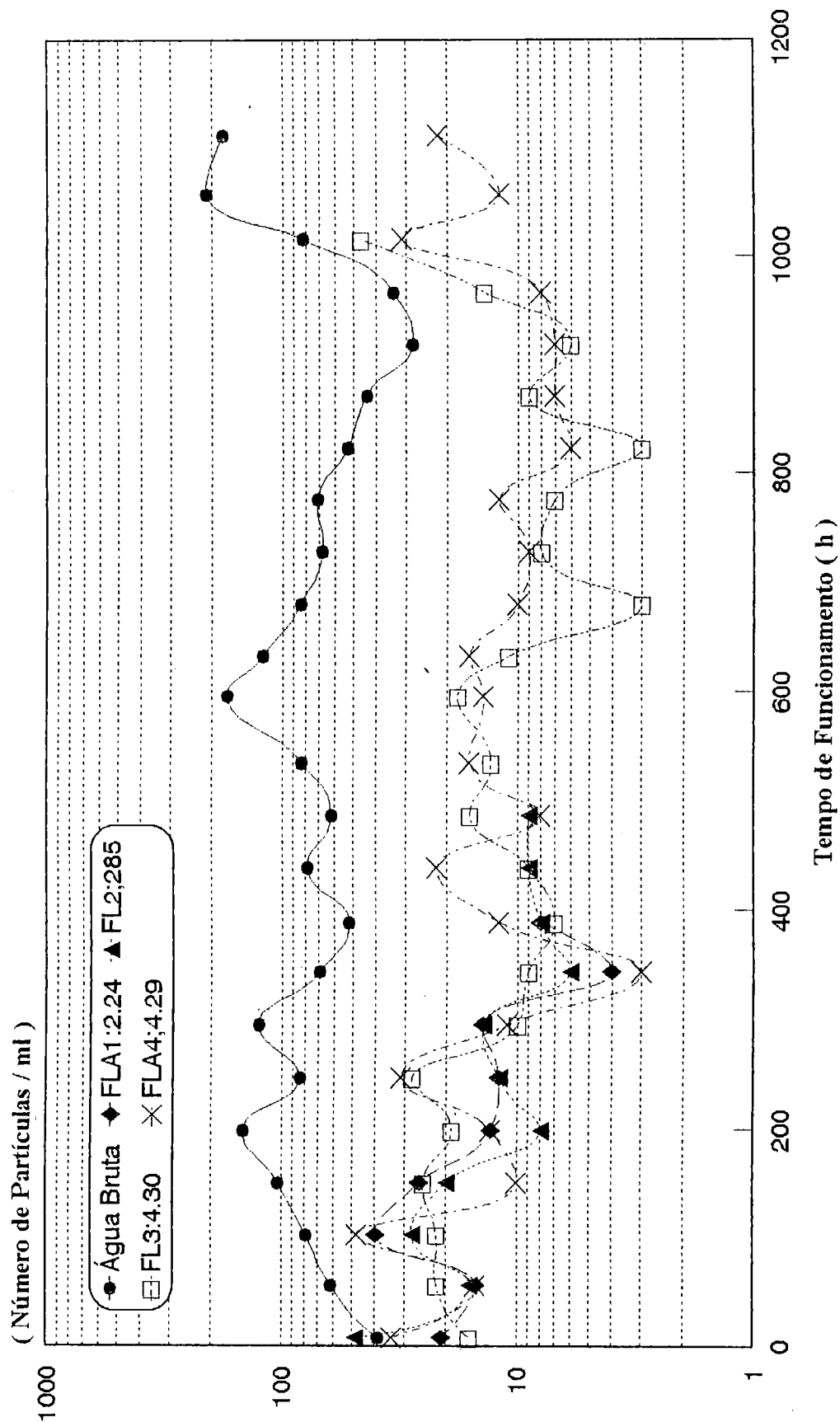


Figura D25 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,30 μm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos, Taxa 4.8 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, das 7 as 11h11 hs, de Funcionamento. Ensaio (2a).

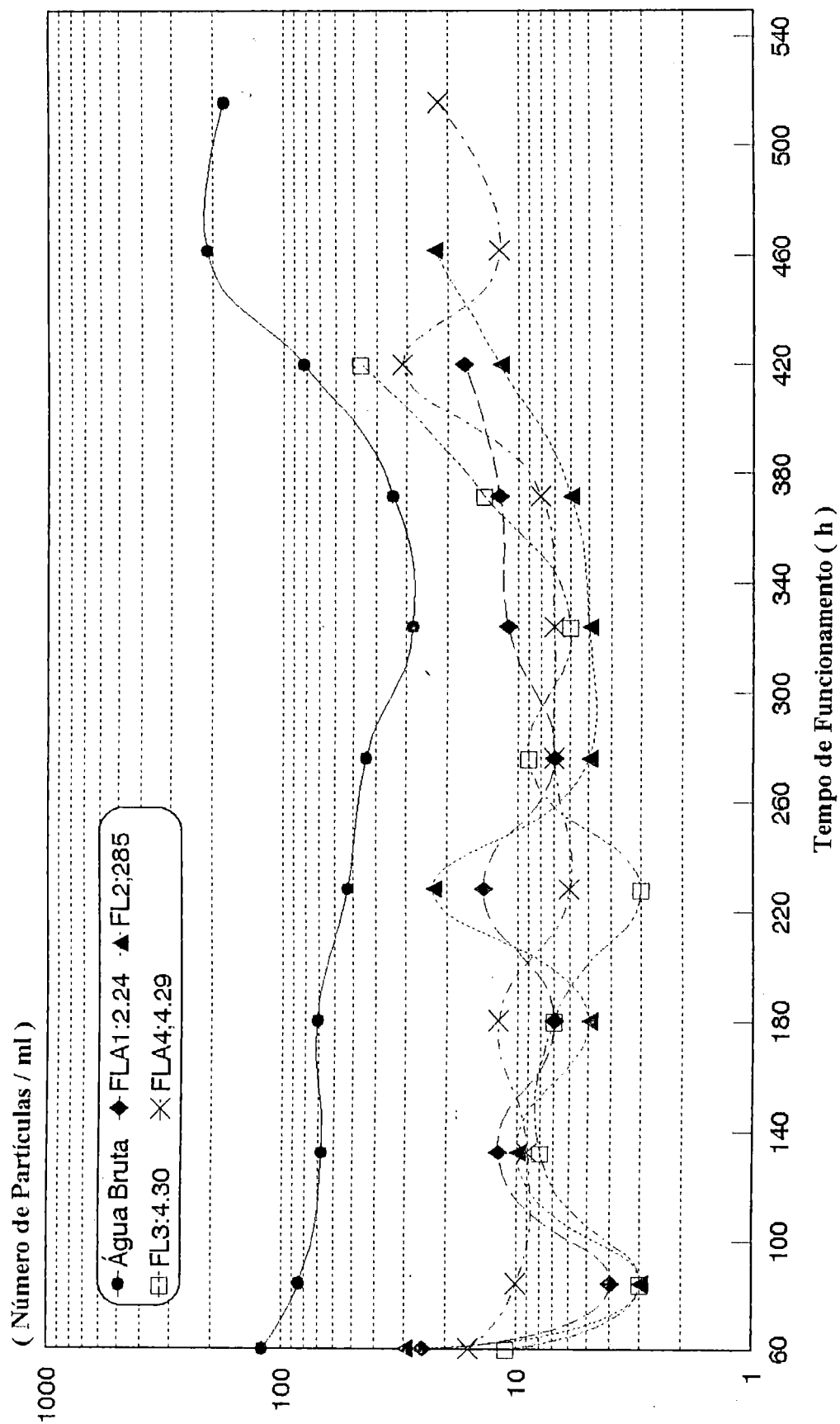


Figura D26 Variação do Número De Partículas por ml Distribuídas na Faixa de Tamanho Médio 16,0 a 40,30 μm na Água Bruta e no Efluente dos Filtros Lentos. Taxa 4.8 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, das 60 as 516 hs de Funcionamento. Ensaio (2b).

APÊNDICE E
Análise Estatística

Análise Estatística dos Dados dos Ensaios 1, 2 e 3

O esquema básico de análise dos dados dos parâmetros para os filtros FLA1, FLA2, FLA3, FLA4, utilizado nos Ensaios 1, 2 e 3 é dado na Figura E1.

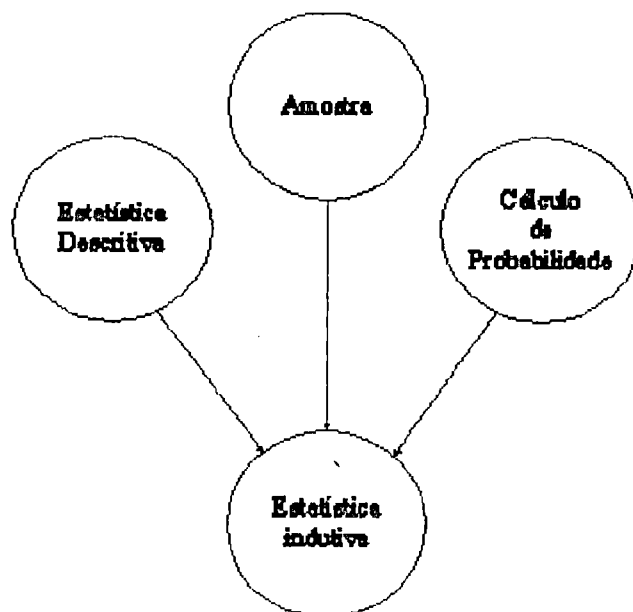


Figura E1 - Esquema geral de abordagem do problema segundo Costa (1977)

Para a aplicação da estatística descritiva utilizou-se a metodologia tradicional de cálculo das médias para os dados dos parâmetros medidos nos ensaios. Para a análise das diferentes hipóteses (estatística indutiva), utilizou-se o método de análise de multivariância, que permite comparações de várias amostras, as quais, foram realizadas no pacote estatístico S.A.S (Statistic Analise System), para o qual, o procedimento mais apropriado ao tratamento dos dados é denominado PROC ANOVA e PROC GLM para delineamentos desbalanceados, uma vez que a quantidade de dados das amostras dos parâmetros físicos e físico-químicos tomados dos FLA são de diferentes tamanhos.

O comportamento do experimento realizado é considerado inteiramente aleatório, para o qual, segundo Vaz (1993), unidades experimentais de uma população são retiradas aleatoriamente da subpopulação (frequentemente chamadas de tratamentos)

ou seja, uma descrição equivalente assume um conjunto de amostras retiradas independentemente de várias populações. A hipótese nula H_0 de interesse é que cada uma das subpopulações tenham a mesma média assumindo variâncias equivalentes.

A rotina implementada no pacote S.A.S, para testar as diferentes hipóteses é dada por:

```

data teste;
infile 'c:\ARQUIVO.dat';
input FLA Y;
proc glm;
class FLA;
model Y = FLA;
means FLA / bon;
lsmeans FLA / stderr;
output out = novo
      p = predito
      r = residuo;
proc plot;
plot residuo*predito;
proc univariate normal plot;
var residuo;
run;

```

Os comandos anteriores são utilizados para produzirem as tabelas de análise de variância, Testes F de Snedecor, quadrado médio dos resíduos, medidas e testes de comparação de médias que incluem Testes t de Student (ver Tabelas 5.1 a 5.10 do Capítulo 5).

ANALISE DA VARIÂNCIA

Na análise da variância foi empregado o modelo sugerido por Box, G.E. et alí. (1987).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

onde:

$i = 1, 2, 3, \dots, k$ ($k = 4$, FLA. $n = 1 \dots 4$);

$j = 1, 2, 3 \dots n_i$ (n_i = tamanho da amostra para cada tratamento)

sendo:

Y_{ij} = resposta do i -ésimo filtro na j -ésima observação, isto é, a variável a ser comparada nos filtros.

μ = efeito global ou medida global da população.

τ_i = efeito do i -ésimo filtro, isto é, o desvio.

ε_{ij} = erro aleatório do modelo no i -ésimo filtro na j -ésima observação, isto é, a informação não explicada pelo modelo.

$$\tau_i = \mu - \mu_i$$

onde:

μ_i = média do parâmetro do i -ésimo filtro. Para a aplicação do modelo foi suposto que:

- i. $\varepsilon_{ij} \sim N(0; \sigma^2)$ ou $Y_{ij} \sim N(\mu_i; \sigma^2)$
- ii. mesma variância em cada tratamento.
- iii. erros não correlacionados, isto é, independentes.

O modelo acima descrito tem como interesse testar a seguinte hipótese:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4$$

H_1 : pelo menos um $\tau \neq 0$

Se a hipótese H_0 for rejeitada, pelo menos uma média é independente das outras. Se H_0 não for rejeitada, conclui-se que todas as médias são iguais, isto é, $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, de modo análogo a $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = 0$.

A hipótese H_0 é testada a partir da estatística de distribuição F de Snedecor, que é obtida pela partição de variabilidade dos dados, isto é:

$$\text{SQ Total} = \text{SQ Modelo} + \text{SQ Erro} \quad (2)$$

Onde:

SQ Total: soma dos quadrados totais; representa a variabilidade total dos dados com relação a média global.

SQ Modelo: soma dos quadrados do modelos; representa a variabilidade do modelo ou qualidade de informação ganha , ou seja, quanto maior a variabilidade, melhor é o modelo.

SQ Erro: soma dos quadrados dos erros; representa a variabilidade aleatória do modelo, ou seja: a quantidade de informação não explicada pelo modelo; todos os fatores que não estão sendo explicados estão no erro aleatório. Quanto menor for a variabilidade melhor será o modelo.

A partição (2) segundo Montgomery (1984) é dada pela eq. 3

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - Y)^2 / (n - 1) = \sum_{i=1}^k n_i (Y_i - Y)^2 / (k - 1) + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - Y_i)^2 / (n - k) \quad (3)$$

onde:

$(n-1)$; $(k-1)$; $(n-k)$: são os graus de liberdade g.l.

Y: média global dos dados.

Y_i : média do tratamento.

k: n^0 de tratamentos.

$n: \sum_{i=1}^k n_i$ Tamanho total da amostra.

Assim, a distribuição F de Snedecor é dada pela eq. 4.

$$F = \frac{\frac{\text{SQ Modelo}}{(k-1)}}{\frac{\text{SQ Erro}}{(n-1)}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (Y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - Y_i)^2} * \frac{(n-k)}{(k-1)} \quad (4)$$

Os testes da estatística indutiva para os diferentes ensaios levam à aceitação ou à rejeição da hipótese em termos de H_0 , o que corresponde portanto à negação ou afirmação de H_1 . H_0 é rejeitada se $F > F_{\text{critico}}((k-1; n-k) \text{ g.l., } \alpha)$; α corresponde ao nível de significância do teste, o qual, é fixado para todos os testes em 5%, indicando com isto que se terá um risco do 5% de probabilidade de rejeitar H_0 , (sendo esta verdadeira)

Em geral, o teste F resulta de uma análise de variância. Testa-se a hipótese nula H_0 de que as médias dos tratamentos são iguais, o que é uma resposta satisfatória para concluir que existe evidência de que os tratamentos são iguais. Quando a hipótese de igualdade de médias H_0 dos dados de partículas, no teste for rejeitada, significa que pelo menos um tratamento, isto é (FLA1, FLA2, FLA3 ou FLA4) difere dos outros. Portanto, é preciso saber onde ocorrem essas diferenças, o que é feito através dos Testes de Comparações Múltiplas, utilizando-se uma série de testes T de Student entre pares de médias. Existem vários testes para este propósito, de Tukey, Dumcam, Bomferroni.

Para efeito dos ensaios, foi utilizado o Teste de Bomferroni, utilizando a eq. 5.

$$C = \sum_{i=1}^k c_i \cdot \mu_i$$

(5)

onde:

$$\sum_{i=1}^k c_i = 0;$$

De maneira geral tem-se quatro tratamentos; logo, tem-se quatro médias dos dados correspondentes a cada parâmetro medido ($\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$). Para testar a hipótese :

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$\Leftrightarrow$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

Seja $C_1 = 1; C_2 = -1; C_3 = 0; C_4 = 0 \therefore C = C_1 \cdot \mu_1 + C_2 \cdot \mu_2 + C_3 \cdot \mu_3 + C_4 \cdot \mu_4$

Então, para o Teste de Bonferroni tem-se:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0: C = 0$$

equivalente a testar

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_1: C \neq 0$$

Conforme a escolha dos valores para C_i , obtem-se uma dada combinação a ser testada, constituindo-se um intervalo de confiança com $100(1 - \alpha) \%$

para o parâmetro $C = \sum_{i=1}^k C_i \cdot \mu_i$.

Se o valor zero estiver dentro do valor obtido, então aceita-se a hipótese $H_0: C = 0$. Caso contrário, é rejeitada.

O intervalo para C é definido pela eq 6.

$$C \pm B \sqrt{\left(\frac{SQ_{\text{Erro}}}{n - k} \left(\sum_{i=1}^k \frac{C_i^2}{n_i} \right) \right)}$$

(6)

onde:

$$C = \sum_{i=1}^k C_i \mu_i = C_1 \cdot \mu_1 + C_2 \cdot \mu_2 + \dots + C_k \cdot \mu_k \approx C_1 \cdot Y_1 + C_2 \cdot Y_2 + \dots + C_k \cdot Y_k$$

B é o quantil $\left(1 - \frac{\alpha}{2p} \right)$ da distribuição t de Student com $(n - k)$ graus de liberdade, sendo p o número de combinações a serem testadas.

ANÁLISE DE RESÍDUO

Para verificar as suposições do modelo aplicado $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ que estão sendo satisfeitas, faz-se uma análise de resíduo:

- i gráfico de resíduo Vs predito (valor ajustado).
- ii quartils
- iii teste de normalidade.

No gráfico de resíduo, os erros devem encontrar-se distribuídos aleatoriamente em torno de zero. Na distribuição dos dados tem-se uma amplitude que está sujeita à probabilidade de dados externos errôneos e não leva em conta a dispersão dos dados dentro da mesma. Devido a isto, utilizam-se medidas de amplitude chamadas interporcentils, quartils e, genericamente quantil, que serve para superar estas limitações.

VERIFICAÇÃO DA VALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL

A validade do modelo implementado ($Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$); está sujeita à verificação da normalidade dos dados utilizados no modelo. O teste utilizado pelo SAS para esta verificação é o Teste W, criado por wilk. A distribuição da estatística W é assimétrica e varia no intervalo (0 ; 1), isto é, $0 < W < 1$, e é testada com a hipótese:

Ho: Os dados têm distribuição normal.

H1: Os dados não têm distribuição normal

A hipótese Ho é rejeitada para valores pequenos de W (valores proximos de 1 indicam uma possível normalidade). A significância do valor W observado pode ser verificada através do nível descritivo ou p-valor (Pprobabilidade [W < Wobservado] = P). Se $P < 5\%$ rejeita-se a hipótese Ho; caso contrário, ela é não rejeitada. No caso de ser rejeitada, os dados dos parâmetros têm que ser submetidos a transformações. Algumas transformações úteis para normalização dos dados são:

- i. fazer valores grandes maiores: Y_{ij}^2 , Y_{ij}^3 , Y_{ij}^4 .
- ii. fazer valores grandes menores: $\sqrt{Y_{ij}}$, $\ln Y_{ij}$, $1/Y_{ij}$.

Os dados dos parâmetros cor aparente e turbidez, não cumpriram com os testes de normalidade, tendo-se que efetuar um tratamento estatístico descritivo dos mesmos, analisando-se graficamente a amplitude, comparando-se a mediana, variabilidade na amplitude e média da sua distribuição (ver Figuras 5.1 a 5.14. do Capítulo 5).

A rotina implementada no pacote S.A.S, para efetuar a comparação grafica da amplitude é dada por:

```
DATA TESTE;
INFILE 'C:\ARQUIVO.DAT';
```

```
INPUT FLA turbidez ou cor;  
PROC UNIVARIATE PLOT;  
VAR turbidez;  
BY FLA;  
RUN;
```

9. BIBLIOGRAFIA

- 1.- AIDIS Saneamiento Basico en el Brasil - Situacion Actual, Propuestas de Trabajo y Perspectivas Revista Ingenieria Sanitaria vol`XLIV, n. 1 y 2, Enero - Junio, 1990
- 2.- ARBOLEDA, J. Teoria, Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del Agua. CEPIS, Lima, Peru, 1973.
- 3.- A.W.W.A Research Fundation Manual of Desing For Slow Sand Filtration. E.D A. David. U.S.A, 1991.
- 4.- Bellamy, W. D. et alii. Slow Sand Filtration:Influences of Selected Process Variables. Jornal A.W.W.A 77 (12), P:48-55, December, 1985
- 5.- Bolmann, H. A. Aplicação da Filtração Lenta na Remoção de Substâncias Contidas em Águas Superficiais - Dissertação de Mestrado Biblioteca da EESC USP São Carlos, Dez. 1987
- 6.- BOX, G. E. et alii. " Statistics for Experiments" ed, Jhon Wiley and Sons, Inc. New York, 1978.

- 7.- Breau, D. P. The Maine Experience. A.W.W.A Slow Sand Filtration Workshop Durham, New Hampshire, October 1991
- 8.- Cleasby, J. L. et al. Slow Sand Filtration and Direct In-line filtration of Surface Water JAWWA Vol. 76 (12), p: 44-55, Dec. 1984
- 9.- Collins, M. R. & Eighmy, T.T. Modifications to the Slow Rate Filtration Process for Improved Trihalomethane Precursor Removal In: Chapter 4 - Process Performance Slow Sand Filtration recent Developments in Water Treatment Technology Ed. N.J.D. Graham Ellis Horwood books in Water and Wastewater Technology London-England, 1988
- 10.- Collins, M. R. Evaluating Modifications to Slow Sand Filters JAWWA Vol. 83 (), p: 62-69, Set. 1991
- 11.- Collins, M. R. et al. Removing Natural Organic Matter By Conventional Slow Sand Filtration. Jurnal A.W.W.A Vol. (), p: 80-90, May. 1992
- 12.- COSTA, N. P. "Estatística", 12ª reimpressão, ed, Edgar Blucher Ltda, 1992.
- 13.- COSTA, R. H. R. Estudos Comparativos da Eficiência de Filtros Lentos de Areia Convencionais e de Fluxo Ascendente - Dissertação de Mestrado Biblioteca da E.E.S.C. - USP São Carlos - SP, 1980
- 14.- CRISTOVÃO, D de A. Bacteriologia da Água: seu Exame e Controle Bacteriológicos. Separata do Livro Operação e Manutenção de Estações de Tratamento de Água. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. P: 121 - 98.
- 15.- CULLEN, T. R. & LETTERMAN, R. D. The Effect of Slow Sand Filter Maintenance on Water Quality. Journal A.W.W.A Vol. 77 (12), P: 48-55, Dec. 1985
- 16.- DAVID, P. B. Star-Up of Slow Sand Filtration Plant In Gorham, New Hampshire, A.W.W.A - Slow Sand Filtration Workshop Durham, New Hampshire, October 1991

- 17.- Di Bernardo, L. & Neves, I. F. Remoção de Microrganismo na filtração Lenta de Águas de Abastecimento XX CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL Guatemala, Nov. 1986
- 18.- Di Bernardo, L. Upflow Coarse - Grained Prefilter for Slow Sand Filtration In: Pretreatment Methods - Chap. 2 - Slow Sand Filtration - Recent Developments in Water Treatment Technology Ed. n. J. D. Grahn Ellis Horwood Books in Water and Wastewater Tehnology London - England, 1988
- 19.- Di Bernardo, L. Water-Suply Problems and Treatment Techonogies in Developing Countries in South America J. Water SRT AQUA vol 40, n. 3, June 1990
- 20.- Di Bernardo, L. et alli Caracterização de Mantas Sintéticas não Tecidas na Filtração lenta de Águas de Abastecimento XXIII CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL San Juan - Puerto Rico, set. 1990
- 21.- Di Bernardo, L. et alli Investigaçãõ Experimental sobre o Desempenho de Mantas Sintéticas na Filtração Lenta de Águas de Abastecimento XXIII CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL San Juan, Puerto Rico, set. 1990
- 22.- Di Bernardo, L. et alli Remoção de Algas em Pré-Filtro de Fluxo Ascendente com Meio Granular de Pedregulho e Areia Grossa IV SILUBESA Belo Horizonte - MG, Dez. 1990
- 23.- Di Bernardo, L. et alli Estudo Qualitativo e Quantitativo da Comunidade Biótica Presente em um Sistema de Pré-filtro e Filtro Lento para Tratamento de Águas de Abastecimento 16º Congresso ABES Goiânia, Setembro. 1991
- 24.- Di Bernardo, L. Seminário Nacional Sobre Pré-filtração e Filtração Lenta de Águas de Abastecimento, São Carlos, SP. p: 167, Julho, 1991
- 25.- Di Bernardo, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água, Rio de Janeiro, Vol. II, p: 498, 1993

- 26.- Duncan, A The Ecology of Slow Sand Filters In: Capter 3 - Biological Aspects Slow Sand Filtration - Recent Developments in Water Treatment Technology ED. N.J.D. Graham Ellis Horwoord books in Water and Wastewater Technology London England, 1988
- 27.- Fox, K. R. et al Pilot Plant Studies of Slow Rate Filters JAWWA Vol. 765 (12), p: 62-68, Dec. 1984
- 28.- Galvis, G. & Visscher, J. T. Seminario Internacional Sobre Tecnologia Simplificada para Potabilización de Agua. Universidad del Valle, Cali - Colombia, Agosto, 1987
- 29.- Galvis, G. & Visscher, J. T. Proyecto Integrado de Investigación y Demostración en Filtración Lenta en Arena, Informe Final, CINARA-UNIVALLE, Cali, Colombia, 1989
- 30.- Galvis, G. & Visscher, J. T. Experiencia en Diseño y Construcción de Sistemas de Tratamiento por Filtracion Lenta em Arena, Seminario Internacional sobre Mejoramiento de Calidad de Agua para Consumo Humano, Centro Inter-Regional em de Abastecimiento e Remoción de Aguas, CINARA-UNIVALLE, Cali, Colombia, Noviembre, 1991
- 31.- Geyer, J. C & Okun, D. A. Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales, ed. Limusa - Wiley, S.A. Mexico 1971
- 32.- Haney, B. J. & Steimle, S. E -"Potable-Water Supply by Means of Up-Flow Filtration (1 Eau Claire process)", Journal A.W.W.A 66 (2),P:111-123, February,1974
- 33.- Hespanhol, I. Investigaçãõ sobre o Comportamento e Aplicabilidade de Filtros Lentos no Brasil - Tese de Doutorameto Biblioteca da FSP-USP São Paulo, 1969
- 34.- Huisman, L. & Wood, W. E. Slow Sand Filtration WHO, Geneve, 1974
- 35.- Huisman, L. Research and Demonstration Project on Slow Sand Filtration Reprinted or the AIDIS Congress Panama, Aug. 1982

- 36.- IRC - WHO Pretreatment Methods For Community Water Supply Pretreatment Research and Demonstration Project IRC International Water and Sanitation Center The Hague, The Netherlands, Feb., 1989
- 37.- KAWAMURA, S. Integrated Desing of Water Treatment Facilites. Ed John Wiley & Sons, New York, 1991
- 38.- KENITIRO, S. Introdução à Sedimentologia. Ed Edgar Bucher - EDUSP, São Paulo, 1973
- 39.- LONDON, O. & FOX, K. Slow Sand Filtration in the United States In-Chapter 1: Filter Design, Operation and Management Slow Sand Filtration - Recent Developments in Water Treatment Techonology Ed. N.J.D. Graham - Ellis Horwood Books in Water and Wastewater Technology London, England, 1988
- 40.- ZULUAGA, M. & SEGURA, A. Caracteristicas e Coeficientes de Arenas para Filtros Lentos, Informe preliminar, Centro-Inter-Regional de Abastecimiento y Remocion de Aguas, CINARA-UNIVALLE, Cali, Colombia, 1990.
- 41.- PATERNIANI, J.E.S. Aplicabilidade de Mantas Sintéticas não Tecidas na filtração Lenta de Águas de Abastecimento - Tese de Doutorado São Carlos, 1991
- 42.- PERES, C. A & SALDIVIA, C. D. " Planejamento de Experimentos" , 50 Simposio Nacional de Probabilidade e Estatística, .
- 43.- SAS / STAT Guide for Persanal Computers, 6 ed. or SAS / STAT software. SAS Institute Inc.
- 44.- SLEZAK, L. A. & SIMS, R. C. The Application and effectiveness of Slow Sand Filtration in the United States. Journal A.W.W.A 66 (2),P:111-123, December, 1984
- 45.- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th Ed. American Public Health Association, American Water Work Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., 1985.

- 46.- TIMOTHY, J. S. et al. Desing and Operation of Slow Sand Filter. A.W.W.A Vol. 77 (12), P: 35-41, Dec. 1986
- 47.- VAZ, L. A. Estatística e Experimentação Agronômica - Analises de Médias, Seminario de Modelos Não Lineares, Piracicaba - SP, 1983
- 48.- VISSCHER, J. T et Alii. Slow Sand Filtration for Comunity Water Suppy: Plannig, Desing, Construction, Operation and Maintenance. International Reference Centre for Comunity, IRC, Netherlands, June, 1987
- 49.- WHEELER, D. ; BARTRAM, J. & LLOYD, B. J. The Removal of Víruse by Filtration Through Sand Filtration - Recent Developments in Water Treatment Techonology Ed. N.J.D. Graham - Ellis Horwood Books in Water and Wastewater Technology London, England, 1988