

**CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO
EM PRÉ-FILTROS PARA O TRATAMENTO
DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO**

Júlio Cezar de Oliveira



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

Orientador: Profa. Dra. Odete Rocha

**São Carlos
1997**

Class.	Tese - EESC
Cott.	4038
Tombo	003/99

31100006900

S/S 1032633

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

048ca

O48c

Oliveira, Júlio Cezar de
Caracterização do material particulado em pré-
filtros para o tratamento de águas de abastecimento /
Júlio Cezar de Oliveira. -- São Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos - Universidade de São Paulo, 1997.

Área: Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Profa. Dra. Odete Rocha.

1. Tratamento de água. 2. Pré-tratamento. 3. Pré-
filtros. 4. Caracterização de partículas. 5. Mantas
sintéticas. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Licenciado **JÚLIO CEZAR DE OLIVEIRA**

Dissertação defendida e aprovada em 05.03.99
pela Comissão Julgadora:



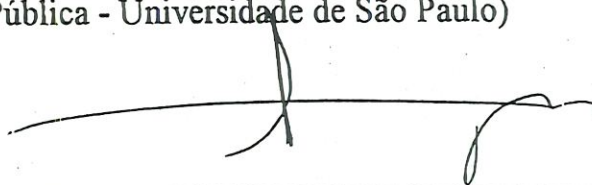
Prof. Tit. **ODETE ROCHA (Orientadora)**
(Universidade Federal de São Carlos)



Prof. Tit. **LUÍZ DI BERNARDO**
(Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo)



Prof. Dr. **ROQUE PASSOS PIVELLI**
(Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo)



Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

À memória de meu pai.

À minha mãe.

Ao Thales Magalhães.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, pela graça suprema da vida.

À Profa. Dra. Odete Rocha, pela excelente orientação durante os trabalhos, apoio e amizade. Exemplo de profissionalismo e humanidade.

Ao Prof. Dr. Luiz Di Bernardo, pela colaboração e atenção durante o desenvolvimento dos trabalhos.

Ao Prof. Dr. Luiz Daniel, pelo programa de contagem de partículas.

À Universidade Federal de Ouro Preto e à CAPES, pelo apoio administrativo e financeiro, respectivamente.

Aos técnicos do Laboratório de Saneamento da EESC/USP, pela dedicação e total apoio, em especial ao Júlio César Trofino.

Aos docentes do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP.

Às Secretarias do Departamento de Hidráulica e do Programa de Pós-Graduação da USP.

Ao Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, da Universidade Federal de São Carlos.

Ao Prof. Dr. Jorge Adílio Penna, da Universidade Federal de Ouro Preto.

Ao Eng. Eduardo Balestrero Costa (Cabo) e Cristina Nunes, da Coordenadoria de Comunicação da Universidade Federal de Ouro Preto.

Ao José Geraldo (Lalado), Tonca e Marcinho Brandão, ao Newton Antonio E. Santo e ao Thiago de Oliveira Magalhães.

À minha família e amigos, pela paciência e incentivo.

SUMÁRIO

Resumo	i
Abstract	ii
Lista de Símbolos	iii
1. Introdução	1
2. Objetivo	6
3. Revisão da Literatura	7
3.1 Filtração Lenta	7
3.2 Pré-Tratamento	8
3.3 Comunidade Biótica	11
3.4 Distribuição e Diâmetro das Partículas	12
4. Metodologia	15
4.1 Unidades de Pré-filtros	16
4.2 Características das Mantas Sintéticas	17
4.3 Características do Afluente	18
4.4 Taxas de Filtração	18
4.5 Coleta de Amostras	18
4.6 Caracterização Física e Química das Amostras	21
4.7 Leituras Piezométricas	22
5. Resultados e Discussão	36
5.1 Considerações Gerais	36
5.2 Primeira Carreira de Filtração	39
5.3 Segunda Carreira de Filtração	43
5.4 Terceira Carreira de Filtração	45
5.5 Quarta Carreira de Filtração	46
6. Conclusões	47
7. Recomendações	49
8. Referências Bibliográficas	50

RESUMO

OLIVEIRA, J. C. *Caracterização do material particulado em pré-filtros para o tratamento de águas de abastecimento*. São Carlos, 1997. 175p. Mestrado-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Pré-filtros de areia grossa e pedregulho são geralmente utilizados para tratamento inicial da água bruta, visando adequar as características da mesma para posterior tratamento através da filtração lenta em areia. O presente trabalho foi desenvolvido em um sistema piloto de pré-filtros de fluxo ascendente onde foram testadas diferentes combinações de mantas, mantendo-se a taxa de filtração $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, tendo como principal objetivo caracterizar qualitativa e quantitativamente o material particulado presente na água do efluente e do afluente além do material particulado retido entre ou aderido aos grãos de areia do leito. Ambas, a água afluente e a água efluente dos pré-filtros foram caracterizados física, química e biologicamente, através de medidas de turbidez, cor, pH, temperatura, conteúdo de carbono orgânico total e pigmentos. A densidade e o tamanho das partículas foram determinadas através do contador eletrônico de partículas "Coulter-Counter" e por microscopia ótica. Os resultados obtidos revelaram que a utilização de mantas sintéticas no topo dos pré-filtros de fluxo ascendente reduzem a densidade das partículas efluentes, além de limitar o desenvolvimento de algas e metazoários, que foram bastante raros no interior do pré-filtro e na água efluente. As partículas predominantes no leito do filtro, a diferentes subcamadas amostradas foram predominantemente os agregados de matéria orgânica detrital com bactérias. Pela análise microscópica obteve-se que em todos os experimentos predominaram partículas com tamanho entre 24 e 58 μm , nos interstícios do leito de areia do pré-filtro. Na água efluente e afluente dos pré-filtros invariavelmente predominaram as partículas de tamanho entre 1 e 3 μm como determinadas pelas contagens através do "Coulter-Counter". Os resultados indicam que para as diferentes combinações de mantas testadas neste estudo, as características do material particulado são similares.

Palavras-chave: Pré-filtração, mantas sintéticas, material particulado.

ABSTRACT

OLIVEIRA, J. C. Characterization of particulate matter en the pre-filters for water supply treatment. São Carlos, 1997. 175p. Master Dissertation-School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo.

Coarse-grain pre-filters are generally used as a previous treatment to adequate the characteristics of the raw water to a postero slow sand filtration treatment. The present work was developed en a pilot system of up-flow pre-filters where different combinations of non-woven fabrics were placed on the top surface of the sand layer and a filtration rate of 24 m³/m²,day applied. The main objective of the study was to characterize qualitatively and quantitatively the particulate matter in the affluent, effluent and interstitial water of the pre-filter sand bed. Both the affluent and effluent water to the pre-filters were characterized physically, chemically and biologically, by measuring the turbidity, colour, pH, temperature, total organic carbon and pigment contents. Density and size distribution of particles were determined by a Coulter Counter and by microscopy analysis. The results obtained reveal that the use of synthetic fabrics reduce the density of particles in the effluent and are limiting to the development of algae and protozoans, which were rare inside the pre-filter bed. The dominant particles in the sand bed at different depths were the agglomerates detritus organic matter and bacteria. From the microscopy analysis it was shown that for all experiments particles with size between 24 and 58 um predominates. For the affluent and effluent water the dominant particles were between 1 and 3 um as characterized by Coulter Counter counts. The results also indicate that for the combination of non-woven fabrics used the particulate matter was very similar.

Key words: Pre-filtration; non-woven fabrics; particulate matter.

LISTA DE SÍMBOLOS

Ce	: coeficiente de esfericidade
DETX	: unidade têxtil de medida do diâmetro do fio
Df	: diâmetro da fibra ou de um fio de manta (L)
e	: espessura (mm)
ϵ_0	: porosidade
G	: gradiente médio de velocidade (s^{-1})
K	: condutividade hidráulica (mm/s)
NMP	: número mais provável de coliformes
PA	: poliamida
PES	: poliéster
PFCM	: pré-filtro com manta
PFSM	: pré-filtro sem manta
EPFCM	: efluente do pré-filtro com manta
EPFSM	: efluente do pré-filtro sem manta
pH	: potencial hidrogeniônico
PP	: polipropileno
So	: superfície específica (L^2/L^3)
uT	: unidade de turbidez
uC	: unidade de cor
λ	: coeficiente de filtrabilidade (L^{-1})
<i>Pm</i>	: massa específica da manta (g/cm^3)
<i>Pf</i>	: massa específica dos fios (g/cm^3)

1 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das comunidades ou agrupamento de população humana leva à necessidade de possuírem um sistema de abastecimento de água para suprir suas demandas. Não existe uma regra geral que indique qual a fase do desenvolvimento demográfico em que uma comunidade deve necessariamente ser provida de um sistema público de abastecimento de água.

Devido à alta taxa de crescimento da população brasileira e devido às grandes mudanças ocorridas nas últimas décadas, com a transformação de uma população que era predominantemente rural, para urbana (75% rural e 25% urbana na década de 1940 para 25% rural e 75% urbana na década de 90) IBGE(1991), existe uma demanda cada vez maior de água potável, dificultando em algumas áreas o abastecimento em quantidades adequadas.

O tratamento visa a conversão da água bruta em água potável, para os diversos fins, sendo de fundamental importância a remoção de organismos patogênicos e substâncias tóxicas que causam riscos à saúde humana. Objetiva também a melhoria

da qualidade da água bruta sob os aspectos estético e sanitário.

Uma das tecnologias alternativas para o tratamento de água de abastecimento é a filtração lenta em areia. Segundo HUISMAN(1982), CARRION(1985) e VARESCHE (1989), a filtração lenta em areia possibilita a melhoria das características físicas, químicas e biológicas da água, a um custo relativamente baixo.

O objetivo principal da filtração lenta é a remoção das partículas em suspensão, principalmente matéria orgânica e organismos patogênicos presentes na água bruta. A remoção de partículas em suspensão no interior do filtro ocorre através de complexos mecanismos, influenciados pelas características físicas e químicas do meio filtrante, pelas características físicas, químicas e biológicas da água bruta, pela taxa de filtração e pelo método de operação do filtro (DI BERNARDO, 1980).

O funcionamento adequado do filtro de areia é porém muito sensível a algumas características da água bruta, como a turbidez e cor verdadeira, que são os parâmetros mais importantes a serem considerados na escolha do tipo de tratamento (DI BERNARDO, 1989). Segundo este mesmo autor, são recomendados valores limites, principalmente de turbidez, para o uso da filtração lenta em areia. O autor considera que a turbidez e a cor verdadeira devem ser inferiores a 10 UT e 20 UH, respectivamente.

Além dos mecanismos de transporte e aderência, na filtração lenta existe a atividade biológica, principal responsável pela eficiência dos filtros lentos de areia. Segundo VALENZUELA(1991), os filtros lentos têm como principais vantagens a realização do tratamento físico, químico e microbiológico numa única unidade.

Em condições normais, os organismos fitoplanctônicos juntamente com as bactérias, protozoários, rotíferos e outros microrganismos formam uma camada gelatinosa na superfície do leito filtrante conhecida como "schmutzdecke" que tem um desempenho importante na purificação da água. O denominado período de amadurecimento do filtro lento, é o período para a formação do "schmutzdeck" (DI BERNARDO, 1993).

As algas podem, no entanto, causar sérios problemas para o processo de filtração lenta, dependendo das espécies presentes e de sua densidade. Altas densidades provocam obstrução prematura dos interstícios granulares, criando no filtro lento de areia um depósito gelatinoso que é difícil de ser rompido.

Estudos realizados por CALIJURI (1988), na Represa do Lobo, mostraram que a amplitude de variação da densidade média de *Aulacoseira* foi de 10^6 - 10^7 células por litro em março de 87(verão). NOGUEIRA (1990), registrou uma concentração máxima de *Aulacoseira* em novembro/86 na Represa do Monjolinho, com um pico de $1,2 \times 10^6$ células por litro. Águas com características como essas,

utilizadas como fonte de abastecimento, provavelmente causariam problemas operacionais se filtros lentos de areia fossem empregados no tratamento.

Pela limitação dos filtros lentos de areia em remover principalmente turbidez e cor da água com teores elevados, foi necessário o desenvolvimento de técnicas de pré-tratamento que adequassem a água bruta à filtração lenta. Dentre estas técnicas foi desenvolvida a pré-filtração com escoamento vertical ascendente e a utilização de mantas sintéticas não tecidas sobre a camada de areia do meio granular do filtro lento (RUGNO, 1987; MBWETTE et al.(1988); BRESAOLA (1990); DI BERNARDO et al. (1990); POCASANGRE(1990); VALENZUELA (1991); AGGIO(1993). A utilização de mantas sintéticas não tecidas sobre a camada de areia do meio granular apresenta vantagens tais como: aumento na duração da carreira de filtração; aumento da taxa de filtração; facilidade de operação e limpeza.

Tecnologias de pré-tratamento vêm sendo empregadas para uma melhor qualidade da água bruta afluyente aos filtros lentos, uma vez que a filtração lenta, pode em muitas situações ser a solução apropriada para países em desenvolvimento e com acentuadas diferenças sócio-econômicas regionais, proporcionando água de qualidade a uma importante parcela da população que não possui um abastecimento com água tratada adequadamente.

O pré-filtro de pedregulho e areia grossa de escoamento vertical ascendente com a utilização de

mantas sintéticas tem sido uma unidade de pré-tratamento eficiente para filtros lentos, diminuindo a turbidez a valores adequados para a filtração lenta. Assim, a caracterização do material particulado é de grande interesse no estudo de pré-tratamento com pré-filtros, por motivos econômicos, como também, pelas experiências práticas de aplicação adequando melhor a água bruta aos filtros lentos de areia utilizados no tratamento de águas de abastecimento.

2 - OBJETIVO

Este trabalho visa a caracterização do material particulado em pré-filtros de pedregulho e areia grossa de escoamento vertical ascendente, com e sem a utilização de mantas sintéticas não tecidas dispostas sobre a camada de areia do meio granular.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - Filtração lenta

A filtração lenta é uma das técnicas mais antigas de tratamento de água (MONTIEL et al., 1988; in VARESCHE, 1989). Desde o século XVI, tem-se notícias da filtração como tratamento de água (DI BERNARDO, 1993).

O primeiro filtro lento utilizado para tratar água superficial turva foi construído e desenvolvido na Inglaterra na primeira década do século XIX (RACHWAL et al., 1988; in VARESCHE, 1989).

Para abastecer principalmente pequenas cidades, a prática da filtração lenta em areia pode representar uma redução significativa de investimento econômico, devido à eliminação das etapas de coagulação, floculação e sedimentação (FOX et al., 1984; SLEZAK & SLIMS, 1984).

O objetivo principal da filtração lenta é a remoção das partículas em suspensão, principalmente matéria orgânica e organismos patogênicos presentes na água bruta.

Além dos mecanismos de transporte e aderência, na filtração lenta existe a atividade

biológica, principal responsável pela eficiência dos filtros lentos de areia.

Em condições normais, os organismos fitoplanctônicos juntamente com as bactérias, protozoários, rotíferos e outros microrganismos formam uma camada gelatinosa na superfície do leito filtrante conhecida como "schmutzdecke" que tem um desempenho importante na purificação da água.

O denominado período de amadurecimento do filtro lento, é o período para a formação do "schmutzdeck" (DI BERNARDO, 1993).

Segundo VALENZUELA (1991), os filtros lentos têm como principais vantagens a realização do tratamento físico, químico e microbiológico numa única unidade.

3.2 - Pré -tratamento

Dependendo das características da água bruta, a eficiência de remoção da filtração lenta pode diminuir drasticamente, por exemplo em épocas de chuva, provocando uma redução na duração da carreira de filtração e comprometendo a qualidade do efluente produzido.

Um sistema de pré-tratamento apresenta-se como uma solução eficiente e econômica para adequar a água bruta afluyente aos filtros lentos. Dentre os processos de pré-tratamento empregados, os mais comuns são: decantação, pré-filtração com

escoamento horizontal, pré-filtração com escoamento vertical ascendente, pré-filtração com escoamento vertical descendente, utilização de mantas sintéticas não tecidas sobre o topo de camada de areia (MBWETTE et al., 1988; VARESCHE, 1989; DI BERNARDO et al., 1990 ; VALENZUELA, 1991).

3.2.1 - Pré-filtração com escoamento vertical ascendente

POCASANGRE (1990), através dos estudos efetuados por BRESAOLA e RUGNO (1987), comparou o desempenho de duas unidades de pré-filtração, uma com escoamento vertical ascendente e outra com escoamento vertical descendente, verificando que a primeira apresentou melhores resultados removendo cor aparente, algas, coliformes totais, ferro total, manganês total e partículas suspensas, além de contribuir no aumento das carreiras de filtração do filtro lento. Este autor afirma que, a combinação de pedregulho e areia grossa é eficiente como meio filtrante para pré-filtro, com a vantagem da utilização de dois tipos de meio granular numa mesma unidade. Concluiu ainda, que partículas maiores são retidas na camada mais grosseira, numa primeira filtração, alcançando uma melhor utilização do meio granular e que características do meio granular e da água bruta, bem como a taxa de filtração é que determinam a eficiência deste sistema.

3.2.2 - Mantas sintéticas não tecidas

Estudos sobre mantas sintéticas existem desde 1982, na Inglaterra (MBWETTE et al., 1988). É a mais recente técnica empregada como pré-tratamento.

As mantas sintéticas não tecidas são produzidas a partir do uso combinado de fios, variando os materiais e possuindo uma espessura de 5 a 10 mm (DI BERNARDO et al., 1990; MBWETTE et al., 1988).

Não havendo necessidade de se produzirem fios (por isso a denominação de mantas sintéticas não tecidas), as mantas são confeccionadas a partir das fibras ou cadeias, sendo utilizados os seguintes materiais sintéticos: poliéster, polipropileno, polietileno, polivinil, poliamida (nylon) e poliestireno.

Através de uma série de estudos, concluiu-se dentre outras coisas que:

- pela seleção da espessura ótima e tipos de mantas, a retenção de partículas e a acumulação biológica pode ser contida dentro das mantas;

- com a utilização das mantas, o tratamento físico e biológico do filtro lento torna-se mais eficiente.

Segundo DI BERNARDO et al. (1990), mantas sintéticas dispostas sobre o topo de camadas de areia de filtros lentos, possibilita o aumento na duração da carreira de filtração ou aumento da taxa de filtração.

3.3 - Comunidade biótica

AGGIO(1990), realizou um trabalho experimental em instalação piloto, utilizando um pré-filtro de pedregulho e areia grossa com escoamento vertical ascendente antecedendo um filtro lento com mantas. O trabalho avaliou o desempenho da remoção de algas existentes na água afluyente e quantificou as comunidades biológicas desenvolvidas no filtro lento e pré-filtro, concluindo que este último teve maior eficiência na remoção de organismos. A comunidade biológica presente no filtro lento de areia é muito diversificada, sendo constituída de:

a) Algas - a comunidade algal que se desenvolve no filtro lento, pode diferir daquela encontrada na água bruta, pois pode ter ocorrido dentro dos filtros, o desenvolvimento de outras espécies. A flora epipélica encontrada nos filtros lentos é formada principalmente por diatomáceas, cianofíceas, clorofíceas e euglenofíceas (VARESCHE, 1989).

Segundo AGGIO (1993), as algas colonizadoras do filtro lento de areia são encontradas na água sobrenadante (forma planctônica - móveis e imóveis); aderidas à superfície do leito ou ao "schmutzdeck" (forma filamentosa) e dentro do leito de areia (forma acicular);

b) Bactérias - atuam na oxidação biológica dentro dos filtros lentos. Oxidam e degradam a matéria orgânica através de sua atividade metabólica. Auxiliam na formação do "schmutzdeck".

c) Protozoários - importantes no processo de purificação. São responsáveis pela remoção de bactérias, juntamente com os rotíferos. As principais classes encontrada nos filtros lentos de areia são: Rhizopoda, Flagelata e Ciliata (AGGIO, 1993).

d) Metazoários - os metazoários presentes nos filtros lentos de areia compreendem os rotíferos, microcrustáceos como copépodos e cladóceros, nemátodos, oligoquetos, micro-turbelários, tricópteros, ephemeropteros e larvas de chironomídeos (MBWETTE et al., 1988). Devido ao seu reduzido tamanho, os metazoários são capazes de colonizar os interstícios de areia. Os rotíferos desempenham importante papel na remoção de bactérias. Nas camadas mais superiores de areia, há uma elevação do número de organismos e este número decresce à medida que se aprofunda no leito. Apenas os nemátodos apresentam comportamento oposto (AGGIO, 1993).

3.4 - Distribuição e diâmetro das partículas

Muitos pesquisadores utilizam a contagem de partículas para monitorar os processos de tratamento.

Mais sensível que a turbidez, a contagem de partículas é uma técnica que pode ser utilizada para medir as mudanças da qualidade de água e a concentração de sólidos suspensos de tamanho maior que $1\mu\text{m}$ (VALENZUELA, 1991).

A contagem de partículas junto com a medida de turbidez, dão uma medida direta do material particulado, melhorando o controle operacional e assegurando a eficiência da desinfecção (TATE & ROUSSEL, 1978; in VALENZUELA, 1991).

SLEZAK & SLIMS (1984), utilizaram a contagem de partículas para estudar a remoção das mesmas e também dos cistos de *giardia* nos filtros lentos. VALENZUELA (1991), observa que a remoção de partículas aumenta com o tempo de operação e com o aumento da quantidade de partículas no afluente, e que, sempre há penetração das mesmas através das mantas, sendo poucas retidas no meio granular devido a fatores, tais como a quantidade e tamanho das partículas suspensas no afluente, a taxa de filtração empregada e as características do meio granular filtrante. O autor considera que o mesmo número de partículas ou a mesma distribuição de tamanho das mesmas, não necessariamente estão contidas em duas amostras de água com turbidez igual.

Segundo os resultados obtidos por VALENZUELA (1991), houve um aumento da remoção de partículas suspensas na água bruta pelo pré-filtro com mantas sintéticas, observando-se que ocorreram remoções de até 87% (partículas com tamanho entre 1.3 e 3.2 μm), quando a água bruta apresentou turbidez menor ou igual a 28 UT. Quando a turbidez foi menor ou igual que 100 UT, a remoção foi de até 88%. O autor conclui, portanto, que "a pré-filtração e o uso de mantas sintéticas nos filtros lentos, produzem elevadas remoções de partículas

suspensas nos afluentes e, aumentam no filtro lento a capacidade de remoção das partículas mais finas".

4 - METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em uma instalação piloto com 02(dois) pré-filtros de areia grossa e pedregulho, de escoamento vertical ascendente, localizada no campus da Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP (Figura 1).

A água bruta utilizada era proveniente da adutora do Espriado que abastece a Estação de Tratamento de Água de São Carlos e que passa nas proximidades da EESC/USP sendo recalçada para um reservatório de aproximadamente 16 m³, através de bomba centrífuga, e daí para alimentação da caixa de distribuição de vazão. A água bruta foi distribuída para os pré-filtros por gravidade através de tubos de PVC.

No início de cada carreira de filtração foi feita a calibração dos vertedores para a vazão desejada. Esta vazão foi ajustada através da abertura de um registro de gaveta localizado numa derivação do tubo de PVC e sendo seu valor volumetricamente determinado. Uma carreira era considerada encerrada quando a perda de carga total do pré-filtro foi igual à sua carga hidráulica disponível. Após o término de cada carreira de filtração, foram realizadas descargas de fundo. Estas descargas foram realizadas abrindo-se e fechando-se o

registro de gaveta da tubulação de limpeza localizada no fundo do pré-filtro. Produzindo o aparecimento de transientes hidráulicos, este processo melhorava o resultado final da descarga, sendo repetido até que a água utilizada saísse limpa.

4.1 - Unidades de pré-filtros

As duas unidades de pré-filtros foram constituídas de chapas metálicas de aço, com formas cilíndricas, sobre um sistema de sustentação, sendo revestidas interna e externamente com tinta epóxi, possuindo diâmetro interno de 0,80 m; 2,15 m de altura na parte cilíndrica e 0,50 m em um tronco de cone na parte inferior (possibilitando a limpeza do meio granular por descarga de fundo). A vazão efluente de cada pré-filtro foi descarregada por gravidade através de tubo de PVC. Três subcamadas de pedregulho (granulometria decrescente em direção ao escoamento) e uma subcamada de areia grossa constituíam o meio filtrante (Figura 2).

As duas unidades de pré-filtros contendo o mesmo material granular, foram montadas em paralelo, diferenciando-se uma da outra, pela colocação de mantas sintéticas não tecidas no topo da camada de areia de apenas uma das unidades. A unidade de pré-filtro que utilizava manta(s) no topo de sua camada de areia foi denominada PFCM (Pré-filtro com manta), e a outra unidade de pré-filtro, em que não houve colocação de manta no topo de

sua camada de areia foi denominada PFSM (Pré-filtro sem manta).

4.2 - Características das mantas sintéticas

As mantas sintéticas não tecidas foram produzidas a partir do uso combinado de diferentes materiais como polipropileno, poliéster, polietileno, polivinil, poliamida e poliestireno. A manta branca possuía uma espessura de 3 mm e a manta preta a espessura de 5 mm. Ambas foram utilizadas em um dos pré-filtros (PFCM), sobre a camada de areia, da seguinte forma: na primeira carreira de filtração 01(uma) manta preta "(M3)1"; na segunda carreira de filtração 02(duas) mantas pretas sobrepostas "(M3)1" e "(M3)2", e na terceira e quarta carreiras de filtração 01(uma) manta preta "(M3)1" e 01(uma) manta branca "(M5)1" conjuntamente (Figuras A e B).

A manta preta e a manta branca foram utilizadas neste trabalho em função de estudos realizados por DI BERNARDO e PATERNIANI (1991), que as selecionaram entre cinco tipos com base nos valores de permeabilidade, superfície específica, porosidade e também por apresentarem uma maior resistência e durabilidade (Tabelas 1 e 2).

As mantas foram fixadas sob pressão, através de tubos de polietileno com diâmetro menor que o da unidade de pré-filtração, de forma a garantir a não ocorrência de curto circuito, isto é, que o afluente não percolasse entre a parede interna da unidade e as mantas (Figura 3).

4.3 - Características do afluyente

O afluyente utilizado apresentou uma turbidez relativamente baixa, tendo em vista que se tratava da água da adutora do Espriado, cuja turbidez historicamente é baixa.

4.4 - Taxas de Filtração

A primeira carreira de filtração foi iniciada com a taxa de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e encerrada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Foi realizada descarga de fundo no pré-filtro sem manta (PFSM), enquanto no pré-filtro com manta (PFCM) a carreira de filtração foi contínua até atingir a perda de carga máxima (Figura 13). Com a mudança da taxa de filtração de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ para $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, houve um aumento na perda de carga, observação também feita por POCASANGRE(1990), BRESAOLOA(1990) e VALENZUELA(1991).

Nas outras carreiras de filtração (2^a, 3^a e 4^a), foram utilizadas as taxas de filtração de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, mantidas constantes até o final de cada carreira.

4.5 - Coleta das amostras

Foram coletadas amostras da água bruta afluyente e efluentes das unidades de pré-filtração, em dias alternados, para análise das variáveis físicas e químicas.

Na colocação das mantas sintéticas sobre a camada de areia grossa do meio granular, um conjunto de 10(dez) quadrados medindo 2x2 cm, da mesma constituição de cada manta, foi também colocado em cima e embaixo das mantas, distribuídos aleatoriamente (Figura 4). Os quadrados foram costurados com linha de nylon para que houvesse uma melhor fixação destes às mantas. Do conjunto de 10(dez) quadrados, 02(dois) foram utilizados para análise qualitativa e quantitativa de algas e metazoários, 02(dois) para determinação da concentração de clorofila a e feofitina, 02(dois) para determinação da concentração de carbono orgânico total, 02(dois) para a contagem de partículas e 02(dois) reservados e congelados para eventualidades que poderiam vir a ocorrer nas análises.

A coleta das amostras das mantas ocorreu após o encerramento da carreira de filtração, onde o pré-filtro era esgotado e os quadrados cuidadosamente recolhidos, embrulhados em papel alumínio e transportados para o laboratório. Cada quadrado foi lavado com água destilada, sendo o sobrenadante armazenado em frascos. Para a análise da biota, as amostras foram preservadas com formalina a 4%, para posterior identificação e contagem sob microscopia óptica em câmara de sedimentação de Sedgewick-Rafter.

Para verificar se houve ocorrência de estratificação na distribuição das partículas nas diversas profundidades de areia do meio granular, foram introduzidos coletores de aço inox abertos nas extremidades com orifícios por toda a sua

extensão (Figura 4.1). Foram utilizados 02(dois) coletores para cada pré-filtro, com 40 cm de comprimento cada, correspondente à altura da areia do meio granular. Após o encerramento das carreiras de filtração, os coletores foram cuidadosamente retirados, embrulhados em papel alumínio e transportados para o laboratório. Foram então divididos em 03(três) subcamadas:

- a) 0 - 10 cm;
- b) 10 - 25 cm;
- c) 25 - 40 cm.

Cada subcamada foi lavada com água destilada, retirando-se a fração correspondente a cada uma. A areia de cada camada foi lavada com água destilada e o sobrenadante separado em frações para análises da biota, da concentração de clorofila a e feofitina, bem como da concentração do carbono orgânico total e para a contagem de partículas. As frações destinadas à análise da biota, foram também fixadas com formalina a 4%, para posterior identificação e contagem sob microscopia óptica em câmara de sedimentação de Sedgewick-Rafter.

O peso seco da areia de cada subcamada, foi determinado após secagem em estufa a 103 °C por 24 horas para que os resultados de densidade de organismos pudessem ser expressos por grama ou cm³ de areia.

4.6 - Caracterização Física e Química das Amostras

Para a determinação das características físicas e químicas, foram utilizados os métodos descritos no "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" .

Turbidez: as medidas de turbidez foram determinadas pelo método nefelométrico - turbidímetro modelo B-250, da Micronal.

Cor Aparente: determinada pelo método de comparação visual "platino-cobalto", que estabelece a unidade de cor (1 mg/l de platina na forma de íon cloroplatinado). As medidas foram realizadas no comparador "Hellige Aqua-Tester" com discos-padrão.

Determinação do pH: o potencial hidrogeniônico foi verificado pelo método potenciométrico, utilizando-se o aparelho da Micronal, modelo B-371.

Determinação da temperatura: medida através de termômetro de mercúrio, com precisão de 0,5 °C.

Contagem de partículas (determinação do tamanho e distribuição de tamanho das partículas): feitas por meio do contador de partículas "Coulter Counter", modelo TA II.

Caracterização do material particulado: realizada sob microscopia óptica com ocular micrometrada em câmara de sedimentação de Sedgewick-Rafter, medindo-se as dimensões

lineares. Para a análise qualitativa das partículas foi estabelecida as seguintes categorias: matéria orgânica com bactérias; matéria inorgânica com bactérias; matéria inorgânica; restos animais; restos vegetais; fungos e "outros"(algas, ovos, protozoários, metazoários, etc.)(Figuras C a K).

Clorofila a: as determinações de clorofila a foram baseadas na técnica de extração com etanol a 80% a quente e as fórmulas utilizadas para o cálculo destes pigmentos foram as de GOLTERMAN (1978).

Concentração de Carbono Orgânico Total: determinado utilizando-se o aparelho "Total Organic Carbon Analyzer", modelo TOC 5000 da Shimadzu Corporation.

4.7 - Leituras Piezométricas

Quadro geral dos piezômetros: consistia em uma tábua com escala em papel milimetrado, ligado a mangueiras plásticas transparentes de 60 mm de diâmetro. Foi instalado no pré-filtro sem manta (PFSM), um primeiro piezômetro a 10 cm acima do topo do meio filtrante e um segundo na camada suporte. No pré-filtro com manta (PFCM), além dos anteriormente citados, foi instalado um terceiro piezômetro no topo da camada de areia para poder verificar a perda de carga nas mantas.

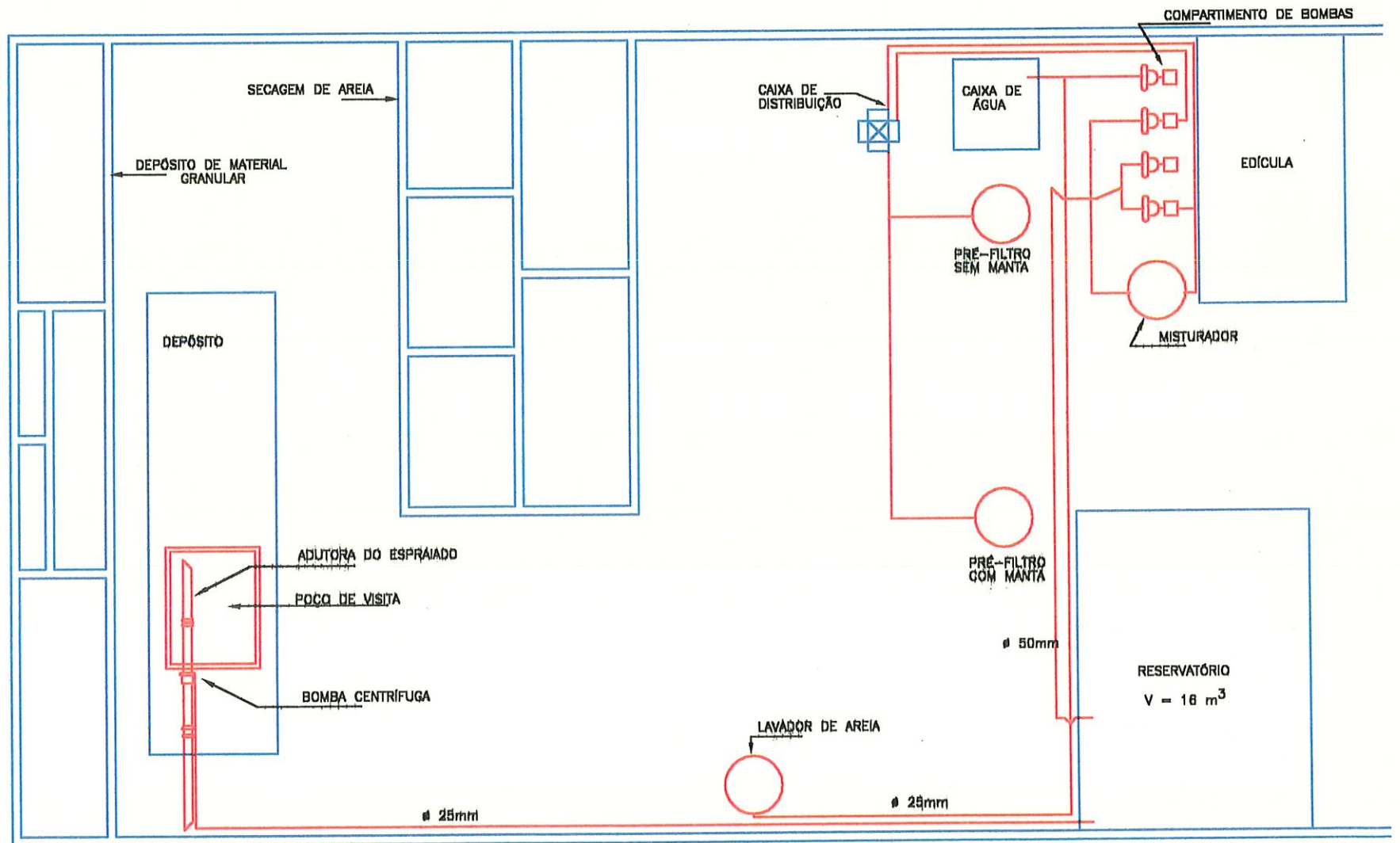


FIGURA 1 - ESQUEMA DA ESTAÇÃO PILOTO DURANTE A REALIZAÇÃO DO ESTUDO.

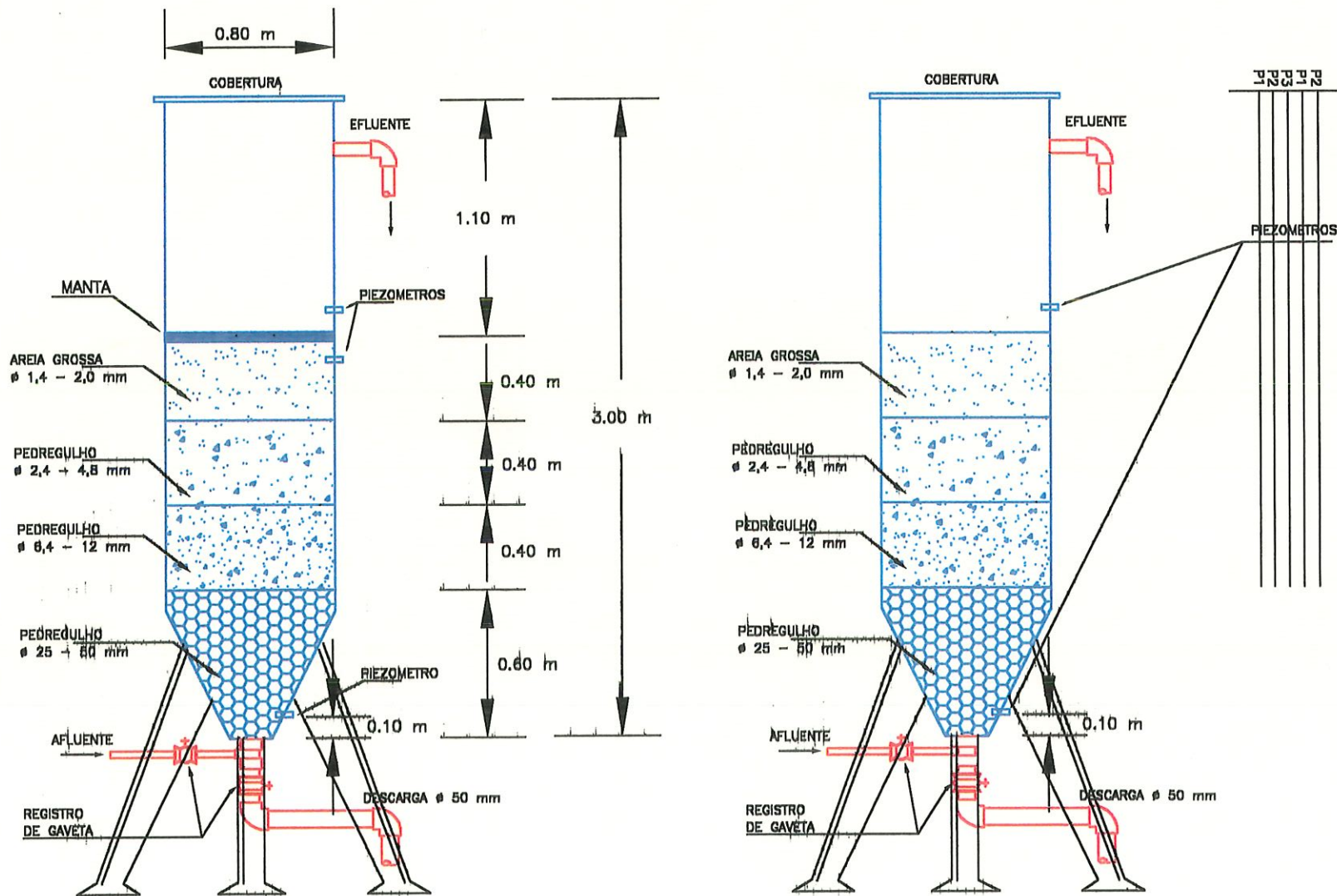


FIGURA 2 - ESQUEMA DAS UNIDADES DE PRE-FILTROS EM PEDREGULHO E AREIA GROSSA COM ESCOAMENTO VERTICAL ASCENDENTE, COM E SEM A UTILIZACAO DE MANTAS SINTETICAS NAO TECIDAS.



Figura A: Manta sintética. (M3) Manta Preta.



Figura B: Manta sintética. (M5) Manta Branca.

Tabela 1 - Composição das mantas sintéticas utilizadas sobre o topo da camada de areia do meio granular

MANTA	COMPOSIÇÃO	
M₃ - PRETA	68% Polipropileno	(PP) -15,0 DTEX
	32% Poliamida	(PA) -17,0 DTEX
M₅ - BRANCA	15% Polipropileno	(PP) -15,0 DTEX
	40% Polipropileno	(PP) - 5,5 DTEX
	15% Poliéster	(PO) -14,0 DTEX
	20% Poliéster	(PO) - 6,6 DTEX
	10% Poliéster	(PO) - 1,8 DTEX

Fonte: Paterniani (1991).

Tabela 2 - Propriedades das mantas sintéticas utilizadas sobre o topo da camada de areia do meio granular

PROPRIEDADES	MANTA	
	M₃	M₅
Cor	Preta	Branca
Massa Específica Média do Fio ρ_f (g/cm³).	0,9835	1,1215
Massa Específica Média da Manta ρ_m (g/cm³)	0,1151	0,1713
Porosidade ε_0 (%)	88,29	84,72
Diâmetro Médio do Fio d_f (μm)	45,09	29,58
Superfície Específica S_0 (m²/m³)	10,388	20,662
Condutividade Hidráulica K (mm/s)	7,16	1,31

Fonte: Paterniani (1991).

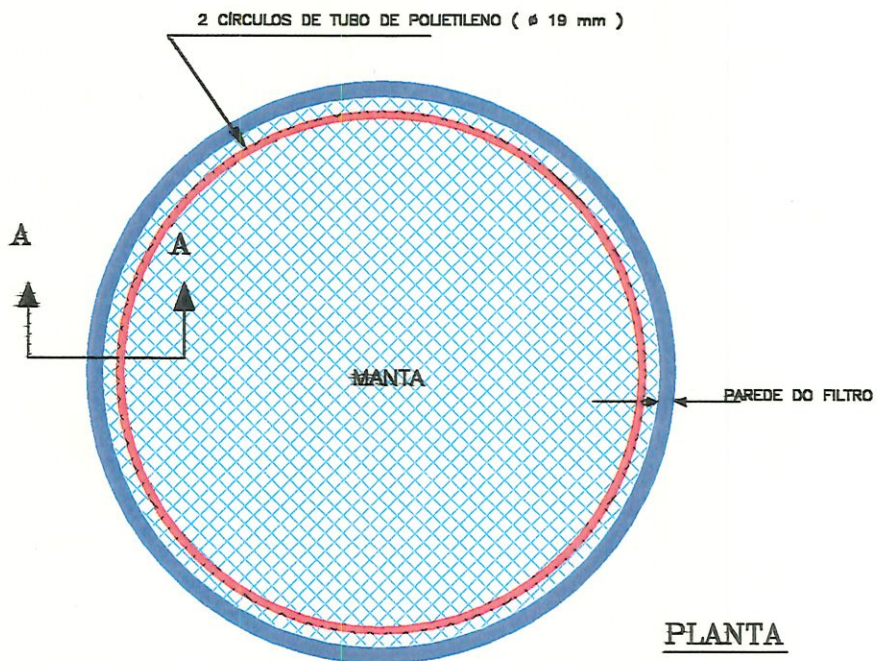
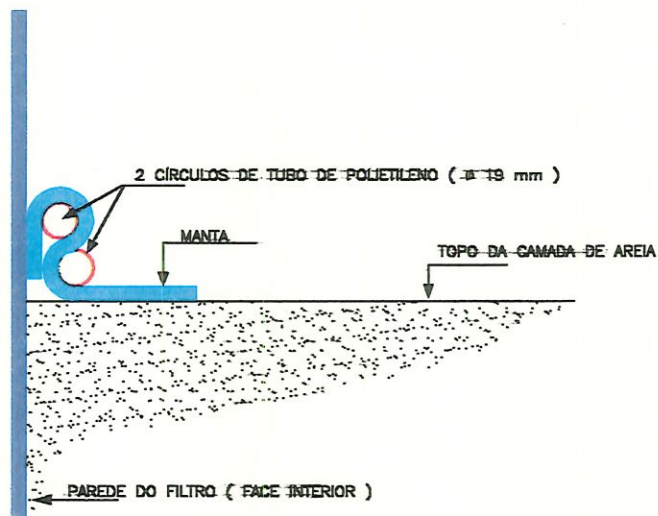
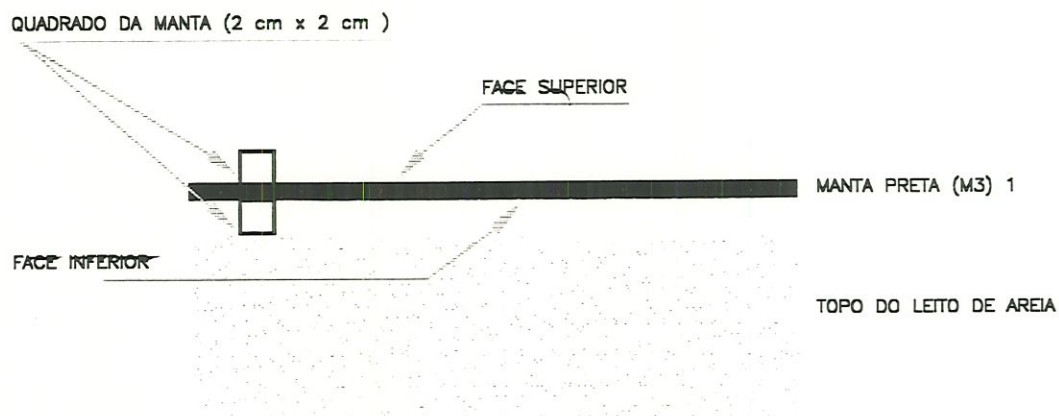


FIGURA 3 - FIXAÇÃO DAS MANTAS SINTÉTICAS SOBRE O MEIO FILTRANTE DE AREIA DA UNIDADE DE PRÉ-FILTRACAO EM PEDREGULHO E AREIA GROSSA COM ESCOAMENTO VERTICAL ASCENDENTE.

A)



B)

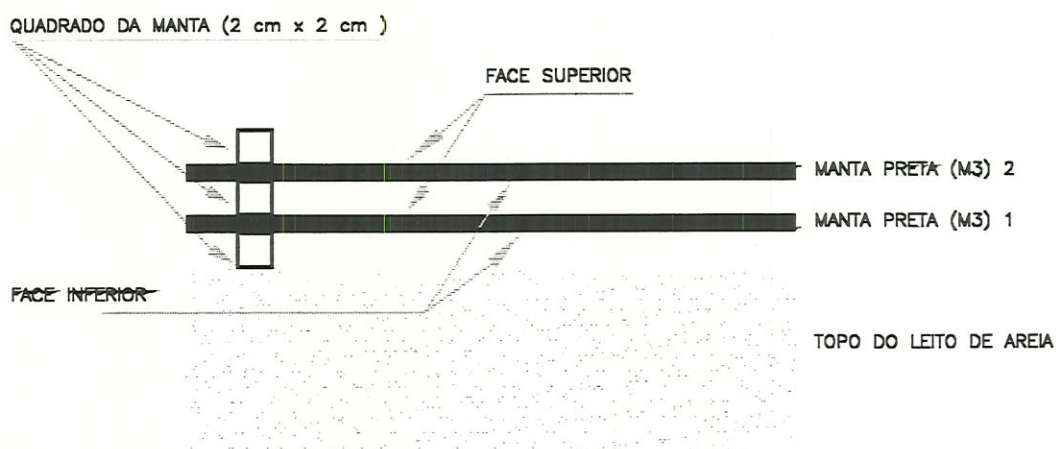
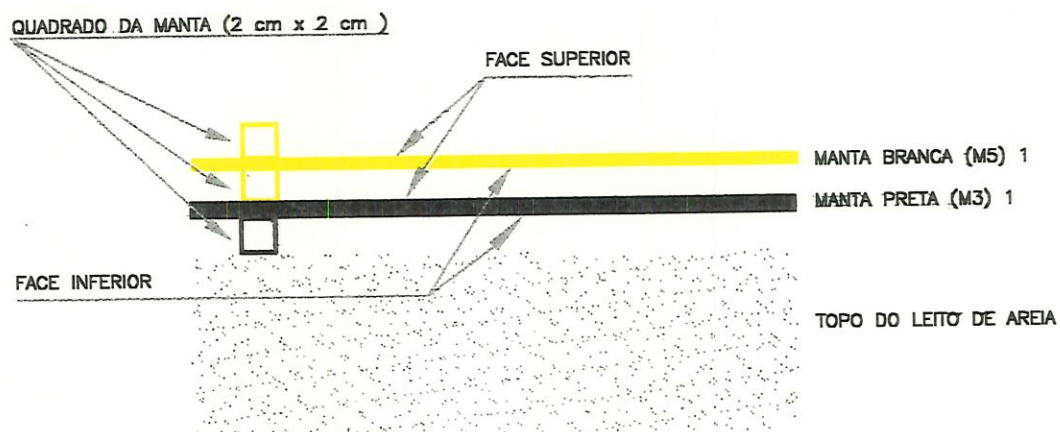


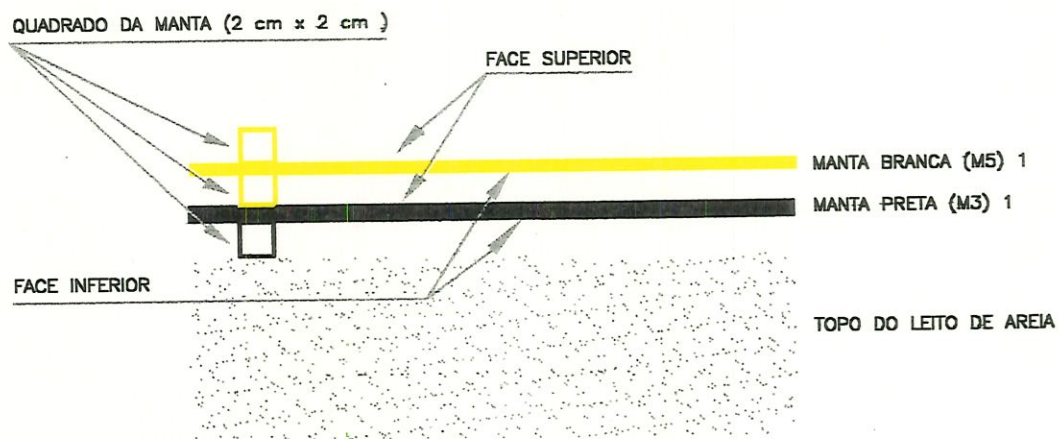
FIGURA 4 - ESQUEMA GERAL DA POSIÇÃO DAS MANTAS E DA FIXAÇÃO DOS QUADRADOS DA(S) MANTA(S) SOBRE O TOPO DO LEITO DE AREIA DO MEIO FILTRANTE DO PRÉ-FILTRO, NAS CARREIRAS DE FILTRAÇÃO:

- A) PRIMEIRA CARREIRA DE FILTRAÇÃO; B) SEGUNDA CARREIRA DE FILTRAÇÃO;
 C) TERCEIRA CARREIRA DE FILTRAÇÃO; D) QUARTA CARREIRA DE FILTRAÇÃO.

C)



D)



... CONTINUAÇÃO DA FIGURA 4

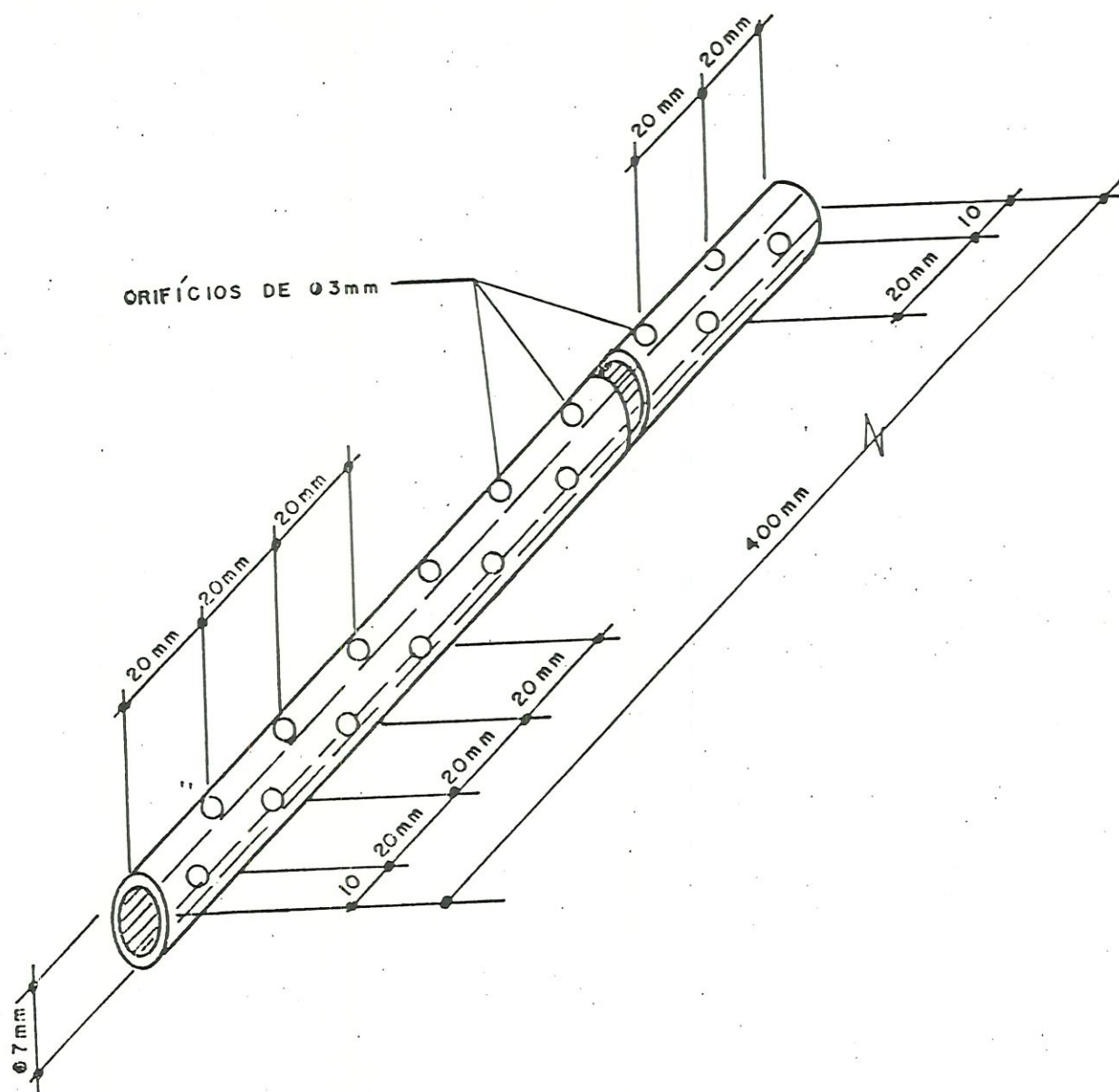


FIGURA 4.1 – Coletor cilíndrico de aço inox utilizado no meio granular de areia dos pré-filtros

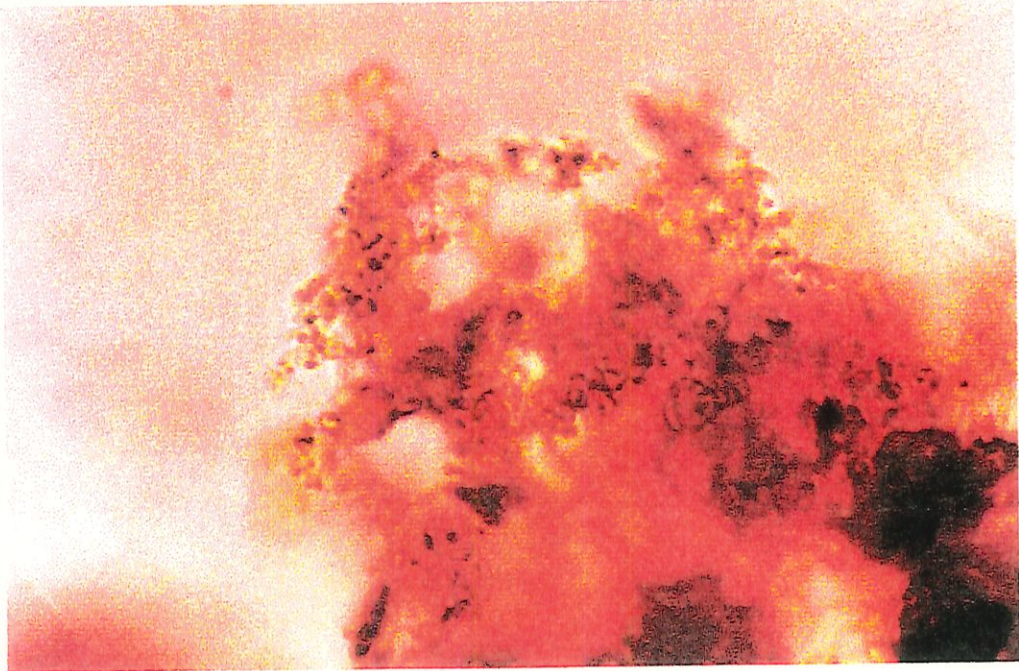


Figura C

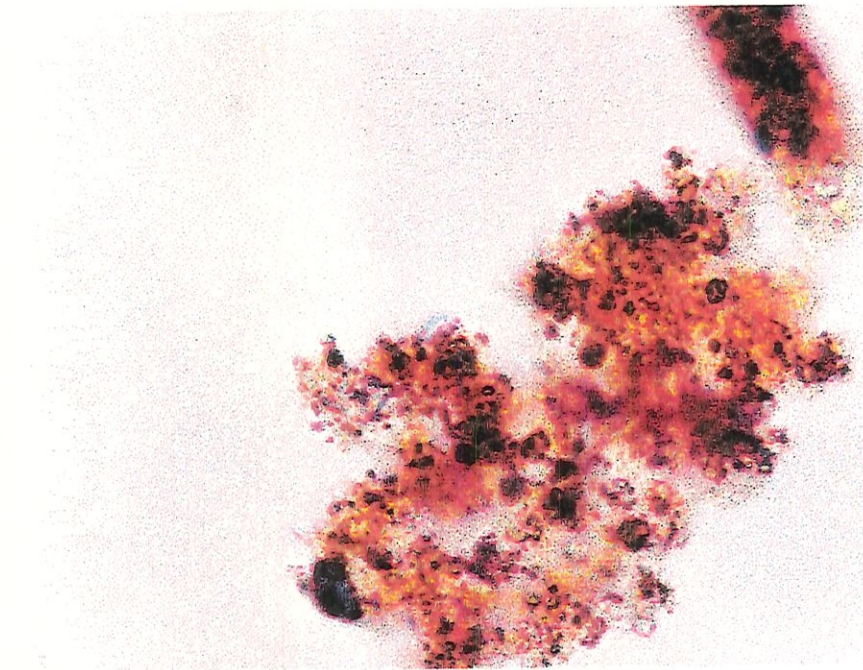


Figura D

Figuras C e D: Aglomerados de matéria orgânica com bactérias no sobrenadante da água de lavagem do meio granular no encerramento da carreira de filtração.

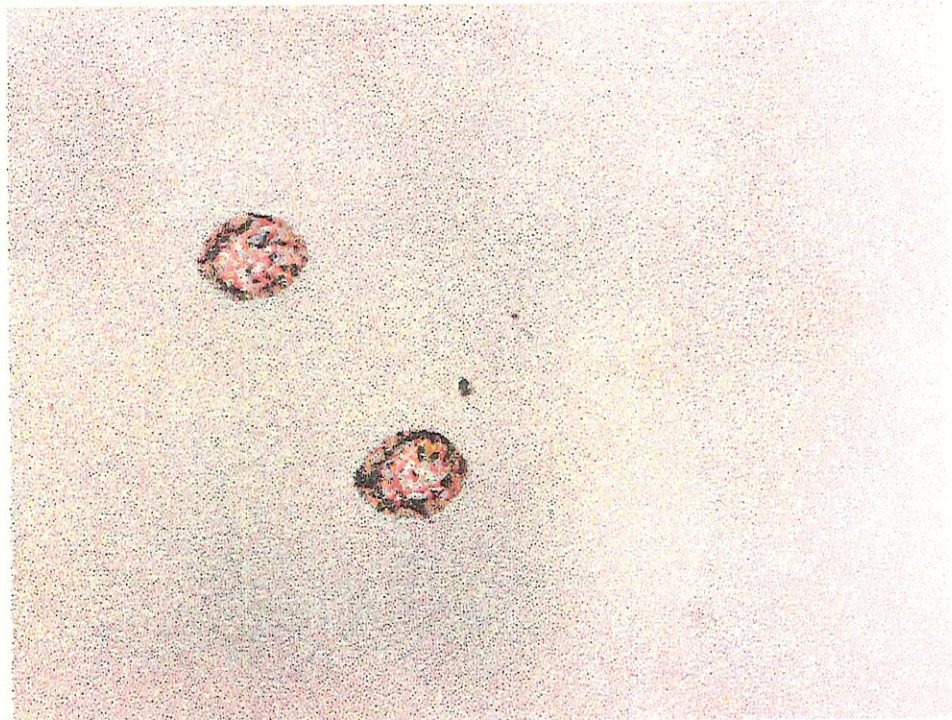


Figura E



Figura F

Figuras E e F: Partículas inorgânicas com biofilme resultante da colonização por bactérias.

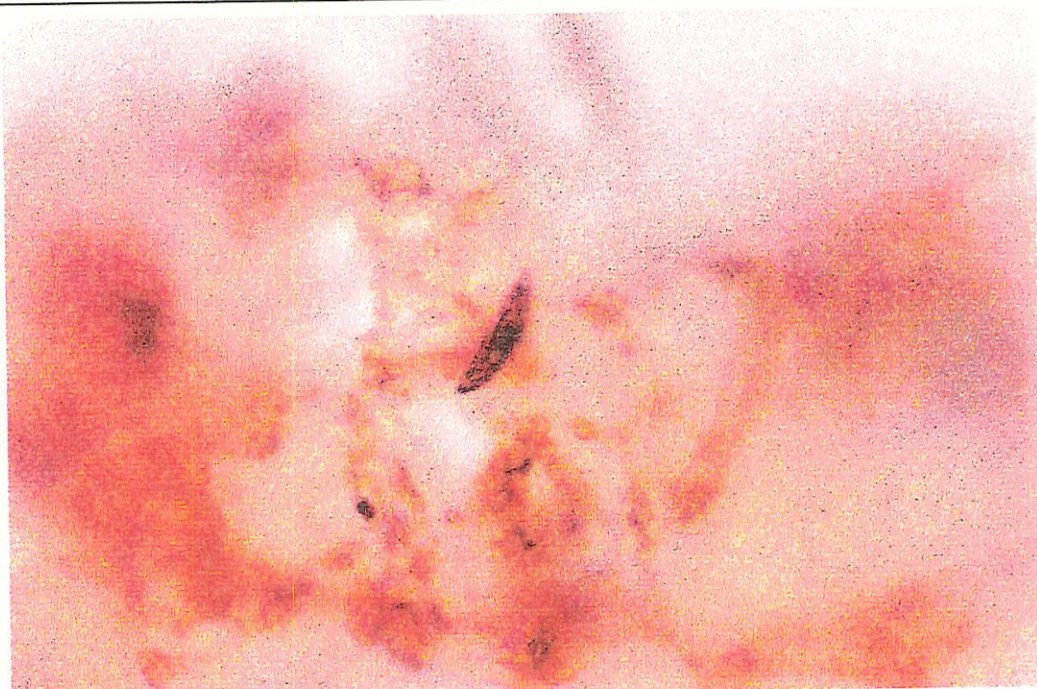


Figura G

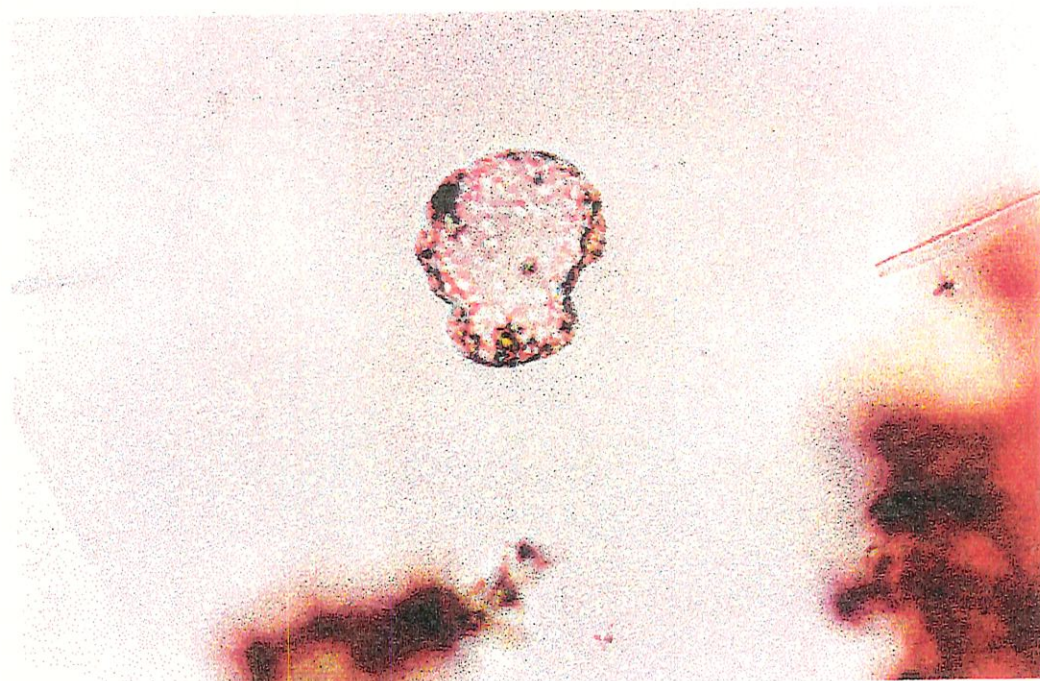


Figura H

Figuras G e H: Algas diatomáceas.

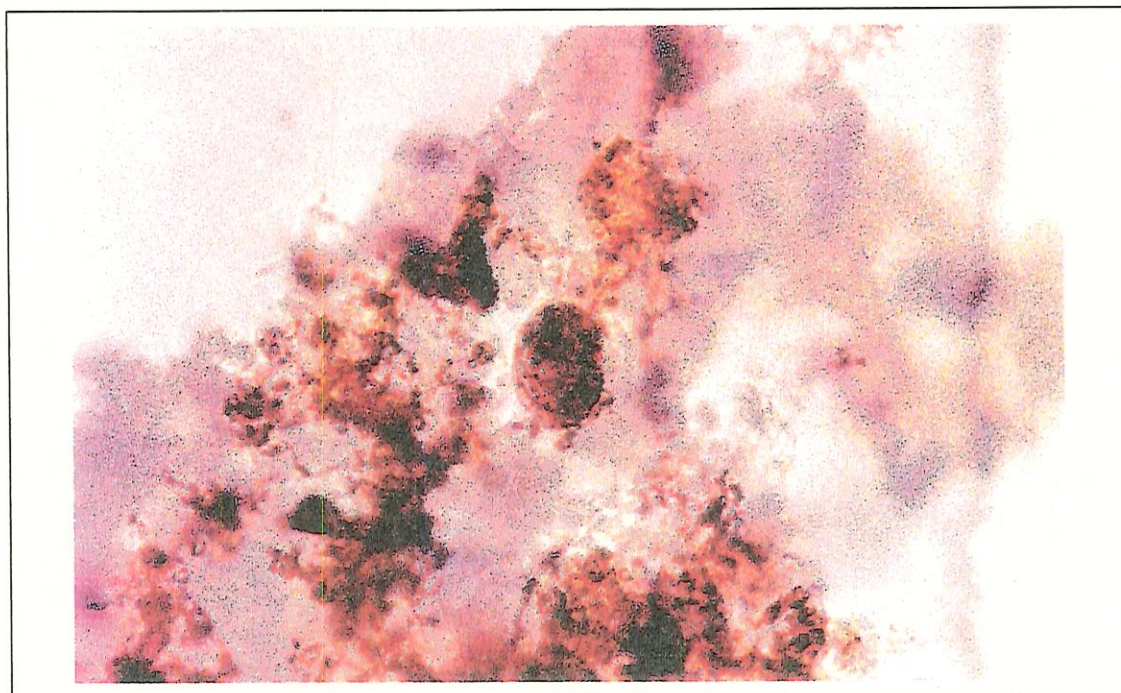


Figura I : Protozoário

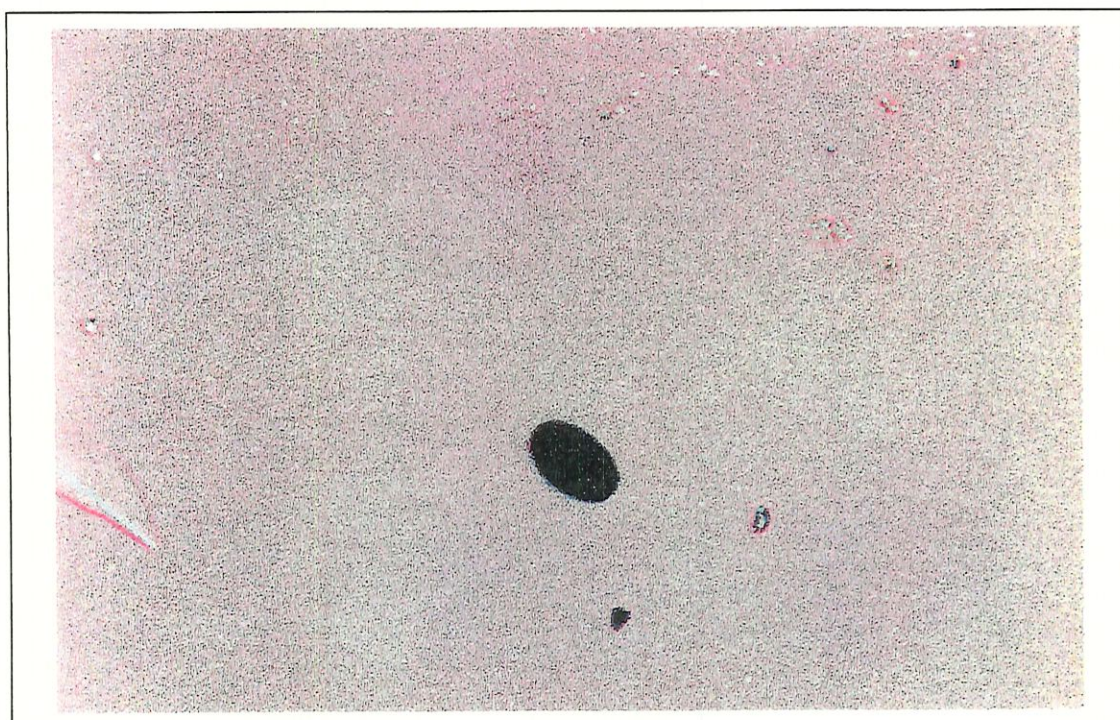


Figura J: Ovo.

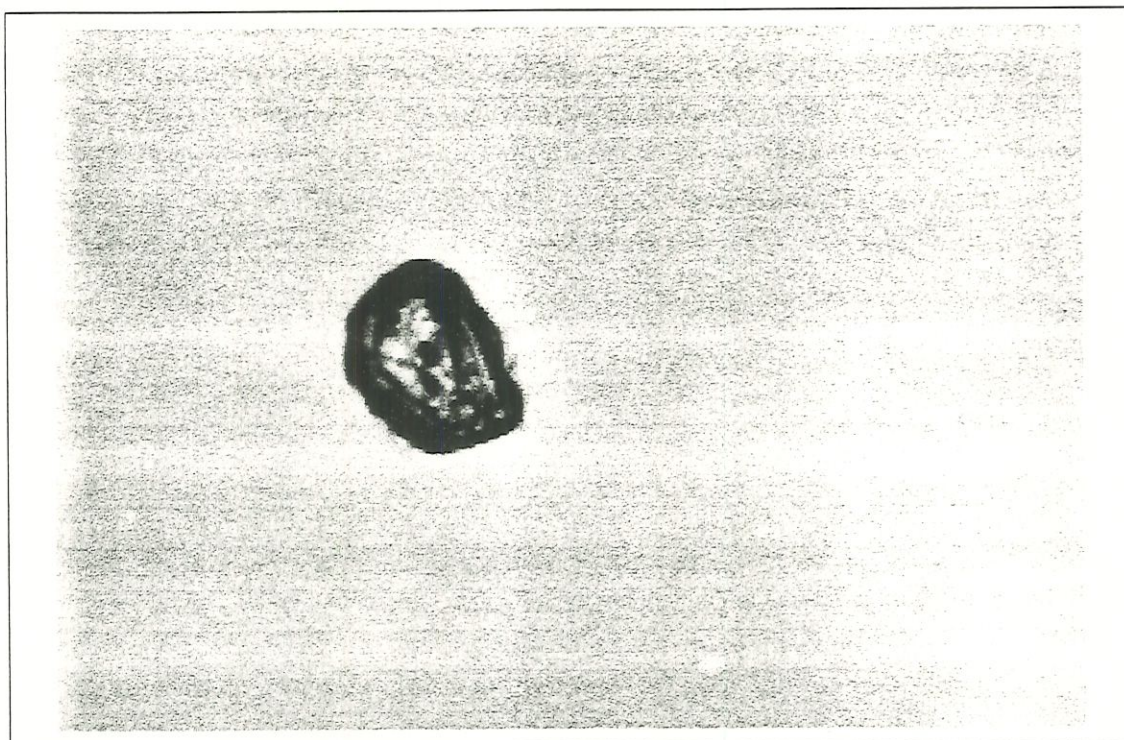


Figura K: Matéria inorgânica.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O trabalho experimental foi desenvolvido entre maio e novembro de 1995, tendo sido realizados quatro carreiras de filtração.

Houve variação, de uma carreira para outra, no número e/ou tipos de mantas sintéticas não tecidas sobrepostas sobre o leito de areia de um dos pré-filtros.

O término de cada carreira de filtração ocorreu quando os pré-filtros atingiram a perda de carga limite.

Na tabela 3 são apresentados os valores das características físicas e químicas da água afluyente e efluente dos pré-filtros em todas as carreiras de filtração:

a) Temperatura - os valores de temperatura registrados para a água do afluyente variaram de um mínimo de 18,5°C a um máximo de 25°C. Os efluentes apresentaram temperatura ligeiramente mais elevadas que a do afluyente (0,5°C a 1,0°C).

b) pH - os valores de pH do afluente e efluente do pré-filtro com manta (PFCM) variaram de 6,4 a 6,8 e no efluente do pré-filtro sem manta (PFSM) de 6,4 a 6,9.

c) Turbidez - para valores de turbidez no afluente entre 7,5 a 100 UT, obteve-se uma turbidez correspondente a 2,7 a 70 UT no efluente do pré-filtro com manta (PFCM) e valores entre 3,5 a 84 UT no efluente do pré-filtro sem manta (PFSM). Elevando-se subitamente a turbidez no afluente, influenciou-se na turbidez dos efluentes, demonstrando a relação direta de dependência do afluente e a dificuldade dos pré-filtros em assimilarem variações significativas, fato também registrado por BRESAOLA (1990).

d) Cor - quanto aos valores de cor aparente para uma variação de 40 a 400 UH no afluente, registrou-se no efluente do pré-filtro com manta (PFCM) de 5 a 100 UH e no efluente do pré-filtro sem manta (PFSM) de 10 a 150 UH. Na remoção da cor aparente, verificou-se também a dependência direta da qualidade do afluente, uma vez que a "elevação súbita dos valores no afluente influi no desempenho das unidades de pré-filtração".

Na distribuição vertical da concentração de clorofila nos leitos de areia dos pré-filtros foram encontradas concentrações não superiores a 30 μg de clorofila/grama areia seca. A distribuição não apresentou padrão definido, conforme mostram as figuras 5,6,7 e 8. O valor apresentado na Figura 5, ao término da primeira carreira de filtração do pré-filtro com manta (PFCM), correspondente à

subcamada 10-25 cm, corresponde também à subcamada 0-10 cm, que se juntaram ao serem coletadas as amostras. A concentração de clorofila foi bastante semelhante, comparando-se os filtros com e sem manta.

Nas tabelas 4, 5, 6 e 7 são apresentadas as concentrações de clorofila extraídas das mantas (quadrados). Observou-se uma concentração média de clorofila variando de 0,189 a 2,067 μg de clorofila/ cm^2 de manta. VARESCHE(1989), observou concentrações mais elevadas nos afluentes e efluentes dos filtros lentos.

Duncan(1988), observou que nos primeiros 05(cinco) dias de amadurecimento dos filtros lentos, há uma maior quantidade de carbono orgânico particulado total (COP) abaixo dos 3 cm, devido à predominância da biomassa bacteriana. Já nos próximos dias, (12 e 25), o carbono orgânico derivado correspondeu a 50 % do total para todas as profundidades, sendo a biomassa algal semelhante à de bactérias. Relata este mesmo autor que grande parte nas características do leito refletem as interações biológicas e que o leito de areia pode também ser colonizado por metazoários, capazes de habitar os interstícios granulares devido ao seu reduzido tamanho.

Em relação à concentração de carbono, conforme representada nas figuras 9, 10, 11 e 12, foram obtidos valores não superiores a 1200 mg de carbono/grama areia seca, com exceção na subcamada 10-25 cm do pré-filtro com manta (PFCM) ao término da segunda carreira de filtração, onde de acordo com a figura 9, este valor extrapola em muito os outros valores obtidos, possivelmente por erro no processamento da amostra.

Para os quadrados de manta foi obtida uma concentração média de carbono variando de 94,05 a 2124,84 mg de carbono/cm² de manta (Tabelas 4,5,6 e 7).

Na caracterização do material particulado por microscopia óptica como "outros", dentro das camadas de areia dos pré-filtros, houve uma predominância de protozoários. Nos interstícios granulares do filtro lento, a presença de milhares de protozoários por cm³ foi registrado por DUNCAN(1988). Os protozoários encontrados em maior número, segundo este autor, foram flagelados, ciliados e amebas. Relata ainda, que os protozoários variam em função da composição dos grãos de areia e também da disposição de alimentos, dependendo de seus hábitos alimentares. Conclui então que características da água bruta e do filtro lento podem favorecer grupos fisiológicos, refletindo na eficiência do sistema de filtração lenta.

Valores de perda de carga, percentuais de remoção (cor aparente, turbidez e partículas), estudo da densidade e distribuição percentual das partículas, caracterização por microscopia óptica do material particulado dentro da camada de areia como também na(s) manta(s), são descritos conforme a realização de cada carreira de filtração por ordem cronológica.

5.2 - PRIMEIRA CARREIRA DE FILTRAÇÃO

Na primeira carreira de filtração, com taxas de 12 m³/m².dia e 24 m³/m².dia, utilizou-se uma manta preta "(M3)1" sobre a camada de areia de um dos

pré-filtros(PFCM). Baseado nos resultados apresentados na Tabela 3, foram calculados os percentuais de remoção de turbidez (56,8% no PFCM e 45,54% PFSM). Para cor aparente os percentuais de remoção foram da ordem de 51,6% (PFCM) e 36,5% (PFSM). Estes valores demonstram uma maior eficiência do PFCM e um melhor desempenho do mesmo em relação ao PFSM, principalmente quando foi aumentada a taxa de filtração.

Quanto ao número e distribuição em tamanho das partículas do afluente e efluentes dos pré-filtros, foram realizadas em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", verificando-se, como se pode observar nas figuras 14 a 27, um decréscimo exponencial no número destas partículas tanto no afluente quanto nos efluentes dos pré-filtros, com o aumento do tamanho das mesmas. Observa-se ainda, que este padrão se mantém ao longo de toda a carreira sem modificações significativas.

Caracterizando as partículas por microscopia óptica e fazendo a distribuição percentual por grama de areia seca e cm^2 de manta, observou-se nos pré-filtros com e sem manta, conforme as figuras 28, 29 e 30, uma predominância de matéria orgânica com bactérias nos leitos de areia e nas mantas. O que foi caracterizado como "outros", é constituído de ovos, algas, protozoários e rotíferos, havendo uma maior incidência de protozoários. Não se observou diferenças importantes na composição qualitativa das partículas no meio granular e nem na manta. Há muita semelhança no material.

Com relação a distribuição percentual do tamanho das partículas determinada através de medições no microscópio observa-se que o material

constituído por agregados de matéria orgânica colonizada por bactérias apresenta na subcamada 10-25 cm, um espectro de tamanho variando de 28,8 μm a 196,18 μm no caso do pré-filtro com manta e de 19,2 μm a 249,6 μm no caso do pré-filtro sem manta (Figuras 31 e 32). Há também grande semelhança na distribuição percentual entre os filtros, observando-se uma tendência à diminuição para partículas acima de 140-150 μm aproximadamente. Na subcamada 25-40 cm (Figuras 43 e 44) a variação do tamanho foi de 14,4 a 427 μm (PFCM) e de 19,2 a 221 μm (PFSM). Já na manta, esta variação foi um pouco maior, de 19,2 a 590,4 μm na face superior e de 14,4 a 290 μm na face inferior (Figuras 56 e 57).

As partículas classificadas como matéria inorgânica também colonizadas por bactérias variaram na subcamada 10-25 cm, de 28,8 μm a 72,0 μm no leito do pré-filtro com manta e de 24,0 μm a 67,2 μm naquele sem manta (Figuras 33 e 34). Observa-se que para ambos há predominância de partículas na faixa entre 28,8 e 52,8 μm em relação àquelas maiores ou menores que esta faixa. Na subcamada 25-40 cm (Figuras 45 e 46) esta variação foi de 19,2 a 57,6 μm e de 19,2 a 52,8 μm , nos pré-filtros com e sem manta respectivamente. A manta (Figuras 58 e 59), apresenta uma variação de 24 a 96 μm na face superior e de 19,2 a 67,2 μm na face inferior. Já os restos vegetais foram pouco frequentes e de tamanhos variáveis na subcamada 10-25 cm (Figuras 35 e 36). Na subcamada 25-40 cm (Figuras 47 e 48) variaram de 28,8 a 48 μm (PFCM) e de 36,6 a 62,4 μm (PFSM). Na manta, o tamanho variou de 36,6 a 153,6 μm na face superior e de 43,2 a 105,6 na face inferior (Figuras 60 e 61).

As partículas inorgânicas sem colonização por bactérias (como grânulos de areia limpos) ocorreram em tamanhos menores, tanto no pré-filtro com manta quanto naquele sem manta, na subcamada 10-25 cm. Os tamanhos variaram de 9,6 μm a 28,8 μm (Figuras 37 e 38), com predominância de partículas com 19,2 μm de maior dimensão linear. Variação de 4,8 a 28,8 μm (PFCM) e de 9,6 a 24,0 μm (PFSM) na subcamada 25-40 cm (Figuras 50 e 51) e na manta (Figuras 64 e 64) variação de 4,8 a 28,8 μm na face superior e de 4,8 a 19,2 μm na face inferior. A manta apresenta também partículas caracterizadas como restos animais nos tamanhos de 62,4 e 67,2 μm na face superior e 86,4 e 153,6 na face inferior (Figuras 62 e 63).

Com relação aos organismos vivos, os fungos aquáticos foram raros e de tamanhos variados, com ocorrência de apenas uma classe de tamanho no pré-filtro com manta e de duas classes de tamanho no pré-filtro sem manta da subcamada 10-25 cm (Figuras 39 e 40). Na subcamada 25-40 cm variaram de 43,2 a 336 μm no PFCM e apresentaram apenas duas classes de tamanho com 52,8 e 120 μm no PFSM (Figuras 52 e 53). Na face superior da manta esta variação foi de 9,6 a 292,8 μm e de 4,8 a 307,2 μm na face inferior (Figuras 66 e 67). Um conjunto de organismos vivos, os quais englobam desde ovos (possivelmente de nemátodos) até protozoários, algas e rotíferos ocorreram em tamanhos que variaram de 14,4 até 456,0 μm na subcamada 10-25 cm (Figuras 41 e 42); de 12 a 148,8 μm na subcamada 25-40 cm (Figuras 54 e 55) e de 14,4 a 43,2 μm na manta (Figura 68 e 69).

5.3 - SEGUNDA CARREIRA DE FILTRAÇÃO

A segunda carreira de filtração foi realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e utilização de duas mantas pretas "(M3)1" e "(M3)2" sobre o leito de areia de um dos pré-filtros (PFCM). O pré-filtro sem as mantas (PFSM), atingiu a perda de carga limite bem mais rapidamente, resultando numa duração de carreira extremamente curta de apenas quatro dias. O desempenho do pré-filtro com manta em relação a duração da carreira foi muito maior neste caso, com 19 dias (Figura 70). A remoção de turbidez foi da ordem de 66,2 % para o PFCM e 57,5 % para o PFSM. A remoção de cor aparente no PFCM e no PFSM foram de 65,4 % e 44,0 % respectivamente. Estes valores mostram uma melhor eficiência de remoção do PFCM (Tabela 3).

Houve também um decréscimo exponencial na densidade das partículas conforme as figuras 71 a 75, demonstrando um desempenho bem melhor do PFCM na remoção de partículas em relação ao PFSM. A densidade de partículas foi semelhante aquela da primeira carreira de filtração.

Na caracterização das amostras por microscopia óptica observa-se também nesta segunda carreira de filtração uma predominância de matéria orgânica com bactérias tanto no leito de areia dos pré-filtros com e sem manta, quanto nas mantas (Figuras 76 a 79).

A análise qualitativa das partículas de acordo com as categorias estabelecidas (matéria orgânica com bactérias, matéria inorgânica com bactérias, restos vegetais, fungos, etc.) evidencia nesta segunda carreira uma maior pobreza. Na subcamada de 0-10 cm do leito de areia do pré-filtro com manta

ocorreram apenas algas na categoria outros, enquanto no pré-filtro sem manta esta categoria não foi encontrada, assim como os fungos, os quais estiveram também ausentes (Figura 76). O mesmo se observa para a subcamada inferior de 10-25 cm de profundidade (Figura 77). Na subcamada 25-40 cm houve predominância de partículas formadas por matéria orgânica e bactérias (Figura 78). Com relação as mantas, a caracterização microscópica revelou que houve uma maioria absoluta dos aglomerados de matéria orgânica com bactérias em todas as faces das mantas, seguidas de matéria inorgânica com bactérias em abundância bastante mais baixa e uma contribuição extremamente pequena de outros tipos de partículas (Figura 79).

Com relação à distribuição do tamanho das partículas examinadas sob microscópio, observa-se pelas figuras 98 e 99, que os aglomerados de matéria orgânica com bactérias provenientes do leito de areia estão predominantemente na faixa de tamanho de 28,8 a 62,4 μm no pré-filtro com manta e entre 19,2 a 72,0 μm no pré-filtro sem manta na camada de areia do leito filtrante entre 25 a 40 cm de profundidade.

Nas mantas há também um predomínio dos aglomerados de menor tamanho, especialmente na faixa de 28,8 a 38,4 μm de tamanho, como pode ser observado nas figuras 109 a 122.

Quanto às demais categorias de partícula, a distribuição das faixas de tamanho dos diferentes tipos de partículas na segunda carreira, evidenciam partículas menores em geral (Figuras 80 a 97, 100 a 108). Excetuando-se a matéria orgânica, para as demais categorias verifica-se que estas não ultrapassam os 100,0 μm . Este resultado pode ser

observado tanto no leito de areia do meio filtrante, quanto nas mantas.

5.4 - TERCEIRA CARREIRA DE FILTRAÇÃO

Na terceira carreira de filtração, também operada com taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, utilizou-se duas mantas sobrepostas sobre o leito de areia de um dos pré-filtros (PFCM), sendo uma preta "(M3)1" e uma branca "(M5)1". Observa-se uma alta eficiência de remoção de partículas, a qual variou entre 50 e 70 % nos primeiros 08 dias, com tendência crescente durante todo o período entre 70 e 90 % do 8^o ao 18^o dias, particularmente no filtro com manta, que apresentou maior duração da carreira de filtração (Fig. 123). Além disso, a análise da distribuição de partículas pelo Coulter-Counter (Figuras 124 a 129) indica um espectro similar ao observado anteriormente nas outras carreiras.

As partículas encontradas na análise microscópica foram predominantemente os aglomerados de matéria orgânica com bactérias. Os organismos vivos, excetuando-se as bactérias, estiveram presentes apenas na subcamada 10-25 cm e nas mantas (Figuras 130 a 133).

Com relação à distribuição em tamanho das partículas analisadas sob microscópio, observa-se o predomínio, na subcamada 0-10 cm, das partículas com tamanho inferior a $100,0 \mu\text{m}$ (Figuras 134 a 137) excetuando-se os restos de matéria vegetal que foram maiores que $100,0 \mu\text{m}$ mas que ocorrem em densidade muito baixa. Este tipo de partículas não ocorreu na subcamada de 0-10 cm de profundidade no leito, mas esteve presente nas

outras profundidades e nas partículas acumuladas nas mantas (Figuras 138 a 164). Interessante observar que na categoria "outros", registrou-se protozoários para todas as faces das duas mantas, sendo que na face inferior da manta branca registrou ainda carapaça de rotífero (Figuras 165 a 167).

5.5 - QUARTA CARREIRA DE FILTRAÇÃO

Nesta carreira operada com taxa de filtração de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e mantas similares à anterior, a água afluyente, conforme mostra a Tabela 3, apresentava turbidez e cor relativamente elevadas (turbidez de 16 a 25 UT e cor de 75 a 100 UH). Como nas anteriores, o desempenho do pré-filtro com manta (PFCM) em relação a duração da carreira foi maior (Figura 168).

A densidade e distribuição do tamanho das partículas no afluyente e efluentes dos pré-filtros foi também similar à observadas nas carreiras anteriores, como indica a contagem de partículas através do Coulter-Counter (Figuras 169 a 173). A caracterização qualitativa das partículas sob microscópio, evidenciou novamente o predomínio dos aglomerados de matéria orgânica com bactérias nas diferentes subcamadas do leito de areia e também nas mantas (Figuras 174 a 177).

A análise da distribuição do tamanho destas partículas indica a predominância das mesmas na faixa de $24,0$ a $57,6 \mu\text{m}$ nos pré-filtros com manta e de $24,0$ a $57,6 \mu\text{m}$ nos pré-filtros sem manta, como também nas mantas (Figuras 178 a 203).

6 - CONCLUSÕES

Com base no trabalho experimental realizado, conclui-se que:

- a) O pré-filtro com mantas sintéticas, é mais eficiente na remoção de turbidez e cor aparente do que aquele sem mantas, contribuindo para a melhoria da qualidade da água efluente.
- b) O uso de mantas sintéticas, simples ou combinadas, viabiliza uma maior taxa de filtração nos pré-filtros, como também uma maior duração da carreira de filtração.
- c) As partículas existentes tanto no afluente quanto nos efluentes dos pré-filtros, são predominantemente de pequeno tamanho, na faixa de 1 a 3 μm , ocorrendo um decréscimo exponencial no número de partículas com o aumento do tamanho das mesmas.
- d) Não há diferenças importantes na composição qualitativa das partículas retidas nos interstícios do meio granular e nem nas mantas dos pré-filtros.

- e) Nos leitos de areia dos pré-filtros com e sem manta, bem como nas próprias mantas, caracterizados microscopicamente houve predominância de aglomerados de matéria orgânica com bactérias.
- f) A análise da distribuição das faixas de tamanho dos diferentes tipos de partículas caracterizadas sob microscópio, evidenciam a predominância de partículas menores em geral, com maior ocorrência na faixa de 24 um a 58 μm .
- g) Dentre os organismos vivos presentes nos pré-filtros, as algas, os protozoários e os rotíferos foram os mais frequentes tanto nas mantas quanto no meio granular.

7. RECOMENDAÇÕES

- a) Recomenda-se o estudo da caracterização de partículas em função da sazonalidade.

- b) Recomenda-se a utilização de outras combinações de mantas visando uma maior otimização do sistema.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGIO, C.E.G. Estudo qualitativo e quantitativo da comunidade biótica presente em um sistema de pré-filtração e de filtração lenta em areia. São Carlos, 1990. /Monografia de Bacharel do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos/

AGGIO, C.E.G. A comunidade biótica dos filtros lentos de areia da estação piloto do SHS - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 1993. 205 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BRESAOLA, R. J. Estudos comparativos do desempenho de sistemas constituídos de Pré-filtros de pedregulho - Filtro lento de areia para tratamento de água de abastecimento. São Carlos, 1990. 313p. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CALIJURI, M.C. Respostas fisiocológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização. São Carlos, 1988. 293p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.



- CARRION, J.M.P. et al. Informe Preliminar de la Investigación sobre Pré-filtros de Grava. Lima, 1985. CEPIS-OPS, Lima, Peru.
- DI BERNARDO, L. Teoria da filtração. Revista DAE, n.123, p.49-68, 1980.
- DI BERNARDO, L.; NEVES I.F. Remoção de microrganismos na filtração lenta de águas de abastecimento. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 20., Guatemala, 1986. Anais. s.n.t.
- DI BERNARDO, L. Filtração lenta e pré-filtração de águas de abastecimento. São Carlos, EESC-USP, 1989. /Apostila/
- DI BERNARDO, L.; COLLAZOS, A.E.P. Comparação entre a pré-filtração de pedregulho e areia grossa com fluxo ascendente e fluxo descendente como pré-tratamento da filtração lenta. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 4; Belo Horizonte, 1990. Anais. Belo Horizonte, ABES/APRH, 1990.
- DI BERNARDO, L.; ROCHA, O.; AGGIO, C.E.G. Remoção de algas em pré-filtro de fluxo ascendente com meio granular de pedregulho e areia grossa. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 4.; Belo Horizonte, 1990. Anais. Belo Horizonte, ABES/APRH, 1990.

- DI BERNARDO, L.; GRAHAM, N.J.D.; PATERNIANI, J.E.
Caracterização de mantas sintéticas não tecidas utilizadas na filtração lenta de águas de abastecimento. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 23., San Juan, 1990. Anais. s.n.t..
- DI BERNARDO, L.; PATERNIANI, J.E.; GRAHAM, N.J.D.
Investigação experimental sobre o desempenho de mantas sintéticas na filtração lenta de águas de abastecimento. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 23., San Juan, 1990. Anais. s.n.t..
- DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro, ABES, 1993. 2v.
- DUNCAN, A The Ecology of Slow Sand Filters. In: GRAHAM, N.J.D. (Ed.), Slow Sand Filtration: Recent Developments in Water Treatment Technology, Chichester, Ellis Horwood Limited, 1988, 413 p.
- FOX, K.R. et al. Pilot-plant studies of slow-rate filtration. Journal of the American Water Works Association, v.76, n.12, p.62-68, 1984.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical & chemical analysis of fresh waters. Oxford, Blackwell Scientific, 1978. 215p. (IBP Handbook, 8).

- HUISMAN, L. Slow Sand Filtration: Research and Demonstration Project on Slow Sand Filtration. Reprinted for The All AIDIS Congress Health in Panama.
- HUISMAN, L.; SSUNDARESAN, B. B.; AZEVEDO NETO, J. M.; LANOIX, J. N. & HOFXES, E. H. (Eds.) Small Community Water Supplies - Technology of Small Water Suplly Systems in Developing Countries, International Reference Centre for Community Water Suplly and Saniation - WHO Collaborating Centre, Technical Papaer Series 18, 1986. 442p.
- IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA), 1994. Anuário Estatístico Brasileiro. In: Brasil, 500 anos. Revista Caras, 1997.
- MBWETTE, T.S.A.; GRAHAM, N.J.D. Pilot plant evolution of fabric-protected slow sand filters. In: GRAHAM, N.J.D. , ed. Slow sand filtration: recent development in water treatment technology. Chichester, England, Ellis Horwood , 1988.
- NOGUEIRA, M.G. Dinâmica das populações planctônicas e fatores físico-químicos da represa do Monjolinho - São Carlos -SP. São Carlos, 1990. 244 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidades de São Paulo.
- PATERNIANI, J.E.S. Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento. São Carlos, 1991. 245p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

POCASANGRE, A.E.A.C. Pré-filtração em pedregulho e areia grossa de fluxo ascendente e fluxo descendente como pré-tratamento de filtros lentos de areia. São Carlos, 1990. 170p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RIVERA VALENZUELA, M.G. Estudo do desempenho de uma instalação de pré-filtração e filtração lenta com mantas para o tratamento de águas de abastecimento. São Carlos, 1991. 290p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RUGNO, O.R. Pré-filtração em pedregulho para filtros lentos de areia. São Carlos, 1988. 102p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 18.ed. New York, AWWA / WEF , 1992.

SLEZAK, L.A.; SLIMS, R.C. The application and effectiveness of slow sand filtration in the United States. Journal of the American Water Works Association, v.76, n.12, p.38-43, 1984.

VARESCHE, M.B.A. Estudo sobre a interferência de algas no sistema de filtração lenta em areia. São Carlos, 1989. 2v. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

	Mantas Utilizadas	Taxa de Filtração (m³/m².dia)	Duração da Carreira (dias)	TURBIDEZ (Ut)			COR (UH)			TEMPERATURA (°C)			pH		
				AFLUENTE	EPFCM	EPFSM	AFLUENTE	EPFCM	EPFSM	AFLUENTE	EPFCM	EPFSM	AFLUENTE	EPFCM	EPFSM
Primeira carreira de filtração	1 preta "(M3)1"	1 2	2	63	14	19	150	50	65	20	19	19	6,7	6,8	6,8
			4	21	9	11	65	35	45	19,5	19	19	6,8	6,8	6,8
			10	18	11	15	50	30	40	19	19,5	19,5	6,4	6,4	6,4
			12	16	5,9	7,5	40	20	30	19	20	20	6,5	6,5	6,5
			15	13	5,7	6,8	40	20	30	19,5	20	20	6,5	6,5	6,5
			19	13	4,9	5,5	50	30	30	19	20	20	6,4	6,4	6,4
	1 preta "(M3)1"	24	24	16	7,2	6,9	50	30	40	18,5	18,5	18,5	6,5	6,5	6,5
			26	14	5,2	6,4	50	30	40	19	19,5	19,5	6,5	6,6	6,5
			29	15	5,1	5,3	60	30	40	19	19	19	6,3	6,6	6,6
			30	13	4,7	5,9	50	30	40	19,5	20	20	6,8	6,8	6,8
			31	19	5,9	16	55	30	45	20,5	21	21	6,7	6,7	6,7
			36	13	4,8	5,9	40	15	20	19,5	20	20	6,8	6,8	6,8
			38	38	24	28	125	80	90	20	20,5	20,5	6,6	6,6	6,6
			40	72	28	46	200	80	100	20	21	21	6,7	6,7	6,7
			43	100	70	84	400	100	150	20	20	20	6,7	6,8	6,8
			45	65	37	43	150	100	100	20	20	20	6,8	6,8	6,8
			50	14	5,2	6,2	50	5	10	21	21,5	21,5	6,6	6,6	6,6
			51	14	5,4	6	55	20	30	21	22	22	6,6	6,6	6,6
			53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segunda carreira de filtração	2 pretas "(M3)1" e "(M3)2"	24	2	15	5,6	6,4	70	30	40	21	22	22	6,6	6,6	6,6
			6	14	4	5,9	55	15	30	21	22	22	6,7	6,7	6,6
			13	8,9	3,5		50	10		21	21		6,7	6,7	
			15	8,6	3,4		40	13		21,5	22		6,8	6,8	
			19	36	8,5		150	75		22	22,5		6,7	6,7	
Terceira carreira de filtração	1 preta "(M3)1" e 1 branca "(M5)1"	24	1	8	5,5	5,9	45	30	30	20	20,5	21	6,8	6,9	6,8
			2	9	5,9	6,4	55	25	25	22,5	23	23	6,6	6,6	6,6
			5	7,8	3,4	4	45	18	25	22	21	21	6,6	6,6	6,6
			8	7,5	3,2	4,9	40	13	15	20,5	20	20	6,6	6,6	6,6
	12		8,5	2,7	3,5	45	10	15	20	19,5	19,5	6,7	6,6	6,7	
	13		68	16	27	300	100	150	22,5	23	23	6,7	6,6	6,7	
	18		32	7		150	30		22	22		6,7	6,9	6,7	
Quarta carreira de filtração	1 preta "(M3)1" e 1 branca "(M5)1"	24	3	25	14	16	110	50	65	24	24	24	6,6	6,6	6,6
			7	18	4,3	5,9	100	30	35	23	23	23	6,7	6,8	6,8
			10	17	3,3	4,8	100	30	35	24	24	24	6,7	6,8	6,8
			11	17	4,8	4,8	100	30	35	25	23,5	24	6,7	6,7	6,7
			12	16	3,1		75	20		23,5	23		6,8	6,9	6,7

TABELA 3 : Variáveis físicas e químicas do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), durante as respectivas carreiras de filtração.

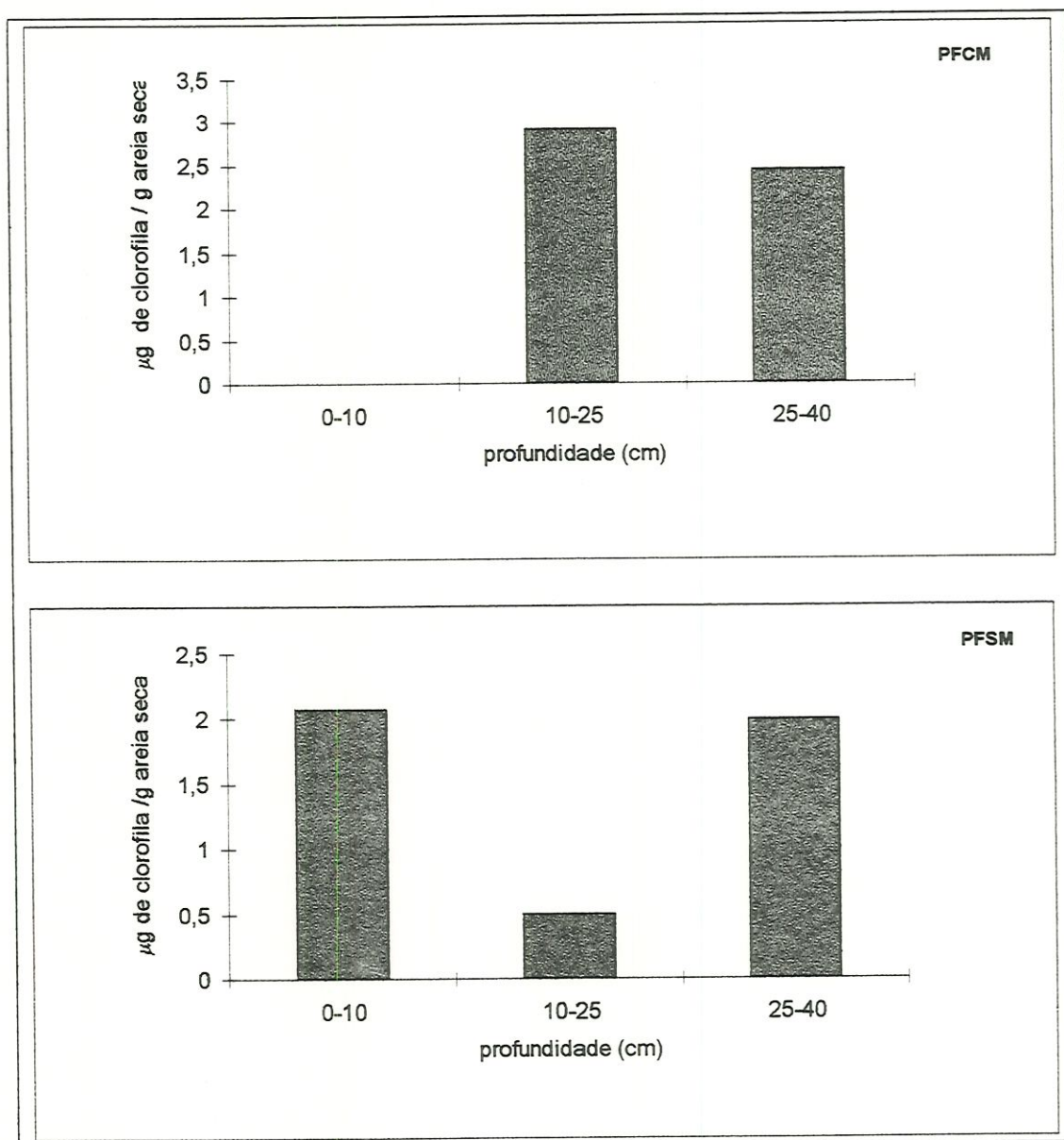


FIGURA 5: Distribuição vertical da concentração de clorofila nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM).
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

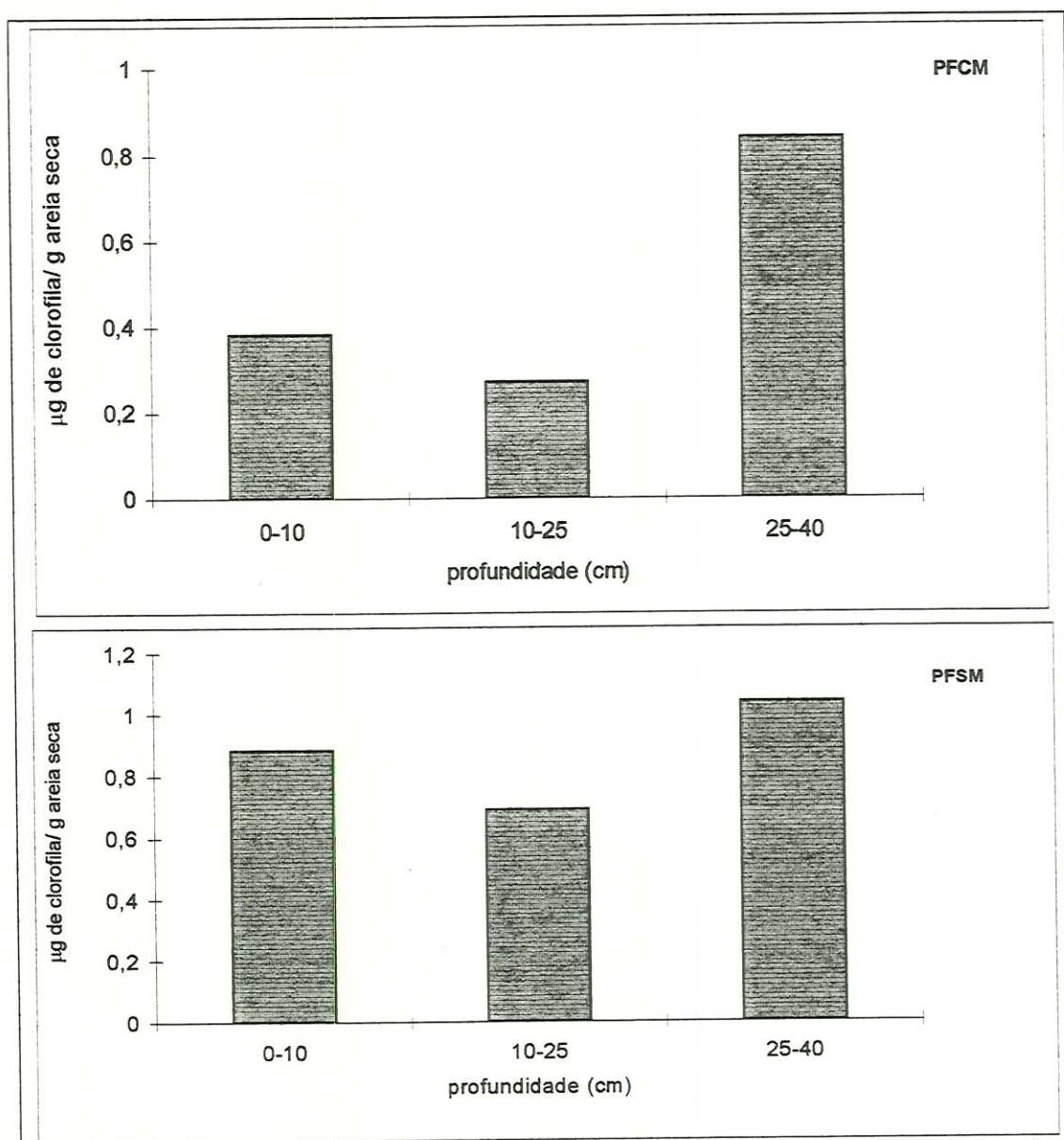


FIGURA 6: Distribuição vertical da concentração de clorofila nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM). Segunda carreira de filtração. Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

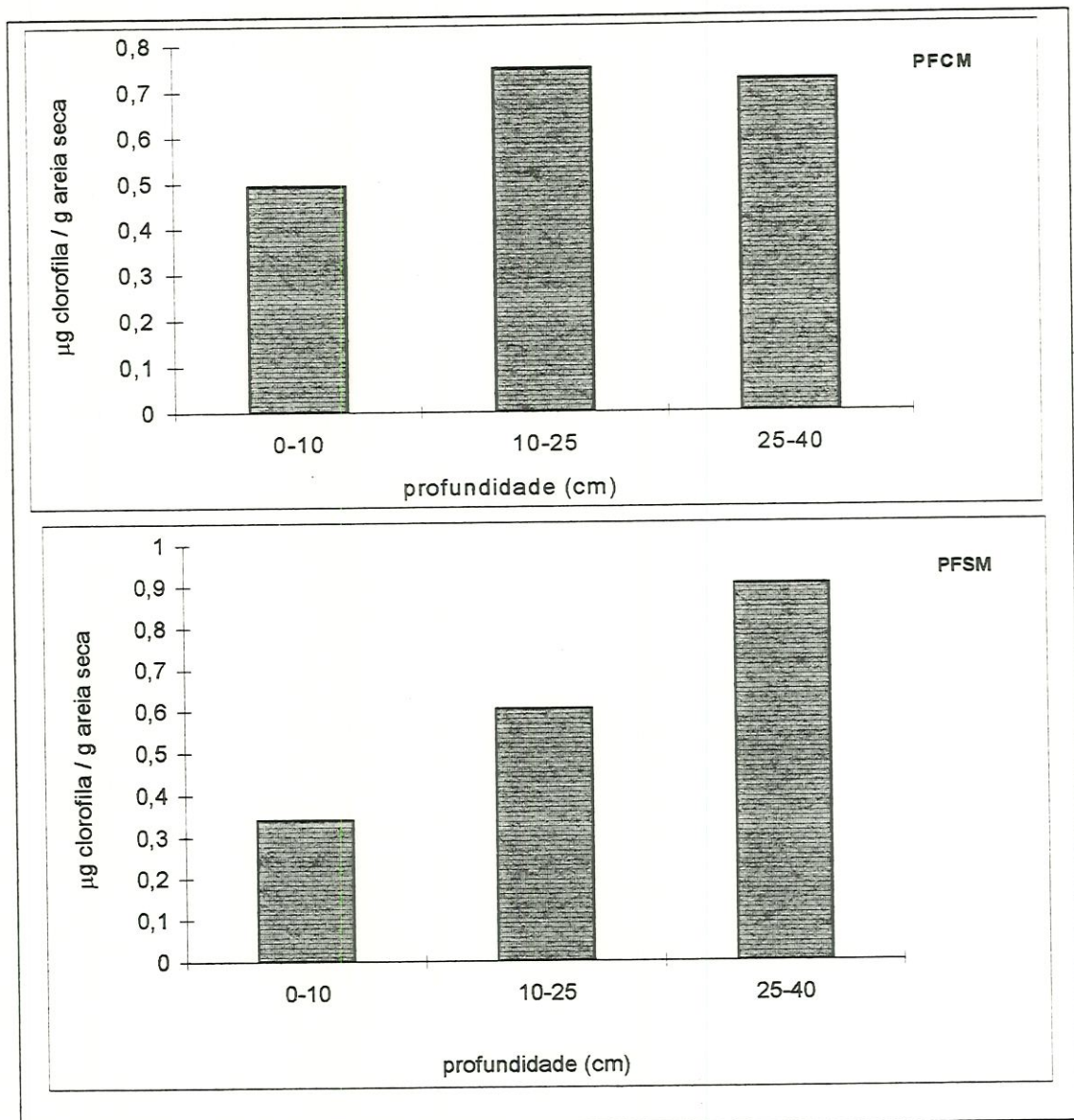


FIGURA 7: Distribuição vertical da concentração de clorofila nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM).
Terceira carreira de filtração.
Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

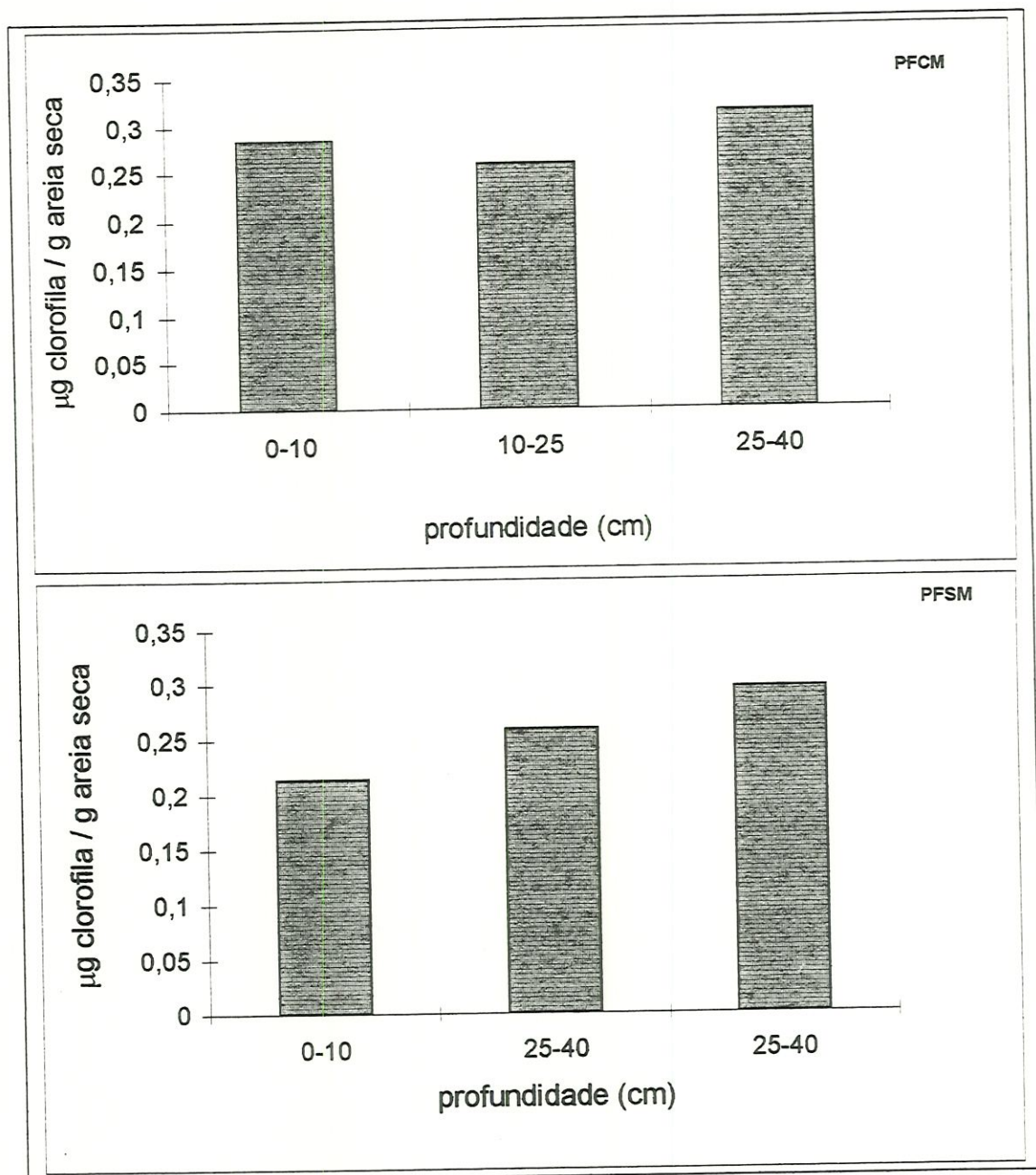


FIGURA 8: Distribuição vertical da concentração de clorofila nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM).
Quarta carreira de filtração.
Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

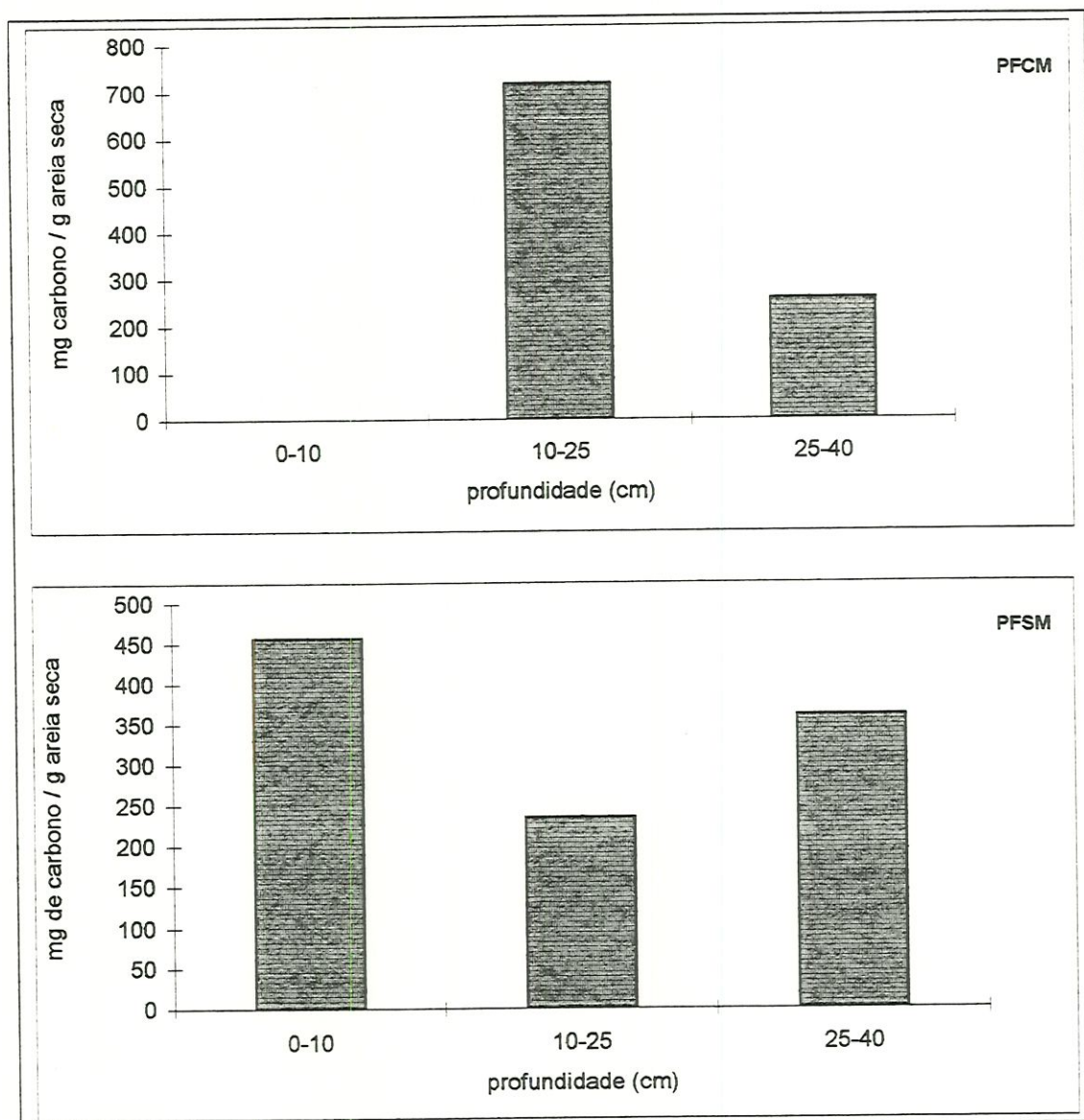


FIGURA 9: Distribuição vertical da concentração de carbono nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM).
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

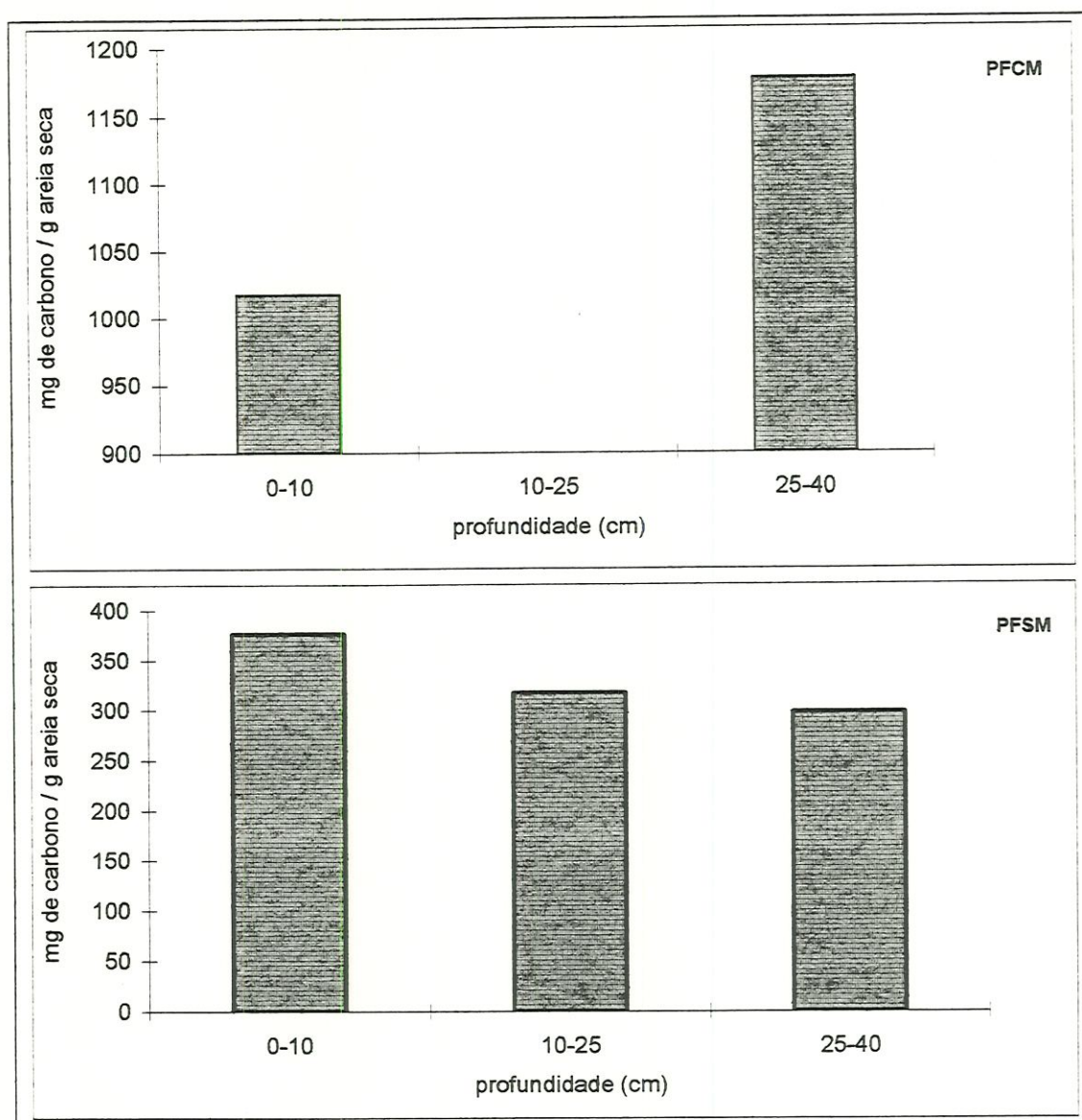


FIGURA 10: Distribuição vertical da concentração de carbono nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM). Segunda carreira de filtração. Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

Manta	Manta Preta (M3) 1			
	Face Inferior		Face Superior	
	A	A'	A	A'
Concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	1,078	1,048	0,908	0,851
Média	1,063		0,879	
Concentração de carbono (mg/cm^2)	567,82	376,06	351,20	342,68
Média	471,94		346,94	

TABELA 4: Concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e de carbono (mg/cm^2) na manta de pré-filtro ao final da primeira carreira de filtração operada com as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

Mantas	Manta Preta (M3) 1		Manta Preta (M3) 2			
	Face Inferior		Face Inferior		Face Superior	
	A	A'	A	A'	A	A'
Concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	2,046	1,888	2,548	1,586	1,853	0,738
Média	1,967		2,067		1,295	
Concentração de carbono (mg/cm^2)	289,74	260,73	261,44	260,31	1287,00	2962,69
Média	275,23		260,87		2124,84	

TABELA 5: Concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e de carbono (mg/cm^2) nas mantas pré-filtro ao final da segunda carreira de filtração operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

Mantas	Manta Preta (M3) 1		Manta Branca (M5) 1			
	Face Inferior		Face Inferior		Face Superior	
	A	A'	A	A'	A	A'
Concentração de clorofila ($\mu\text{grama}/\text{cm}^2$)	1,011	0,976	0,315	0,369	0,447	0,529
Média	0,9935		0,342		0,488	
Concentração de carbono (mg/cm^2)	318,16	194,80	512,51	345,54	151,17	448,71
Média	256,48		429,02		299,94	

TABELA 6: Concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e de carbono (mg/cm^2) nas mantas pré-filtro ao final da terceira carreira de filtração operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

Mantas	Manta Preta (M3) 1		Manta Branca (M5) 1			
	Face Inferior		Face Inferior		Face Superior	
	A	A'	A	A'	A	A'
Concentração de clorofila ($\mu\text{grama}/\text{cm}^2$)	0,185	0,194	0,142	0,404	0,112	0,318
Média	0,189		0,273		0,215	
Concentração de carbono (mg/cm^2)	224,35	157,76	100,52	87,58	143,29	98,80
Média	191,05		94,05		121,04	

TABELA 7: Concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e de carbono (mg/cm^2) nas mantas pré-filtro ao final da quarta carreira de filtração operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

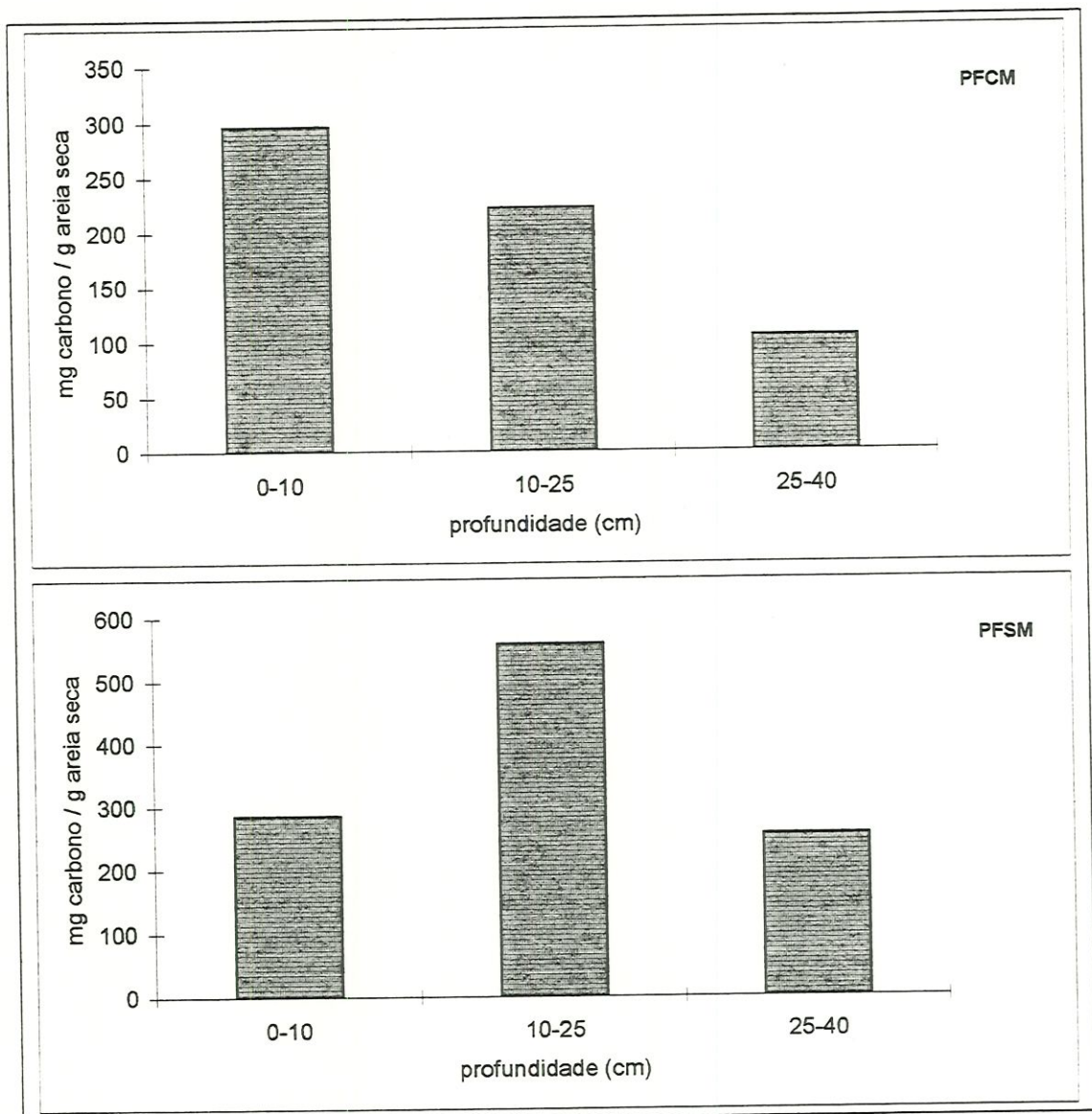


FIGURA 11: Distribuição vertical da concentração de carbono nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM).
Terceira carreira de filtração.
Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

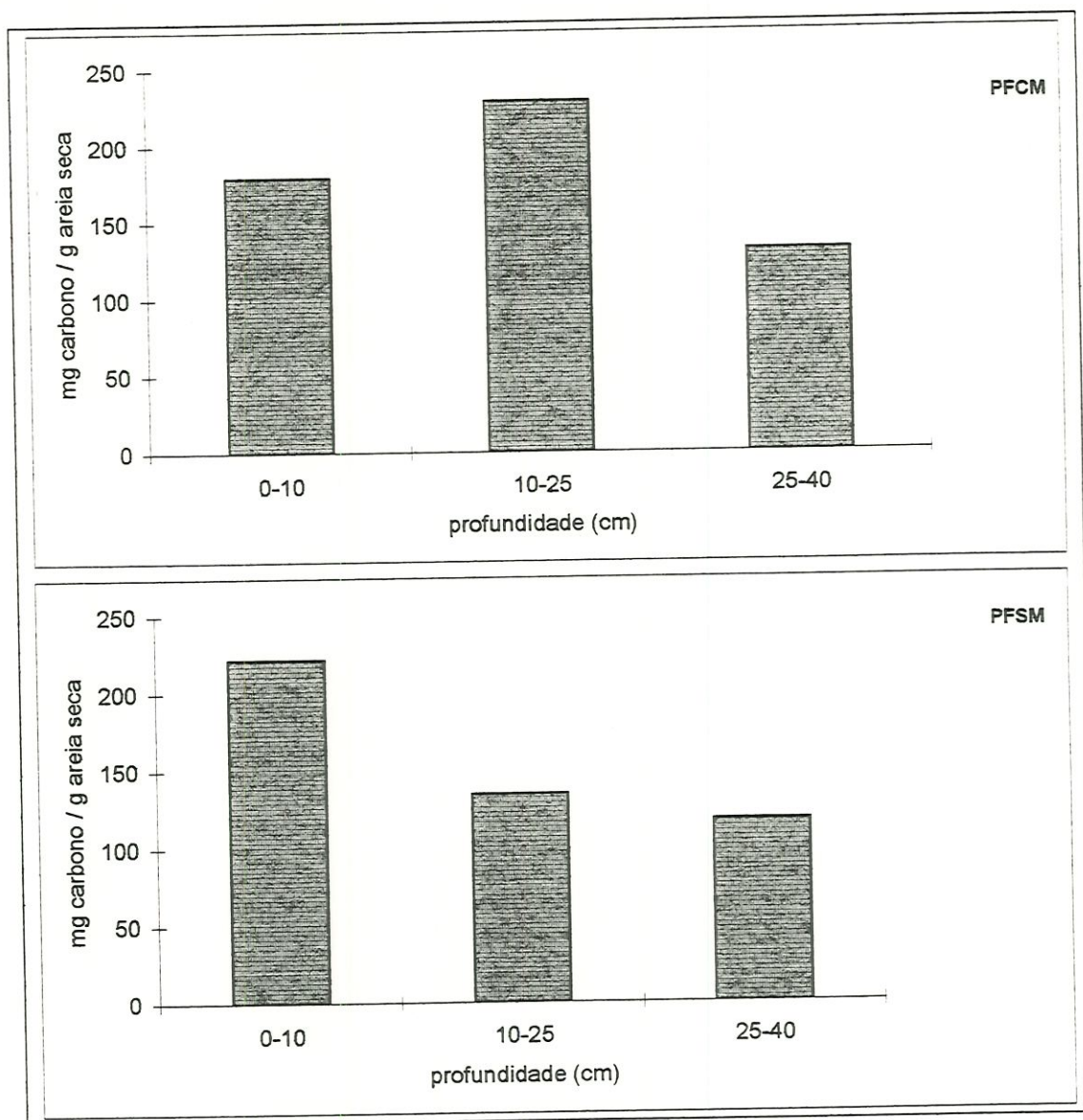


FIGURA 12: Distribuição vertical da concentração de carbono nos leitos de areia do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM).
Quarta carreira de filtração.
Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$

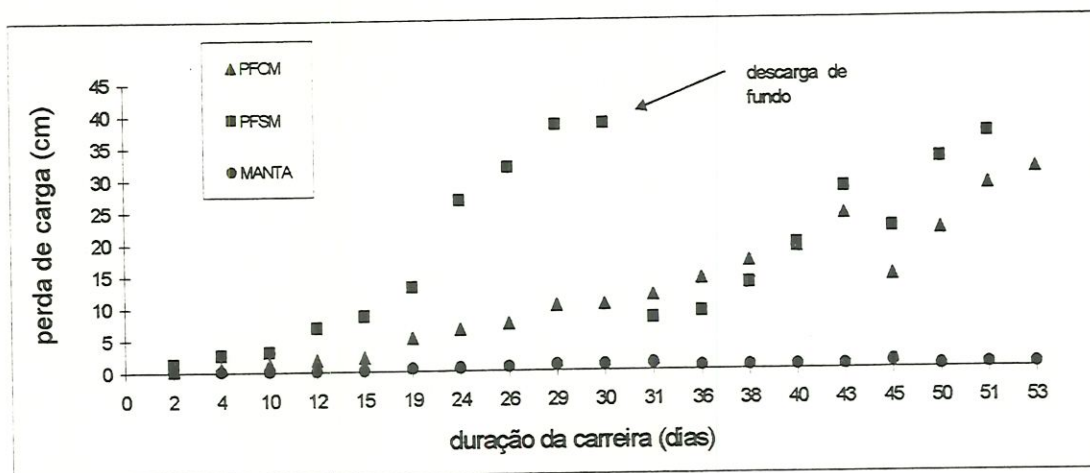


FIGURA 13: Perda de carga nos pré-filtro com manta (PFCM), pré-filtro sem manta (PFSM) e na manta durante a primeira carreira de filtração operada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (até o 18^{o} dia) e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (19^{o} dia em diante)

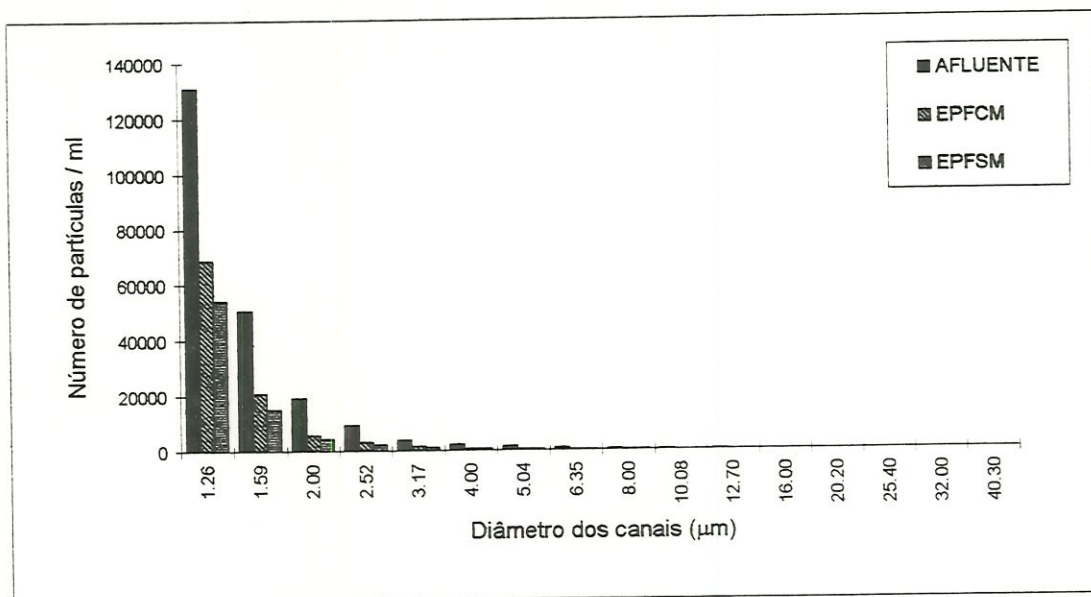


FIGURA 14: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml, do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

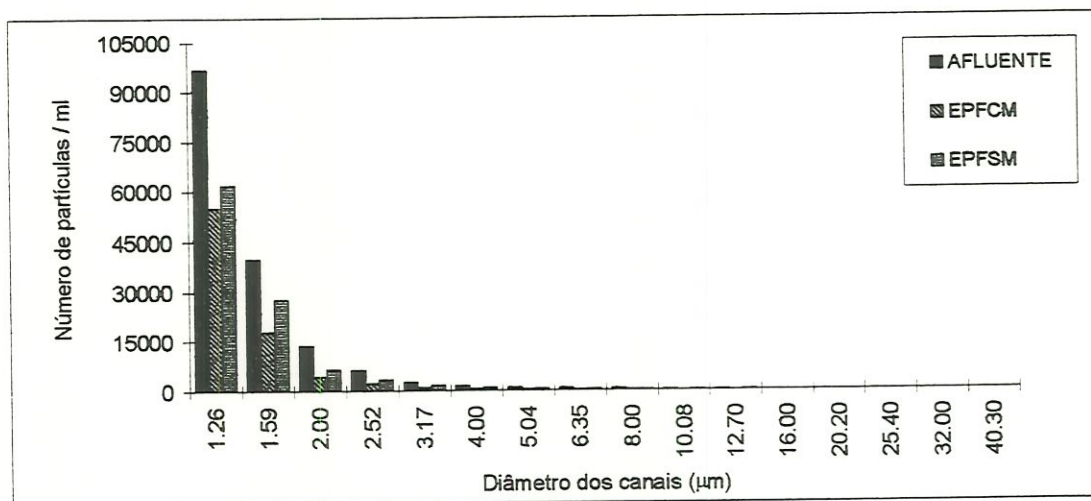


FIGURA 15: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml, do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

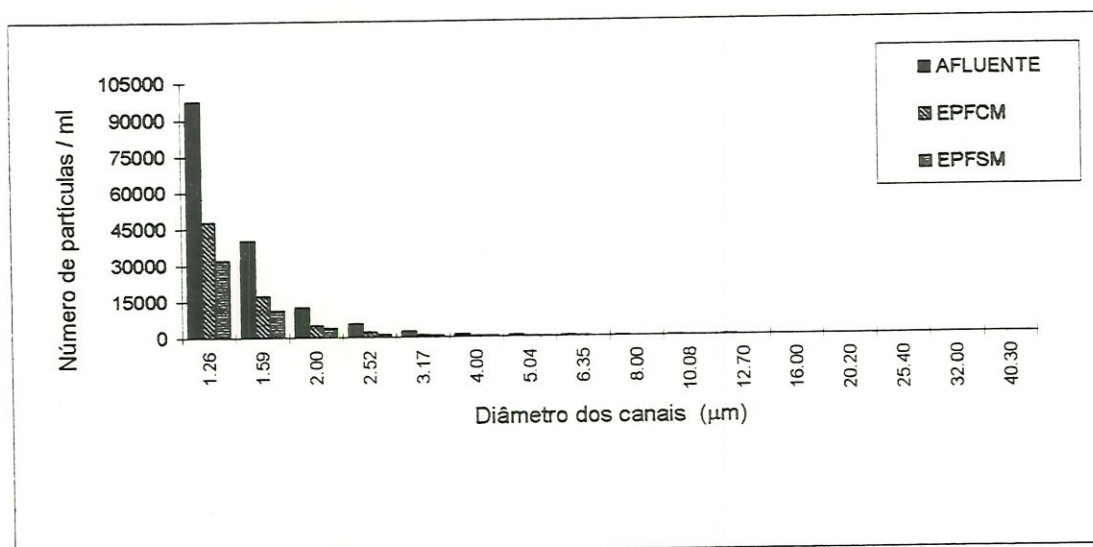


FIGURA 16: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml, do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta(EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em mm. Primeira carreira de filtração. Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

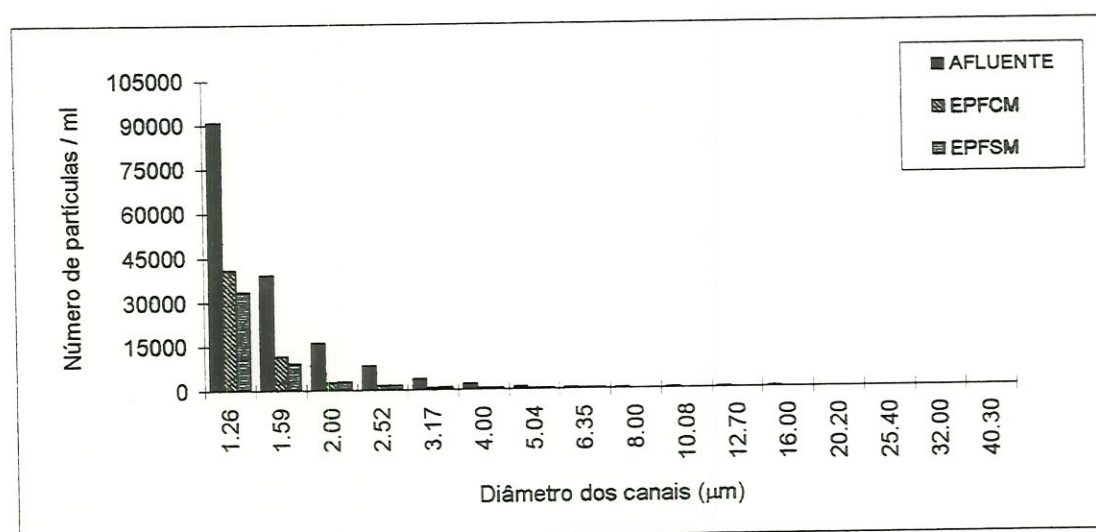


FIGURA 17: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml, do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta(EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em µm. Primeira carreira de filtração. Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

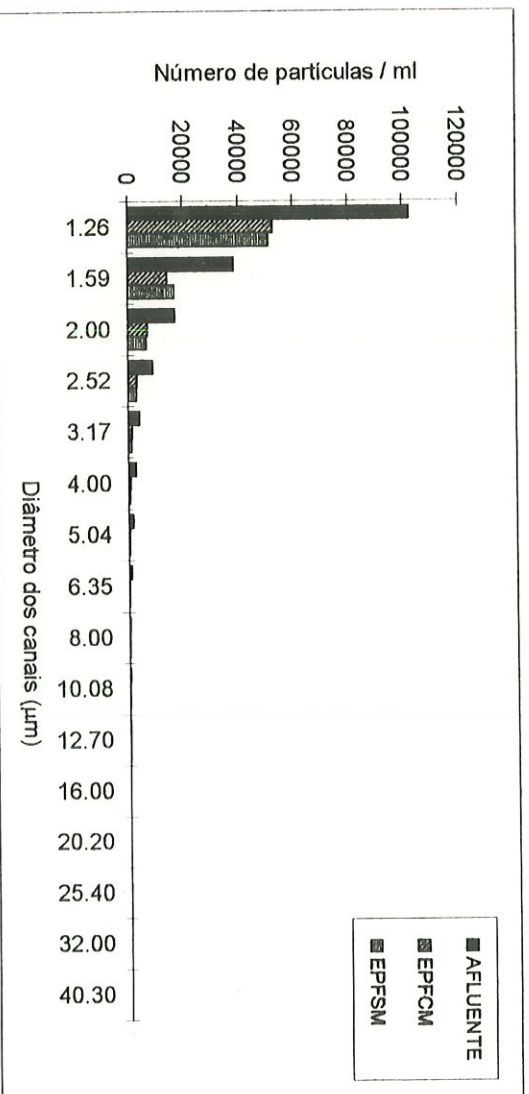


FIGURA 18: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml, do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em µm. Primeira carreira de filtração. Taxas: 12 m³/m².dia e 24 m³/m².dia.

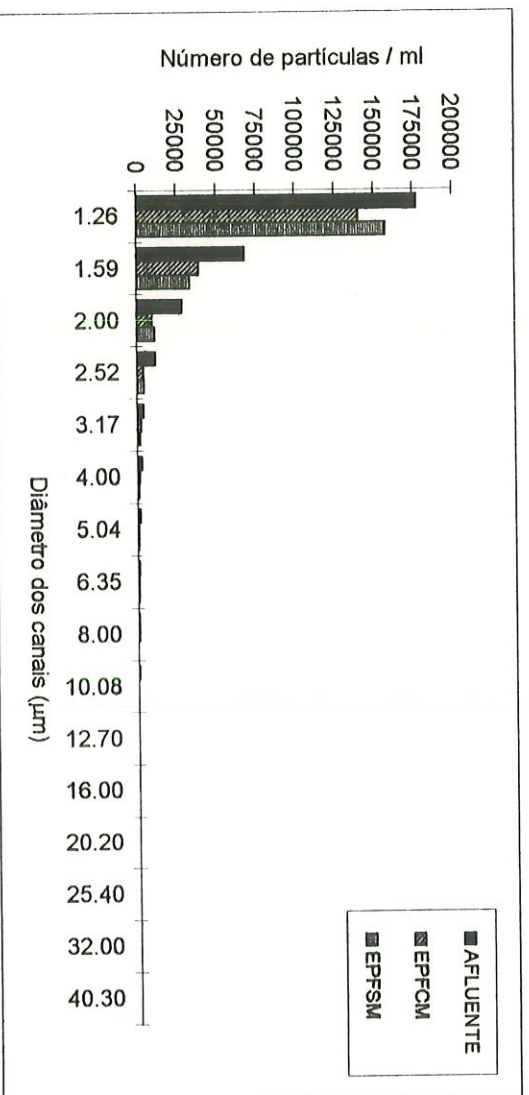


FIGURA 19: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml, do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em µm. Primeira carreira de filtração. Taxas: 12 m³/m².dia e 24 m³/m².dia.

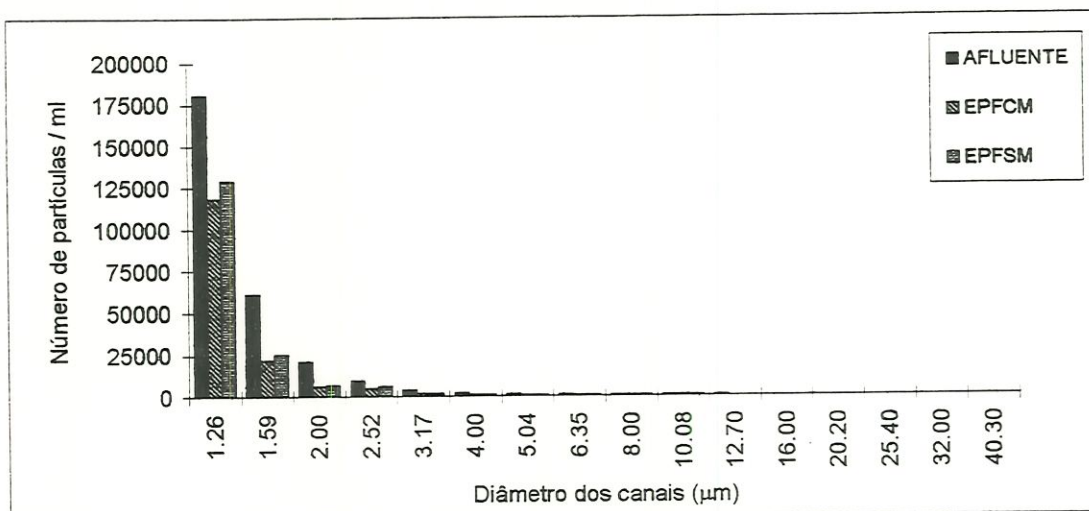


FIGURA 20: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

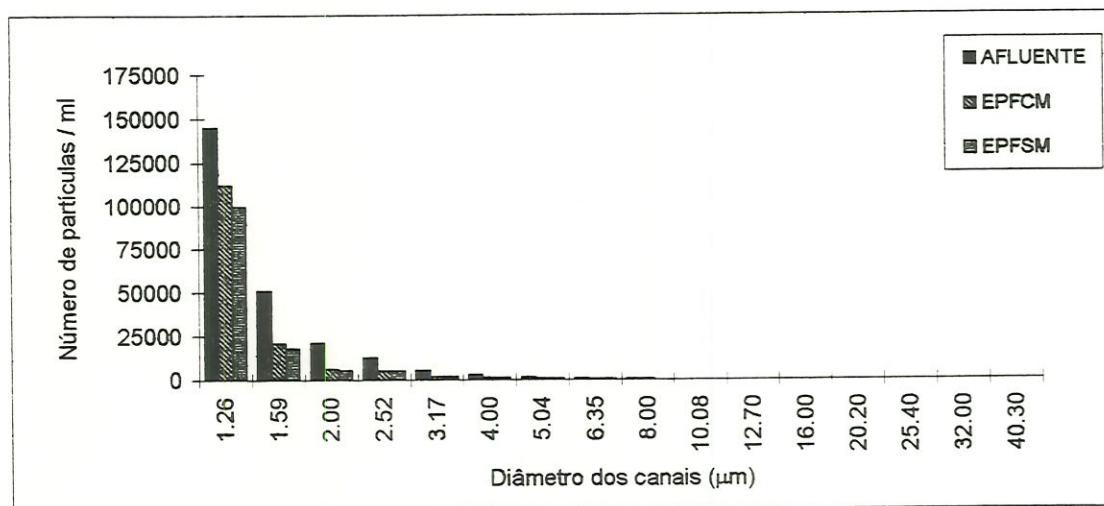


FIGURA 21: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

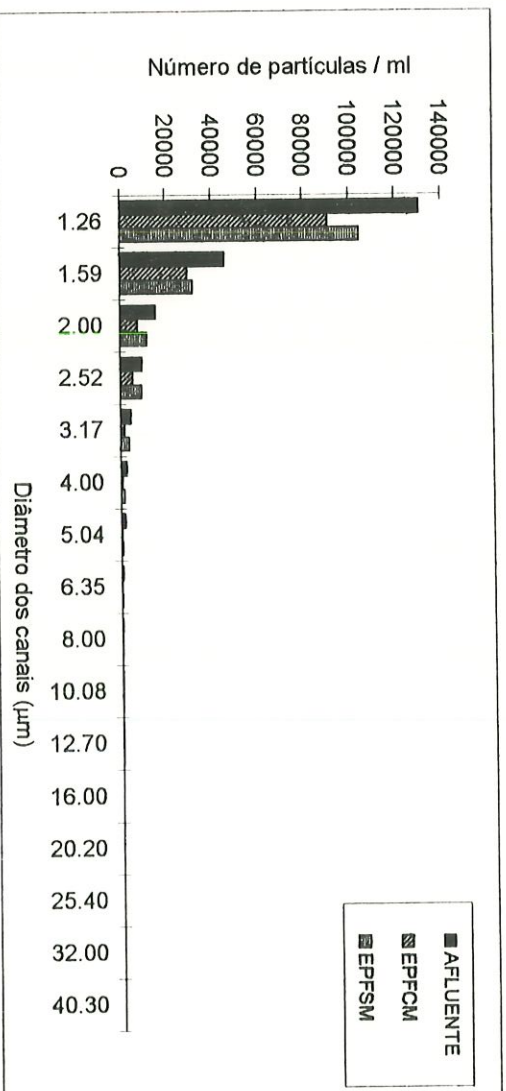


FIGURA 22: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Primeira carreira de filtração. Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

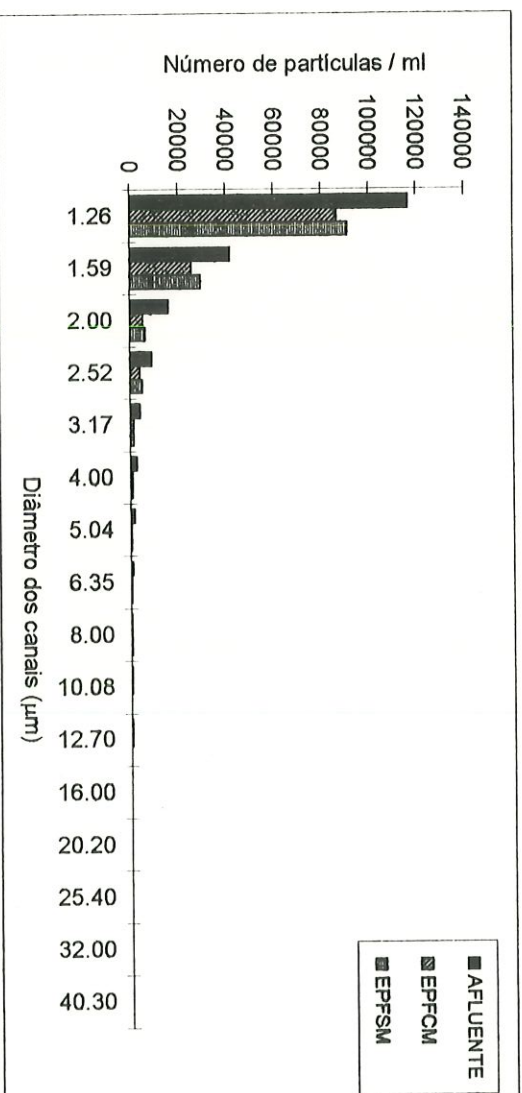


FIGURA 23: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em mm . Primeira carreira de filtração. Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

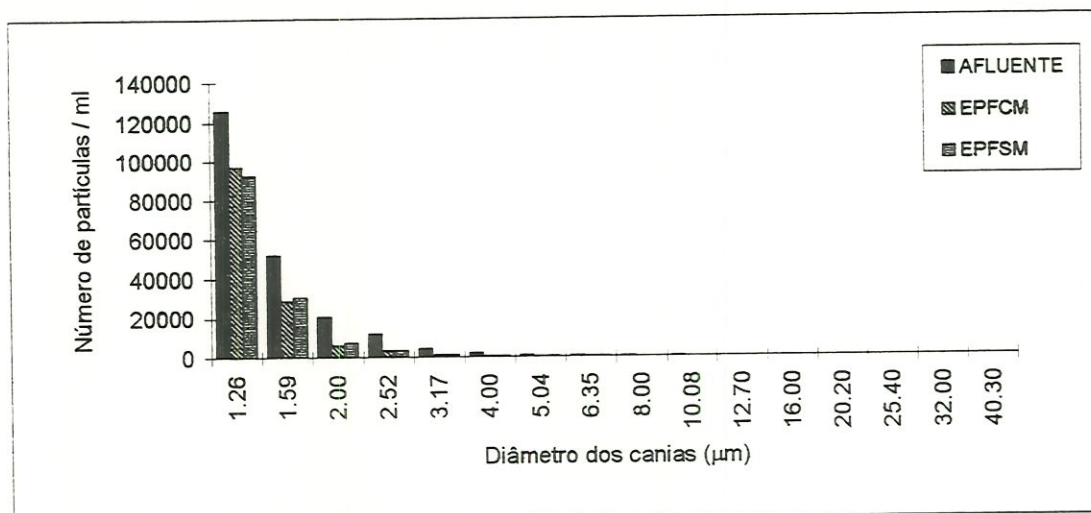


FIGURA 24: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

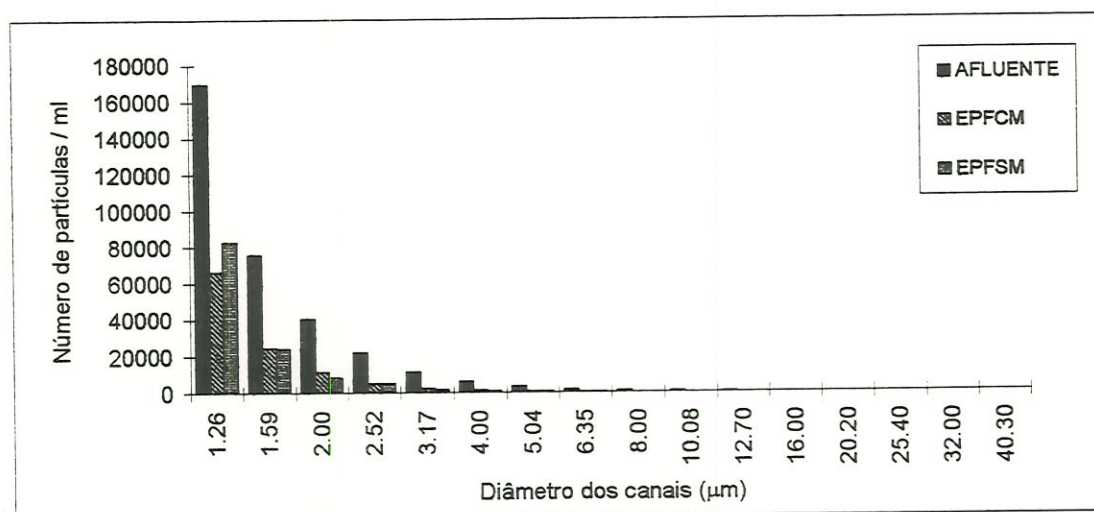


FIGURA 25: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Primeira carreira de filtração.
Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

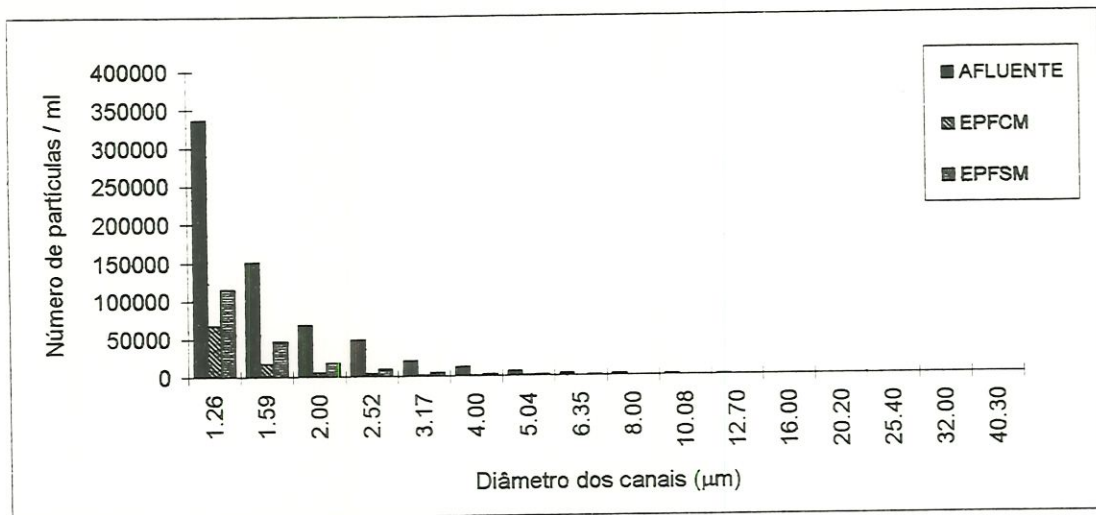


FIGURA 26: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Primeira carreira de filtração. Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

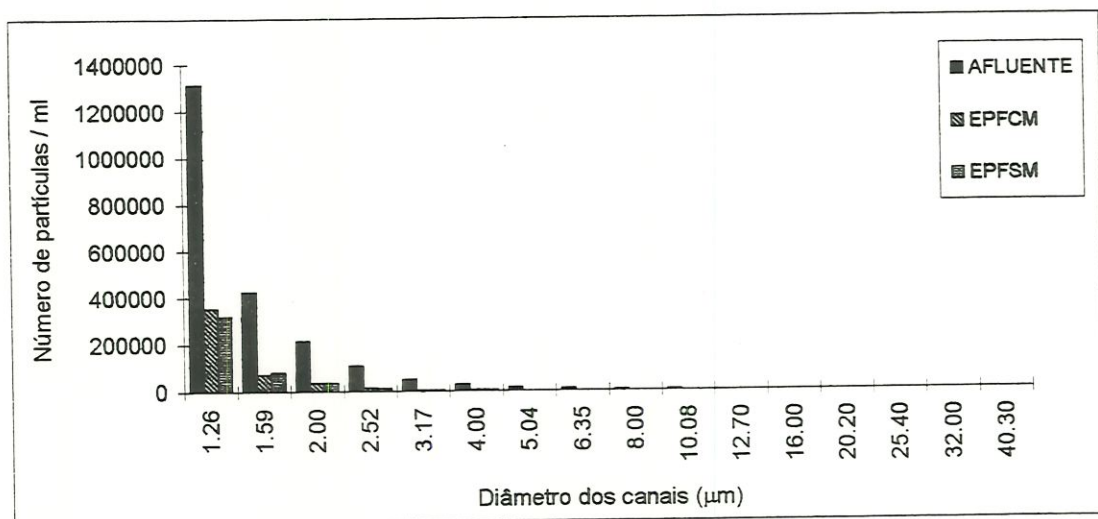


FIGURA 27: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Primeira carreira de filtração. Taxas: $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

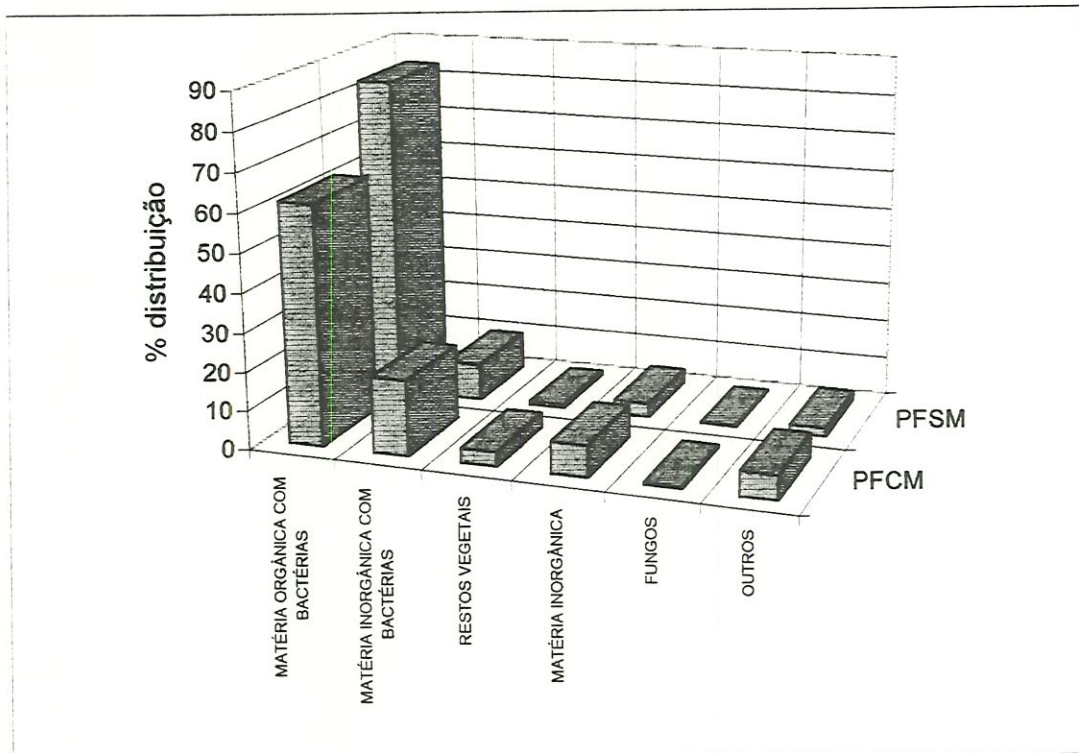


FIGURA 28: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) e do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamadas 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração.

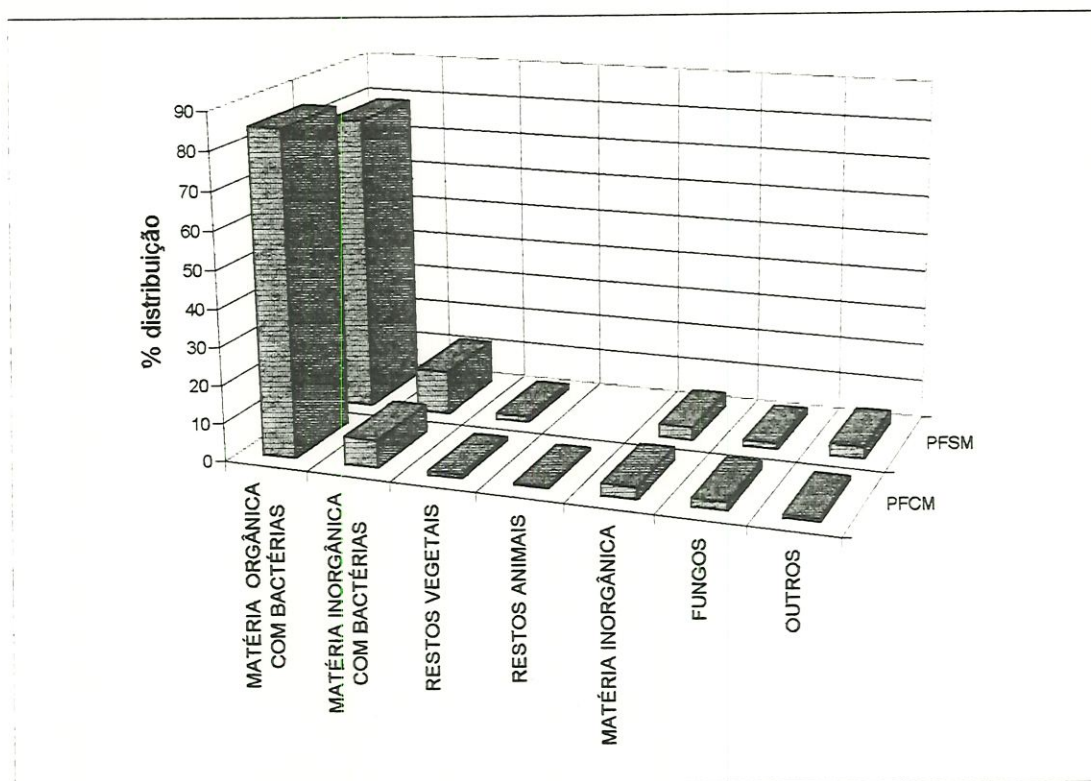


FIGURA 29: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFSM): subcamadas 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração.

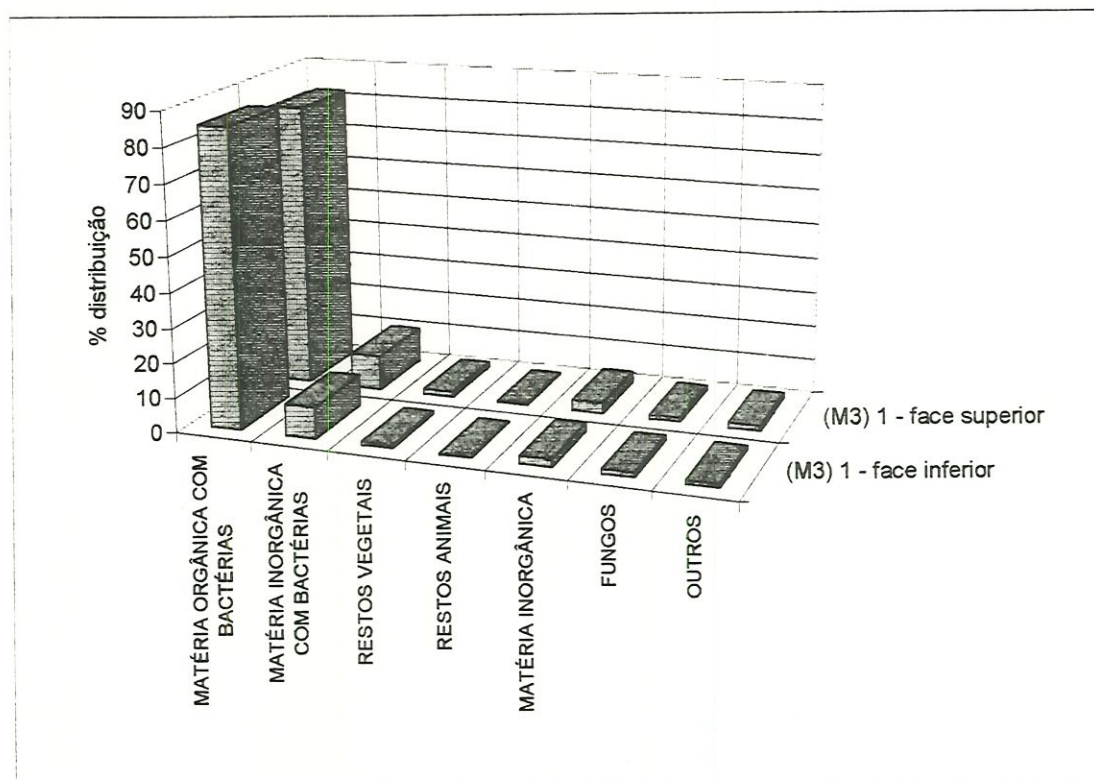


FIGURA 30: Distribuição de partículas cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica. Amostra da Manta Preta (M3)1 - face inferior e face superior. Término da primeira carreira de filtração.

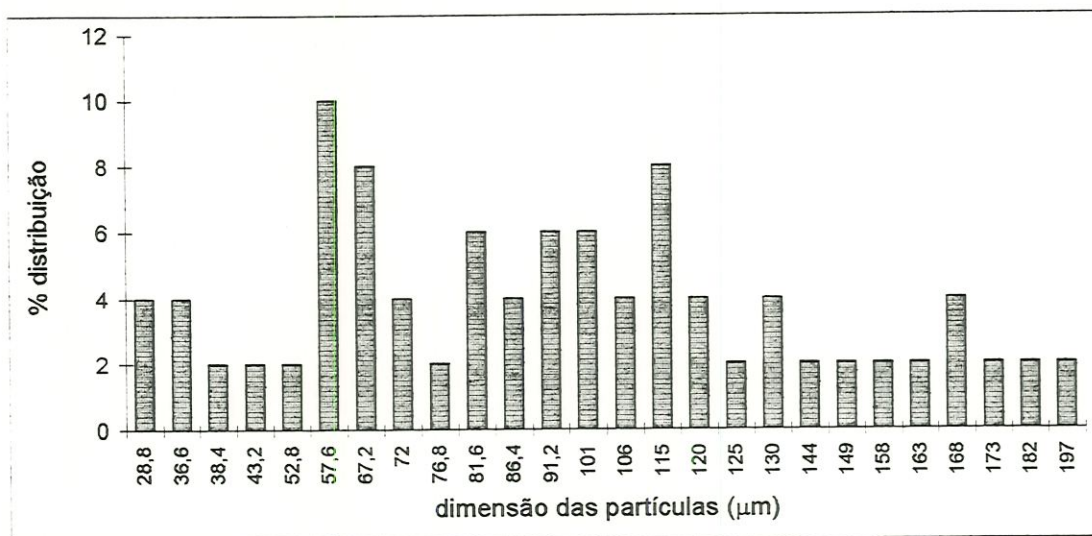


FIGURA 31: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

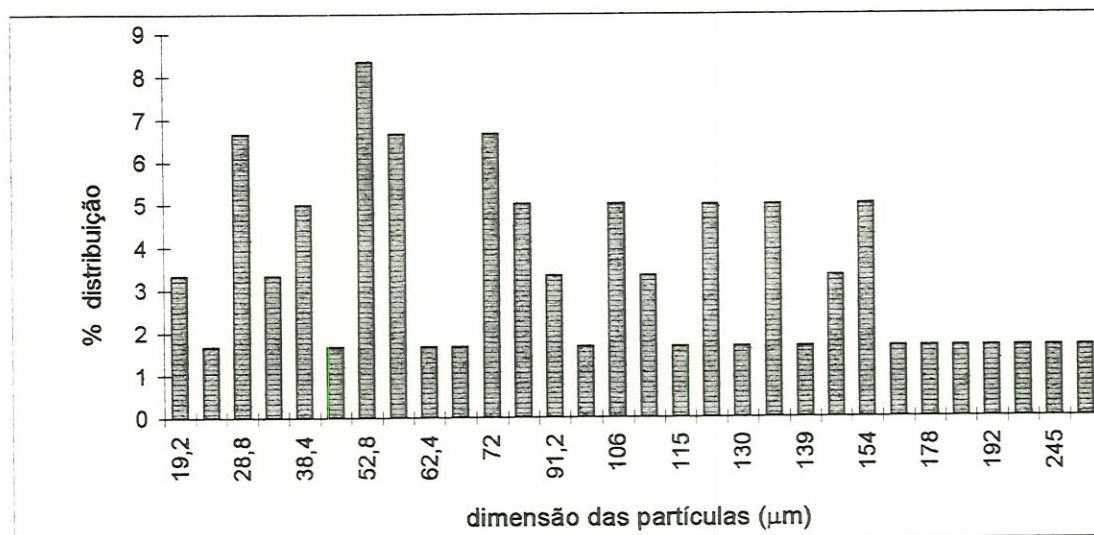


FIGURA 32: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

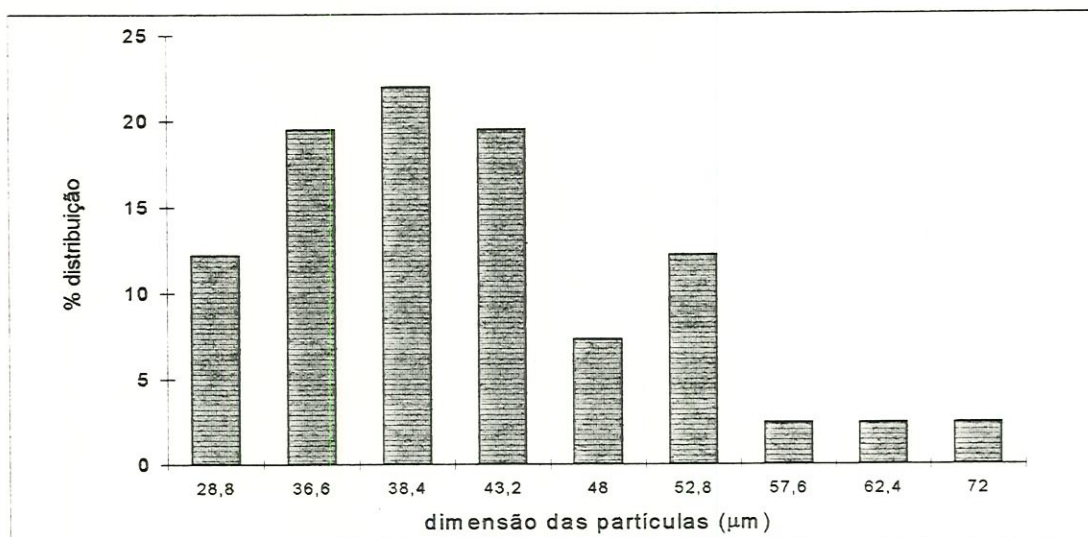


FIGURA 33: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

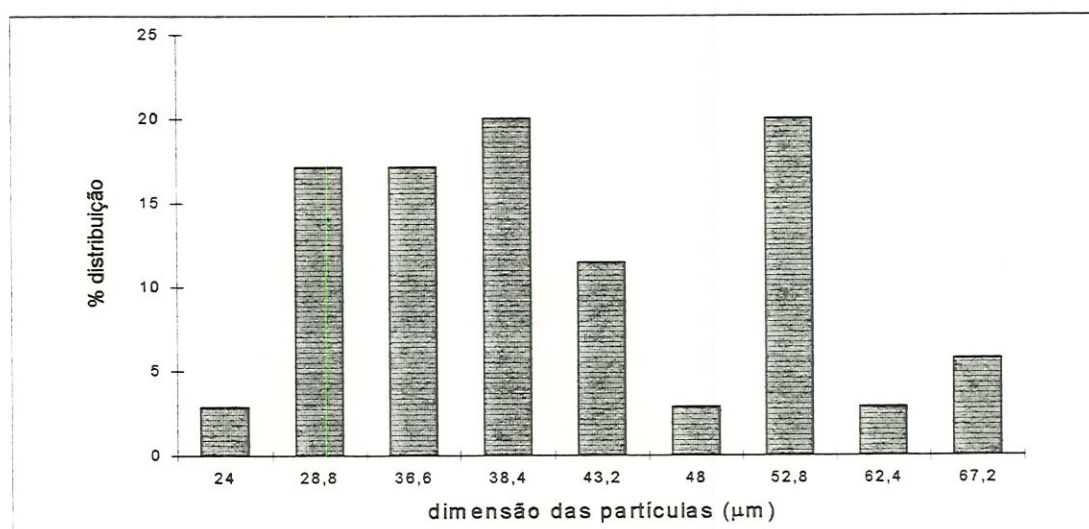


FIGURA 34: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

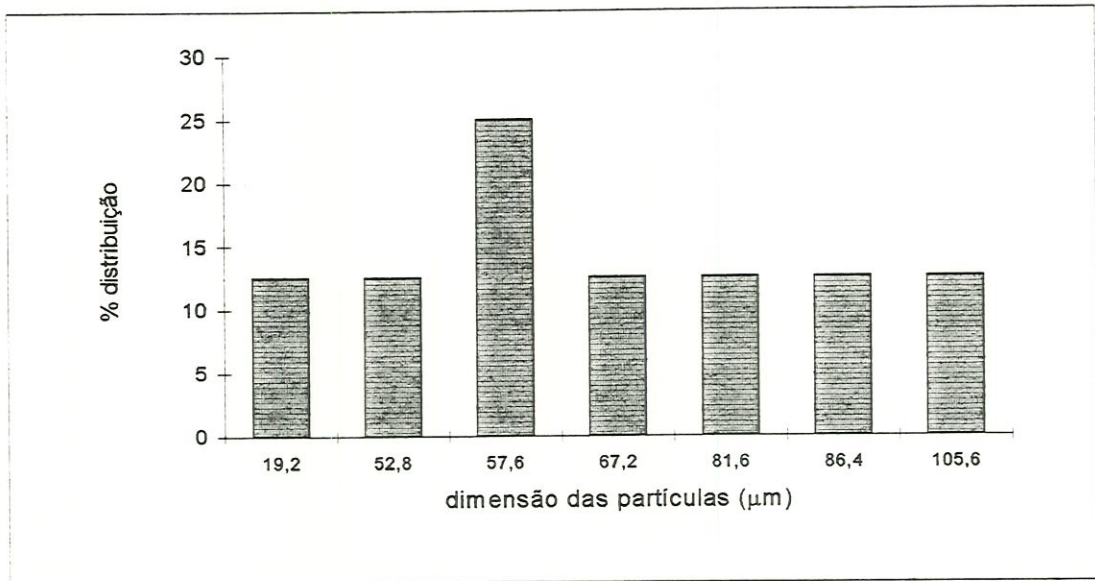


FIGURA 35: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

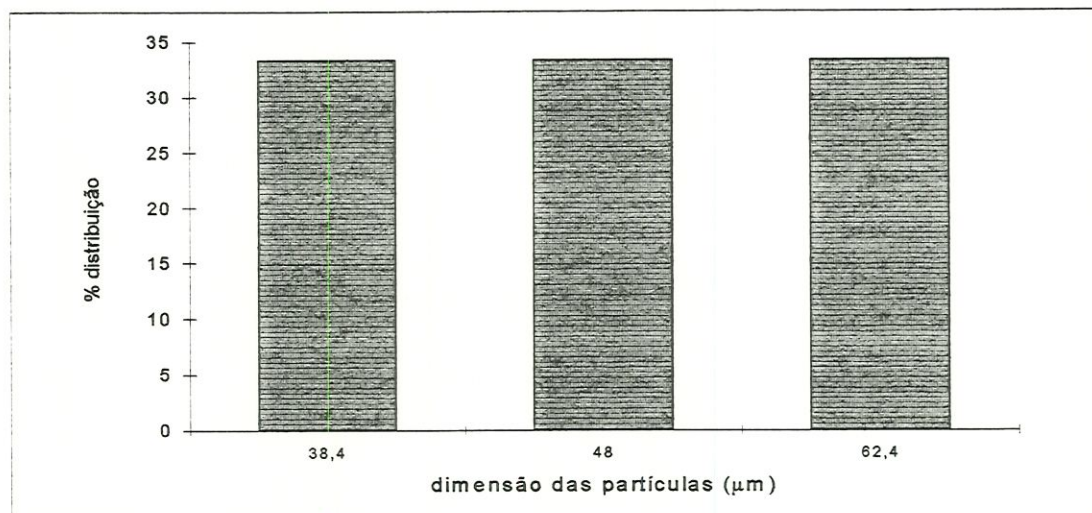


FIGURA 36: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

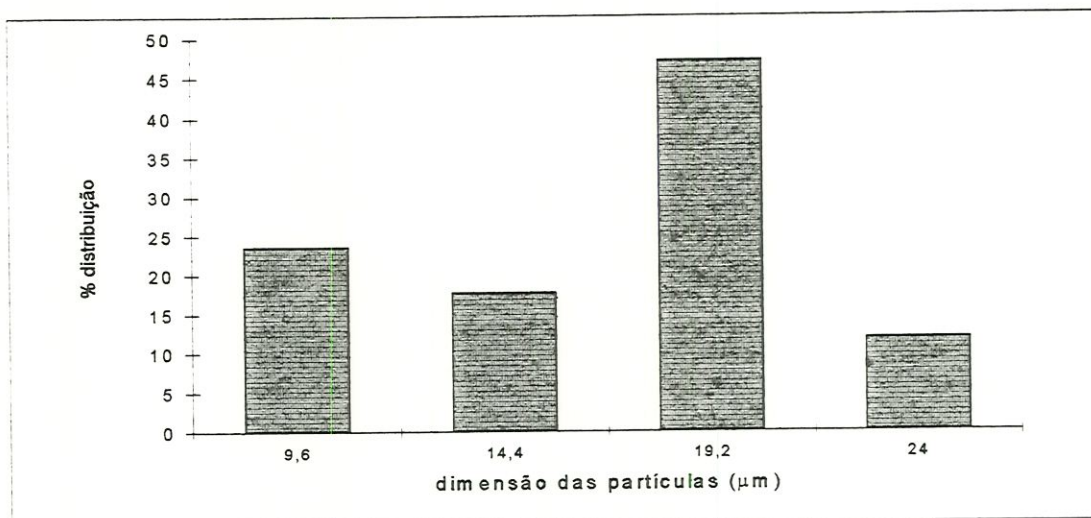


FIGURA 37: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

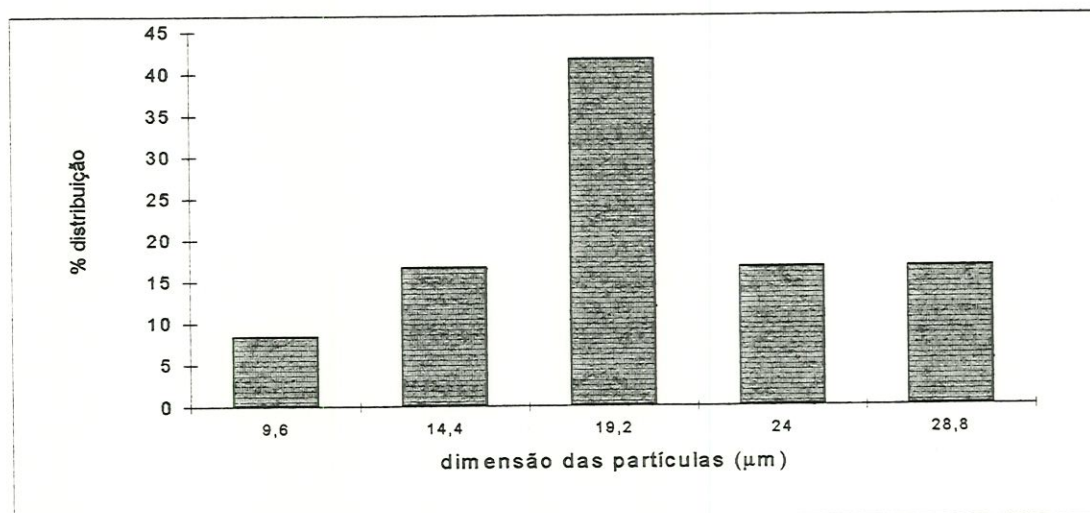


FIGURA 38: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

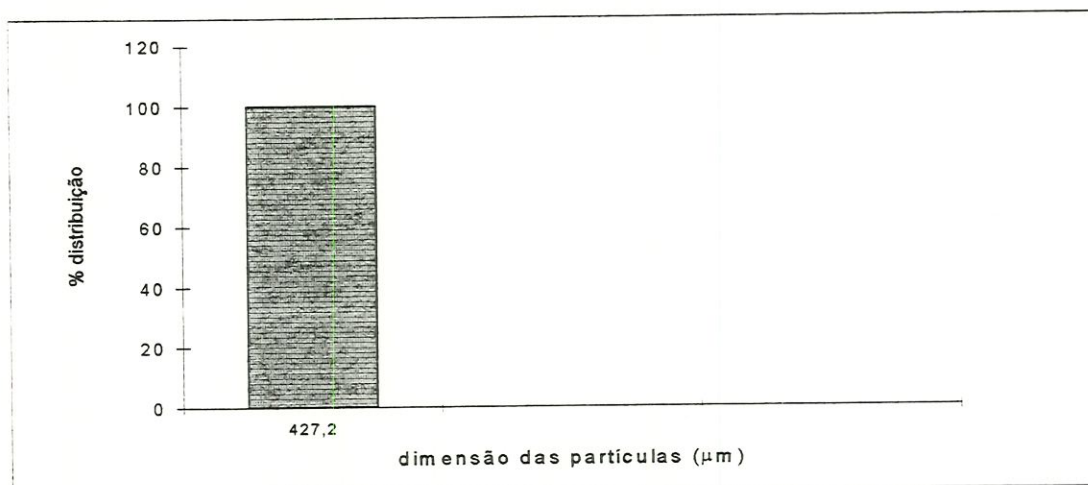


FIGURA 39: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

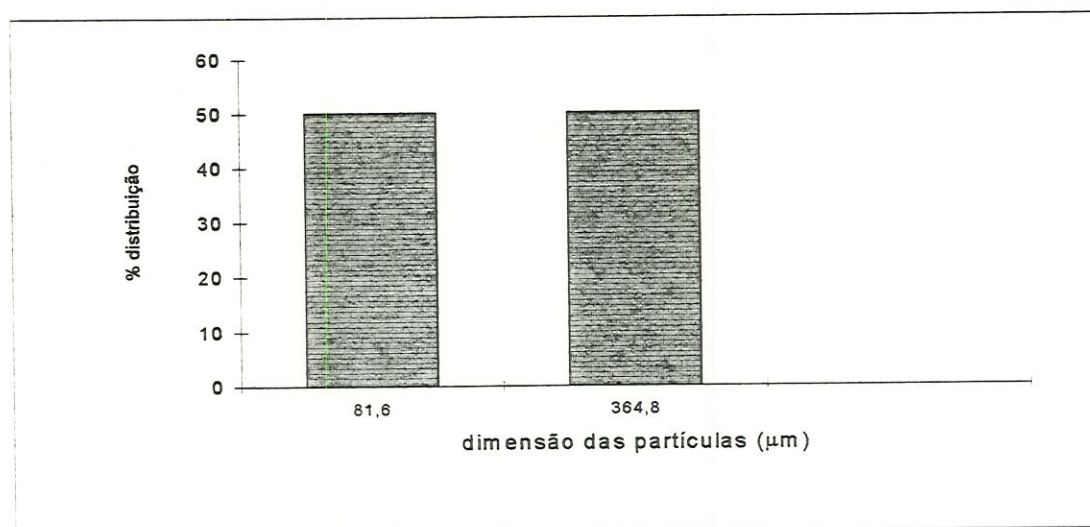


FIGURA 40: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFMS): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

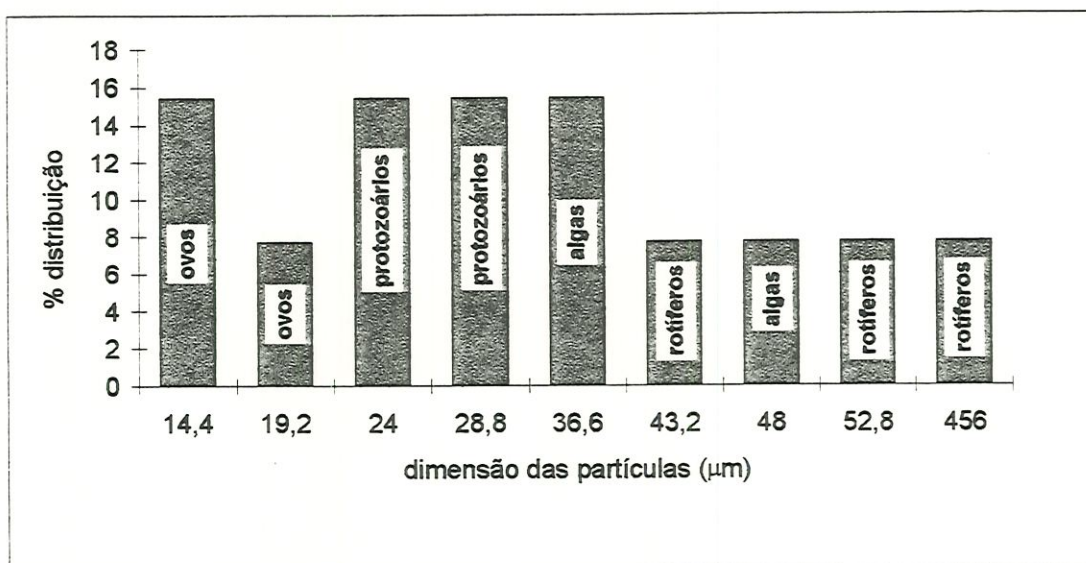


FIGURA 41: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

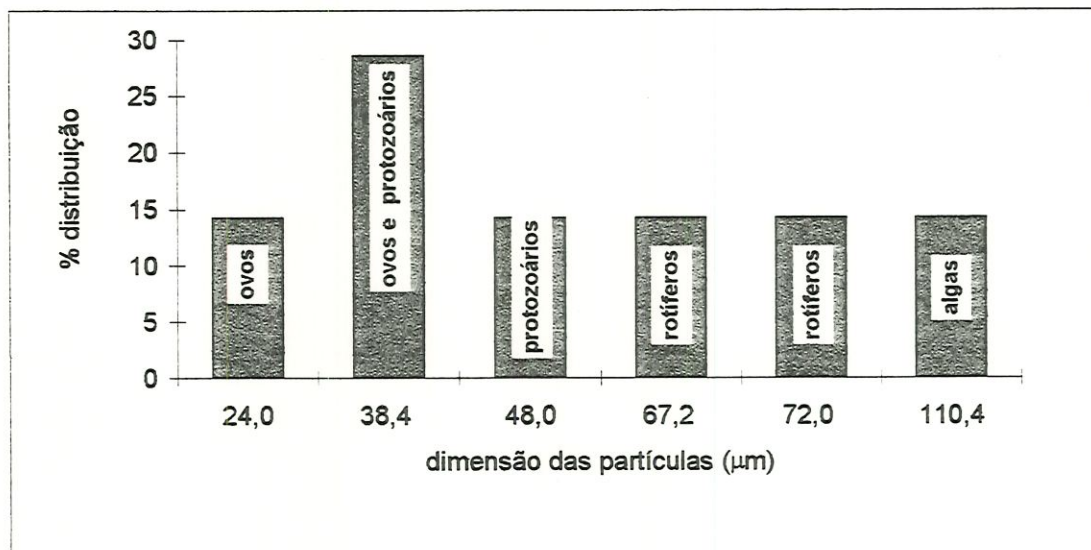


FIGURA 42: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

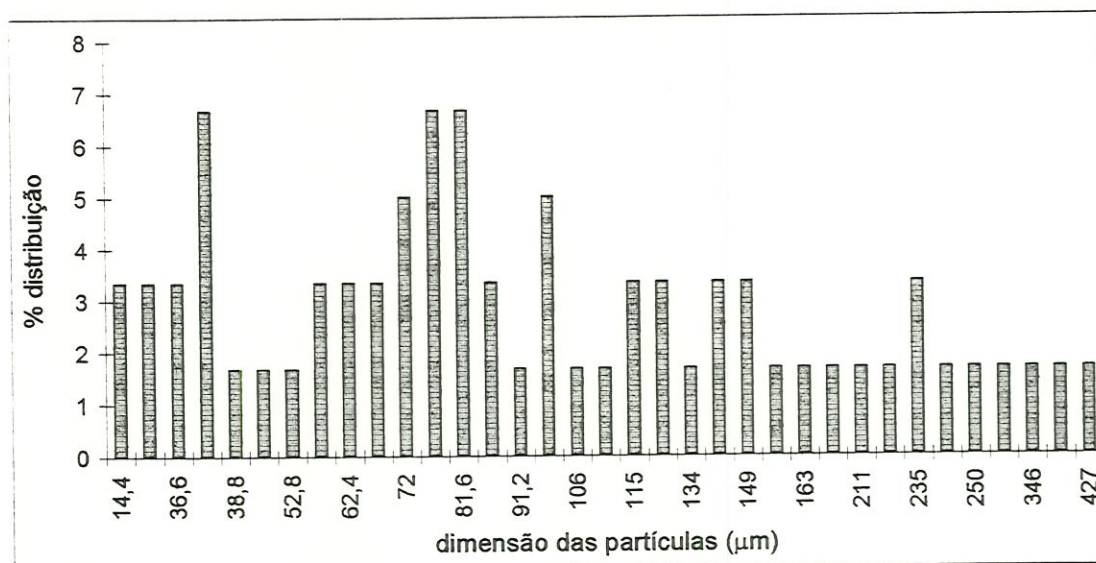


FIGURA 43: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

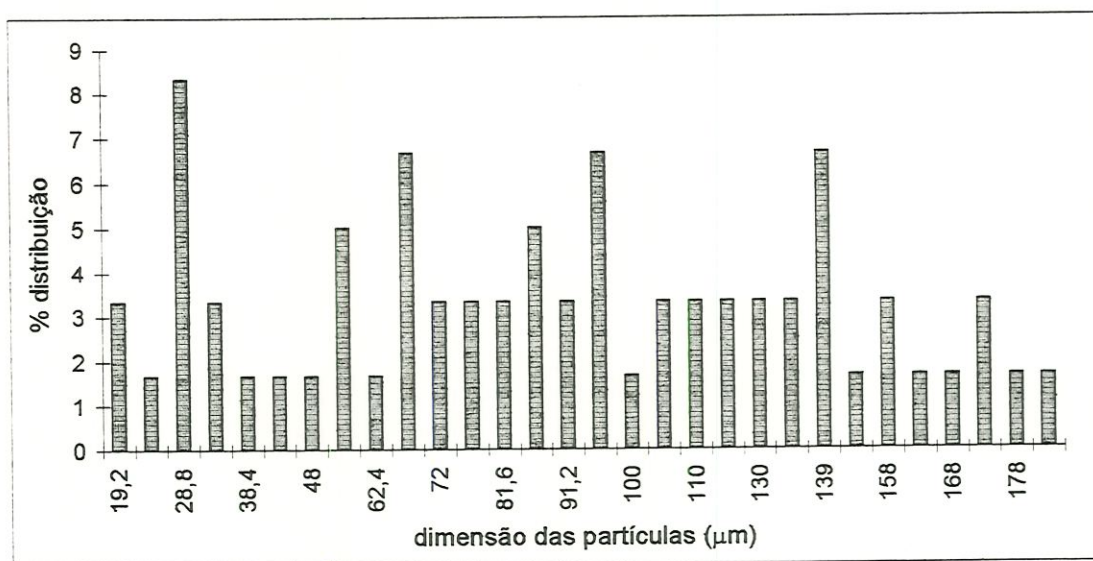


FIGURA 44: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

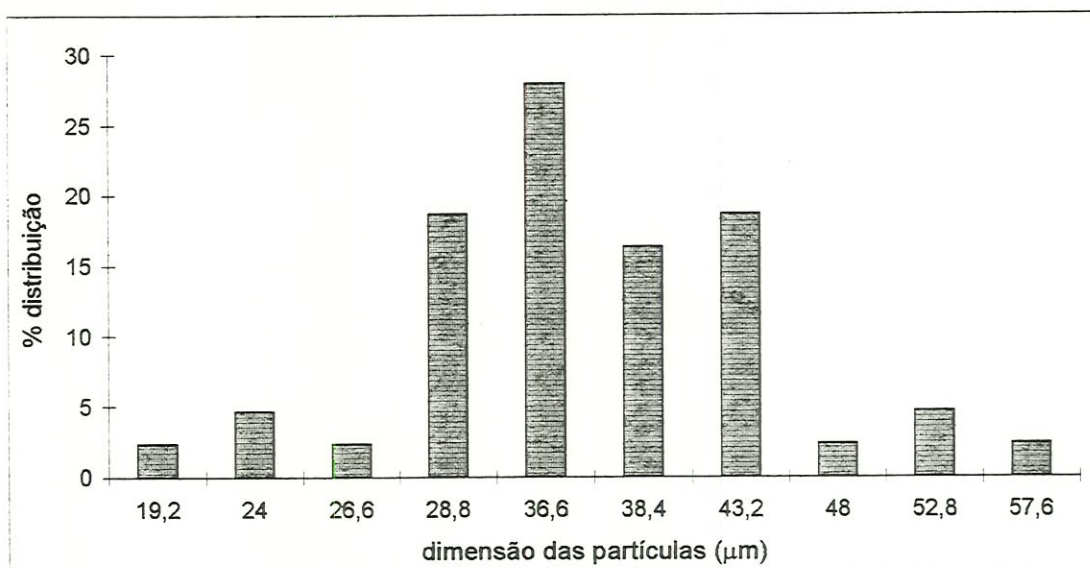


FIGURA 45: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

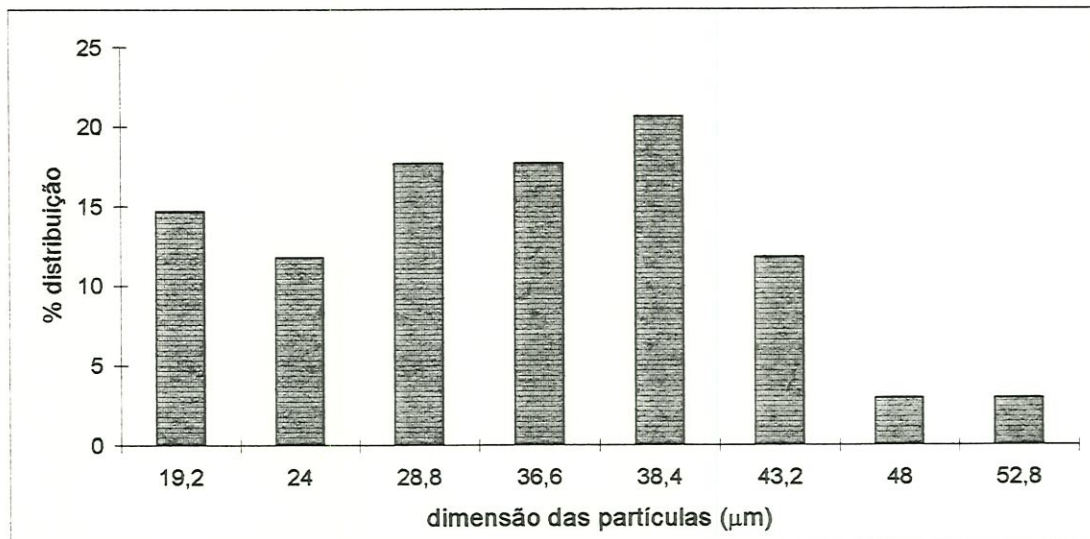


FIGURA 46: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

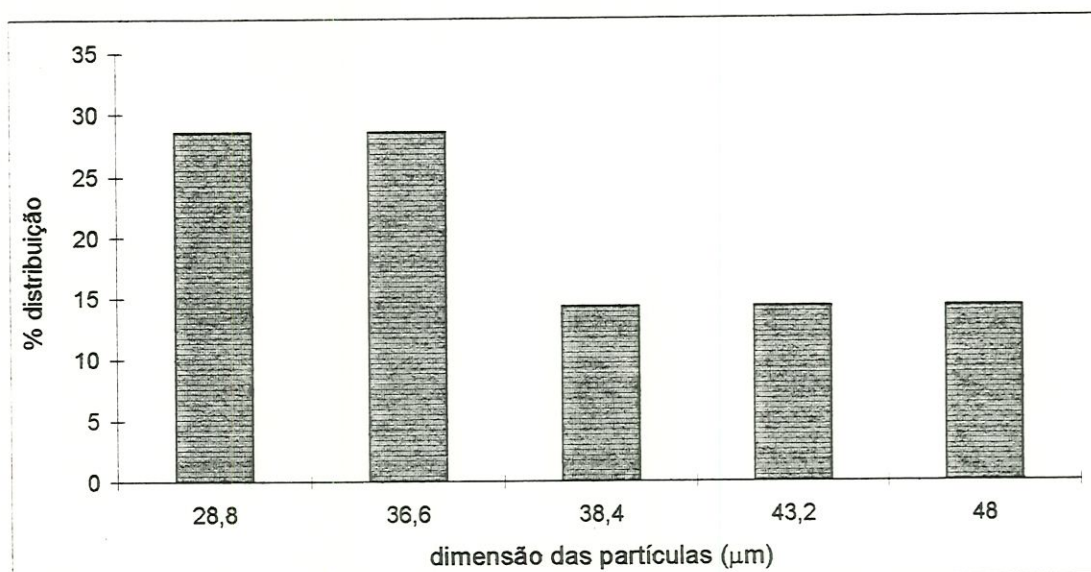


FIGURA 47: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

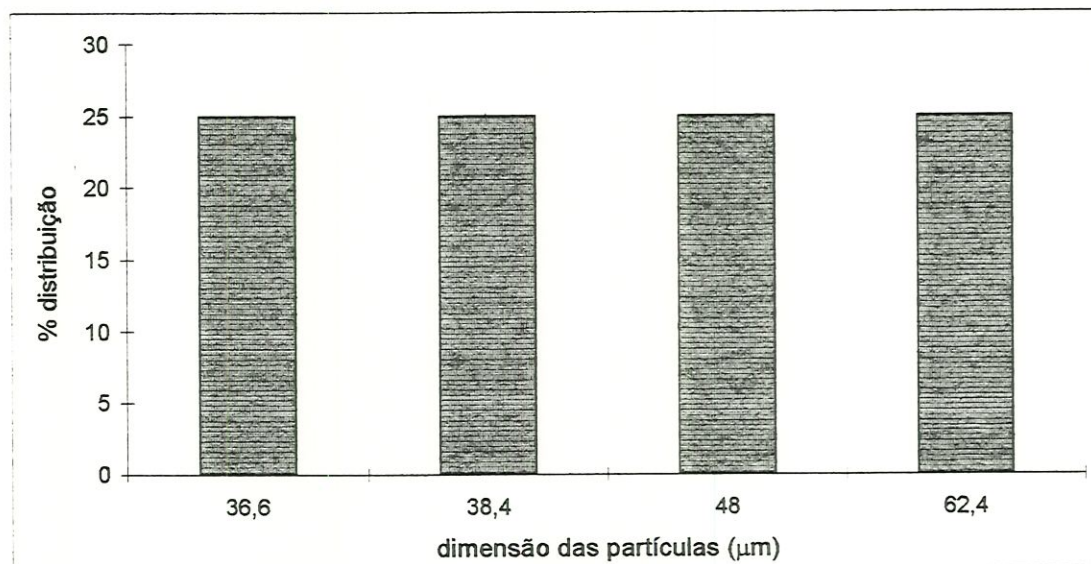


FIGURA 48: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

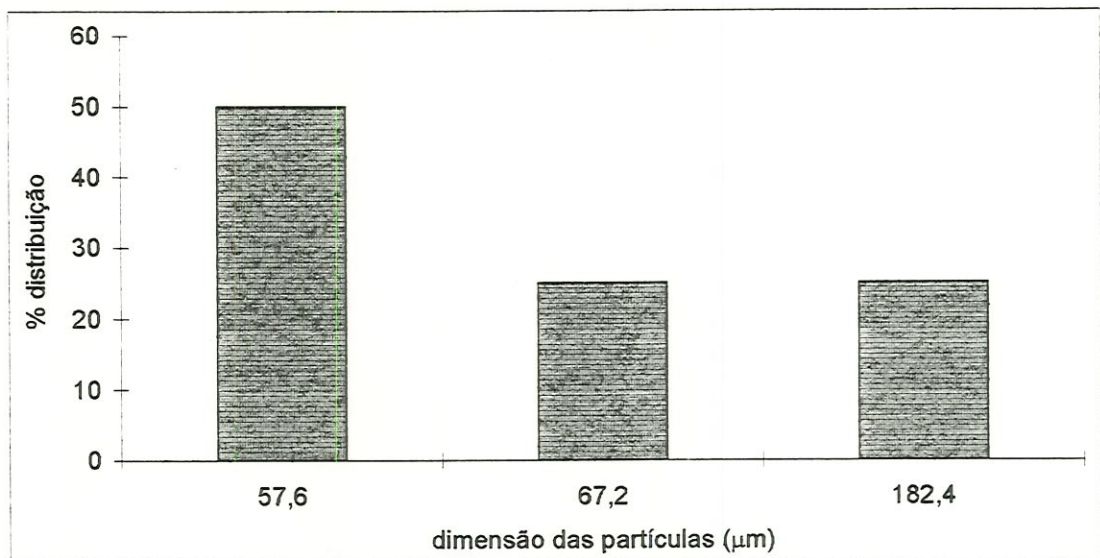


FIGURA 49: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

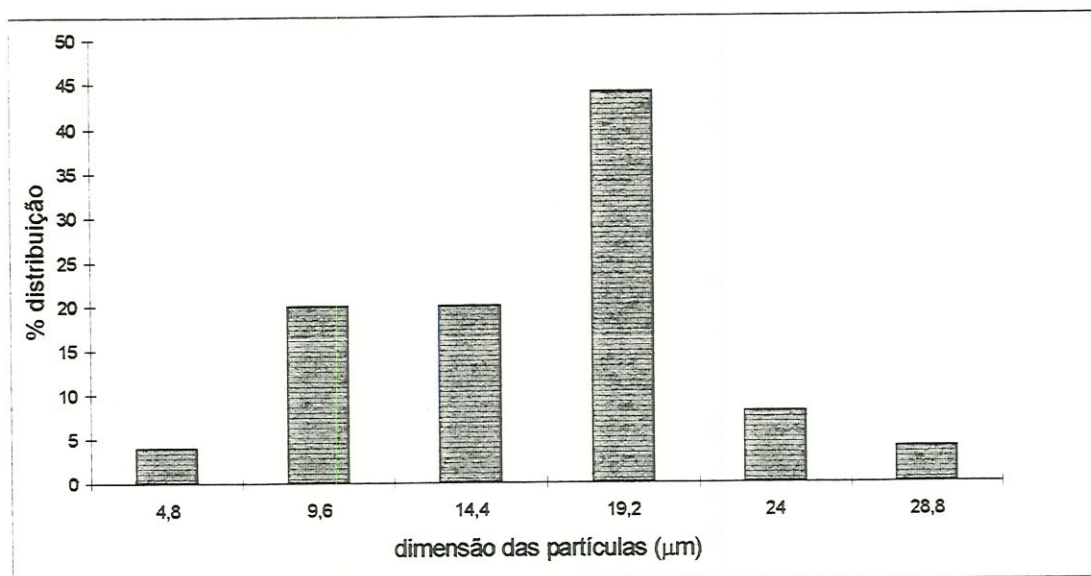


FIGURA 50: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

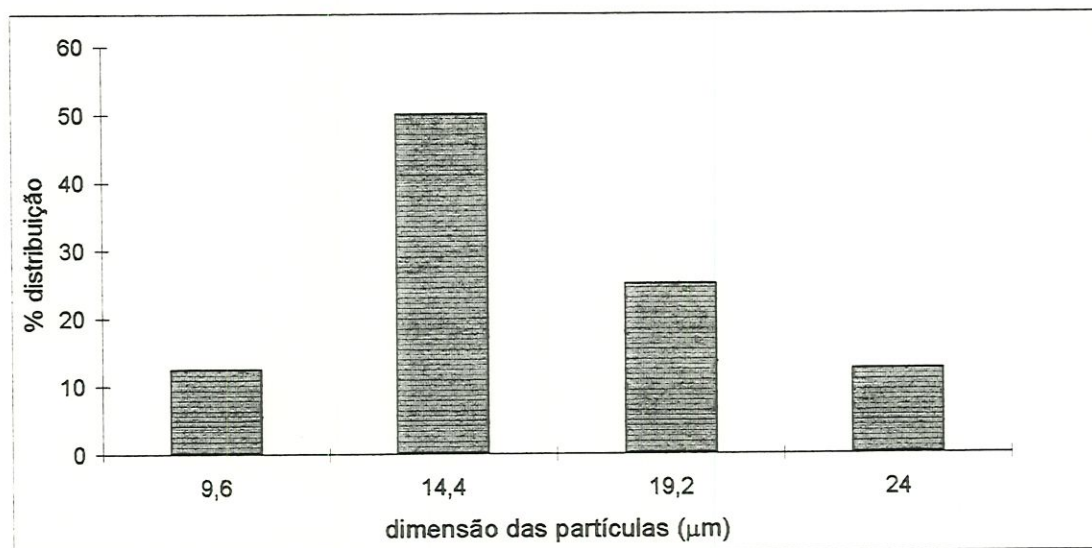


FIGURA 51: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

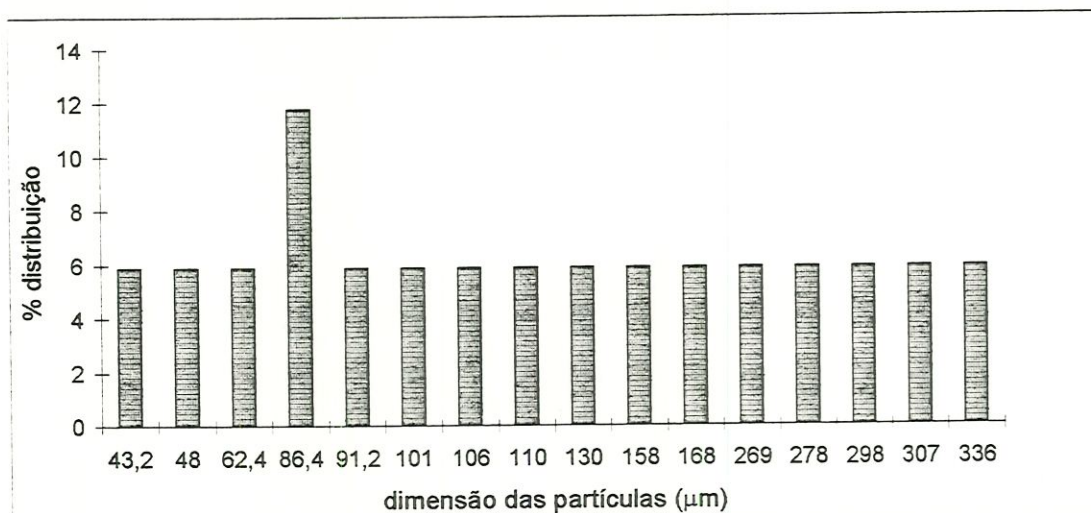


FIGURA 52: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

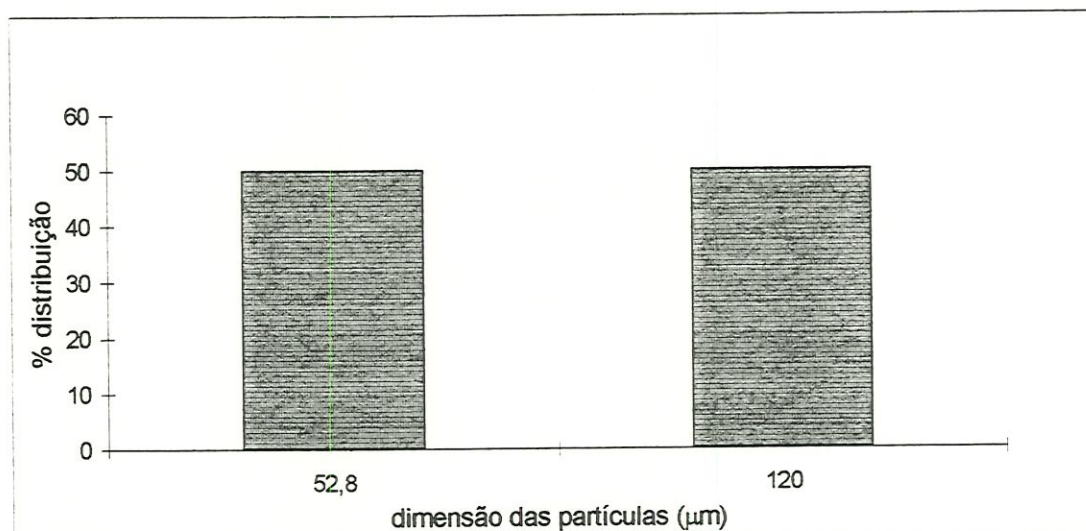


FIGURA 53: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

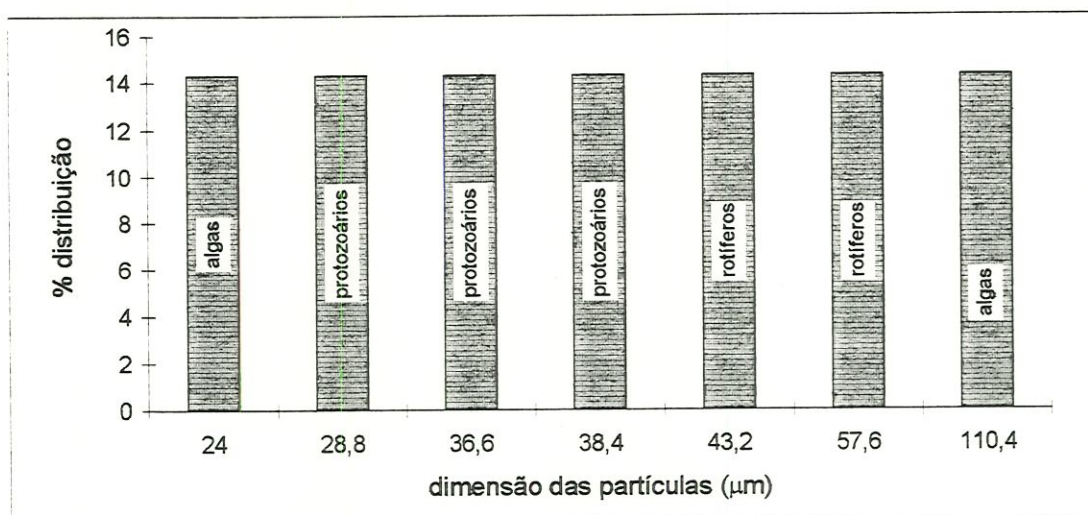


FIGURA 54: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

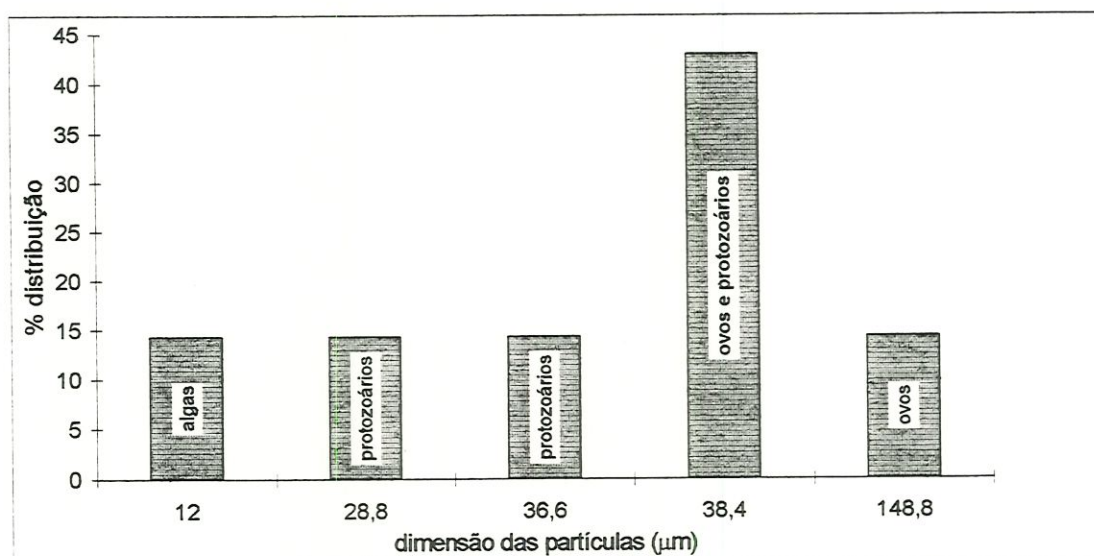


FIGURA 55: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFMS): subcamada 25-40 cm. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

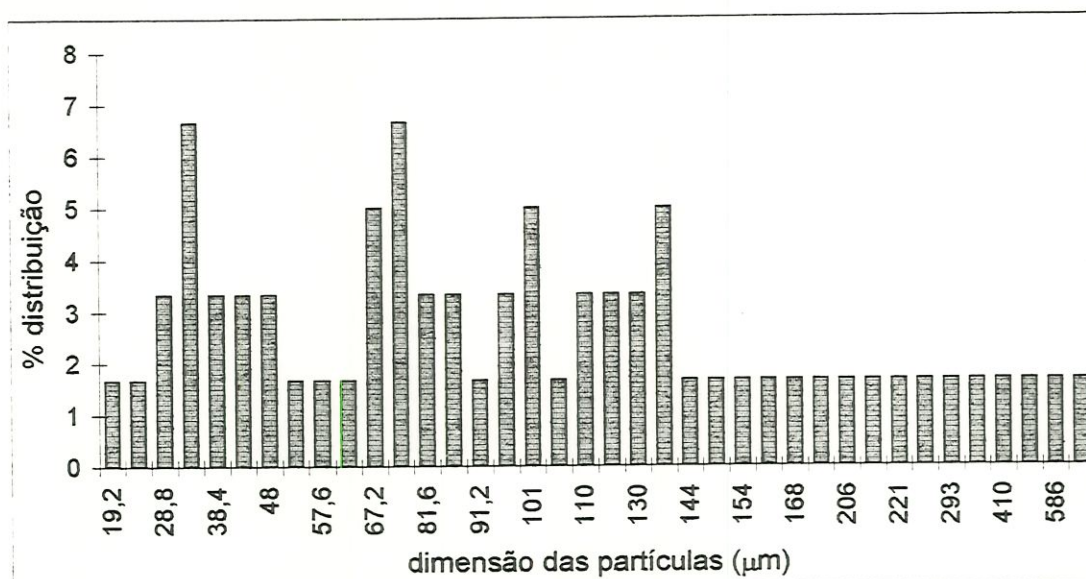


FIGURA 56: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Superior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

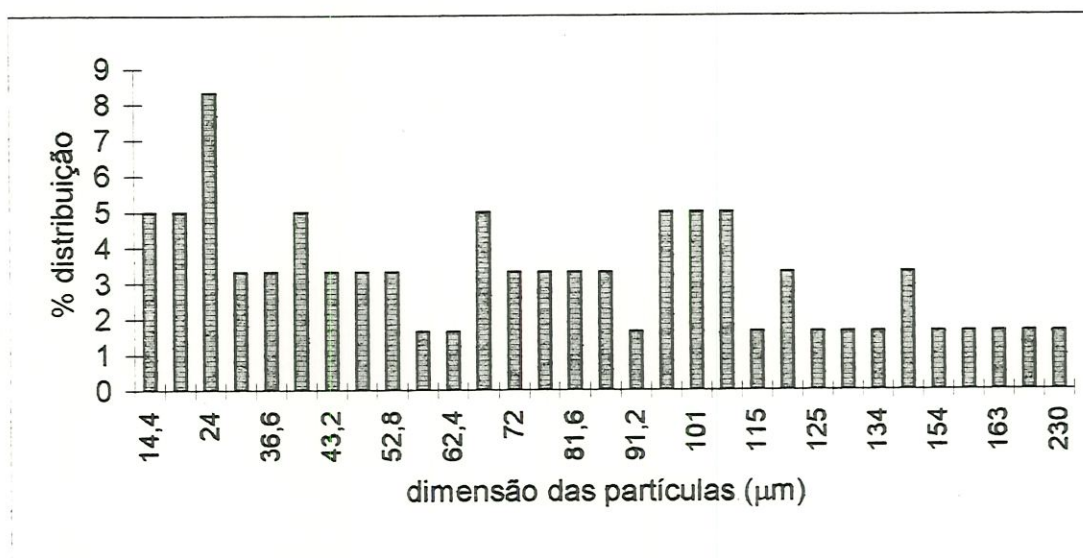


FIGURA 57: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Inferior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

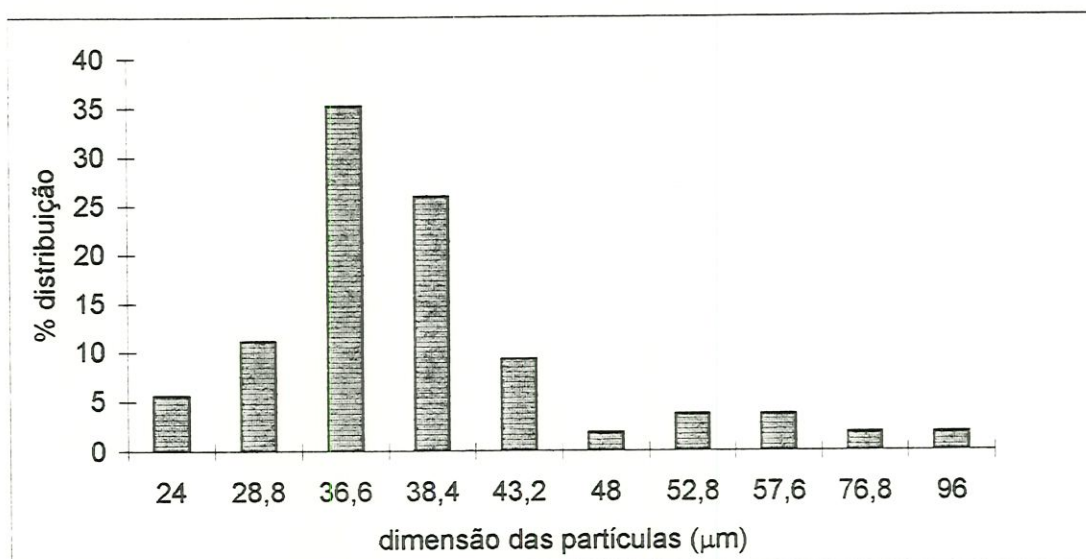


FIGURA 58: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Superior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

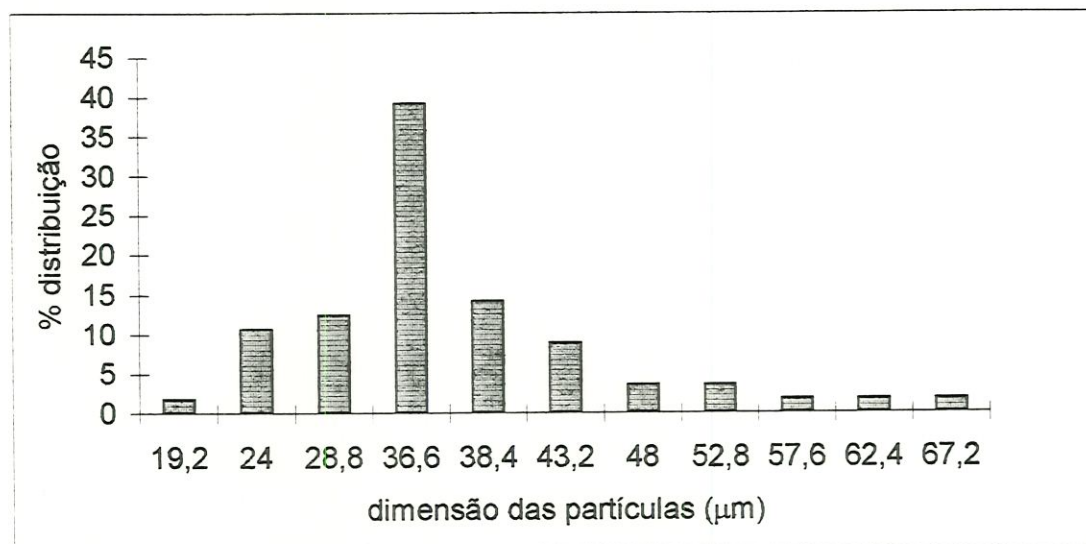


FIGURA 59: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra da Manta Preta (M3) 1 - Face Inferior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

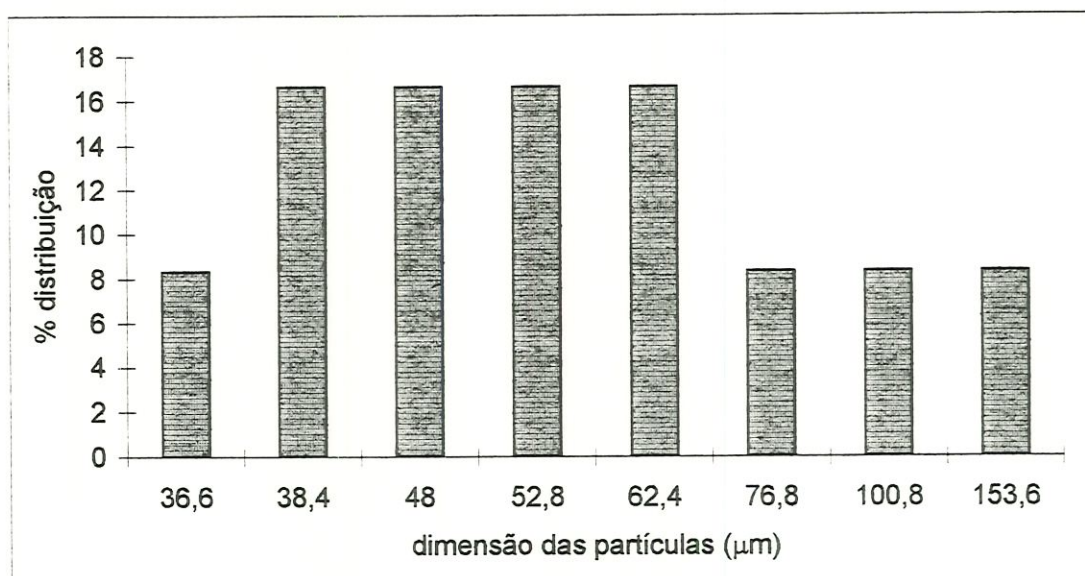


FIGURA 60: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Superior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

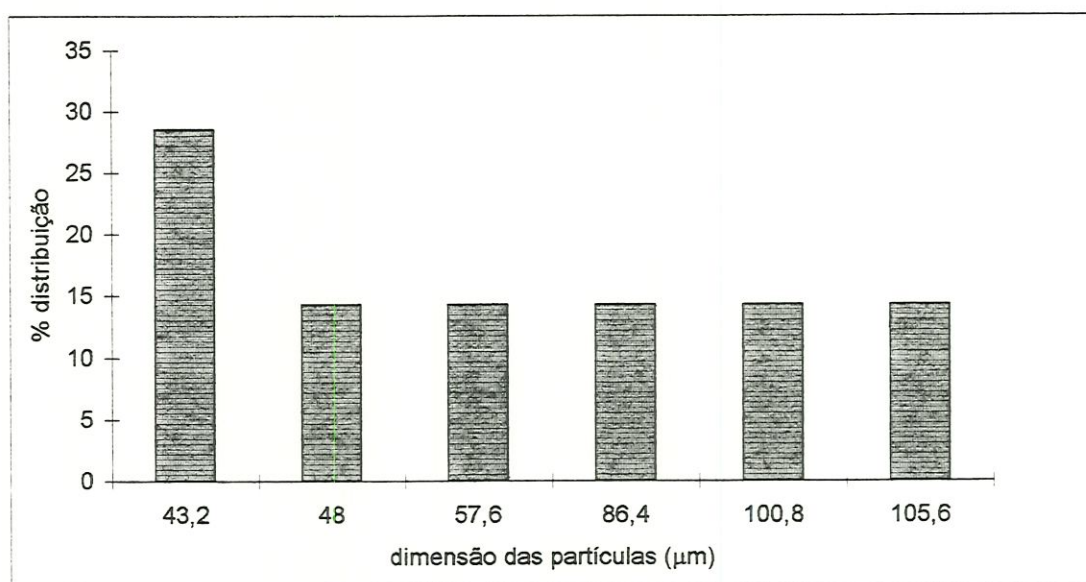


FIGURA 61: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Inferior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

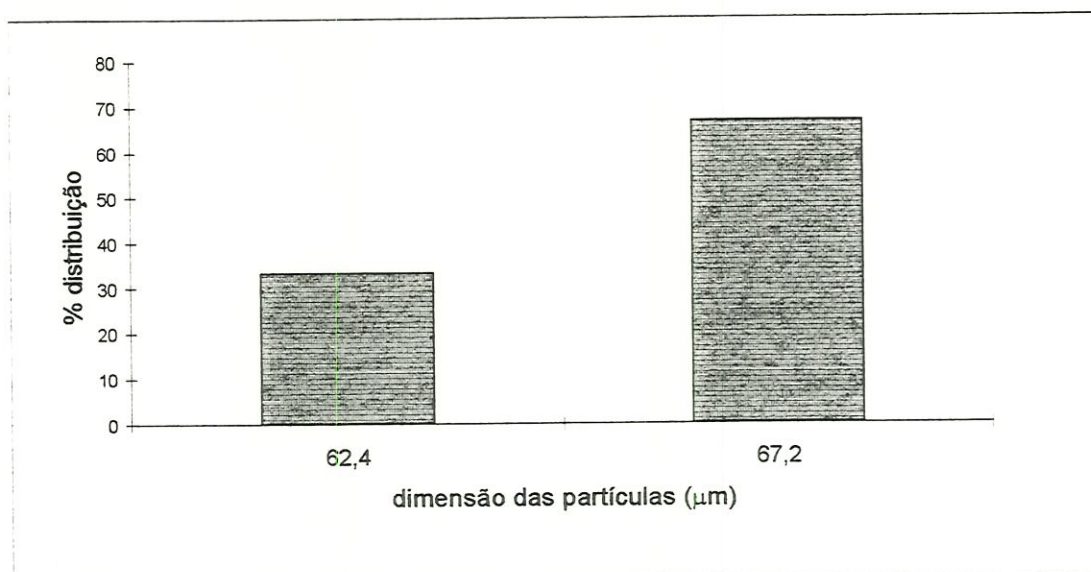


FIGURA 62: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Superior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

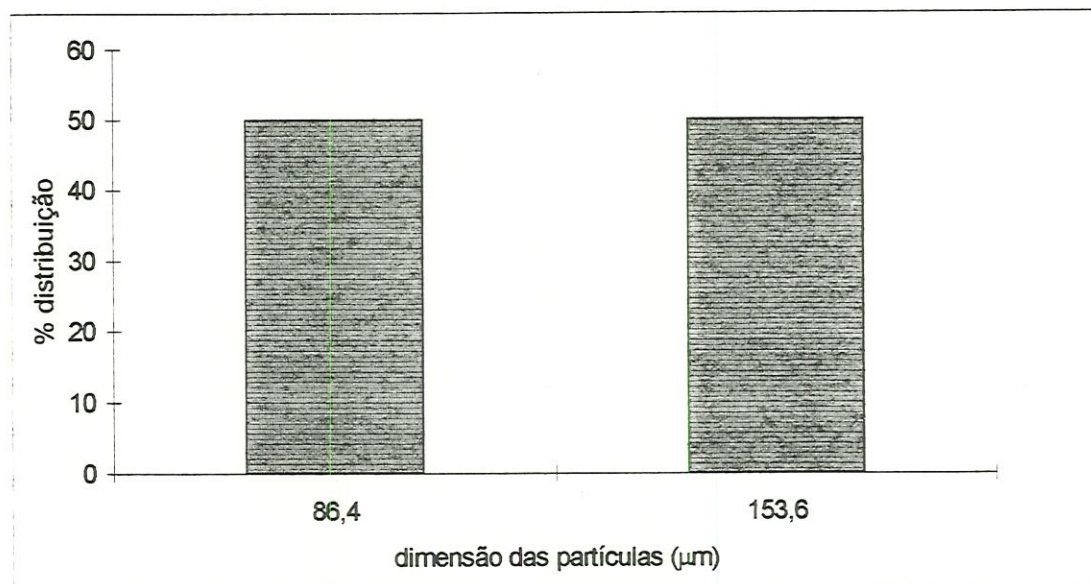


FIGURA 63: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Inferior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

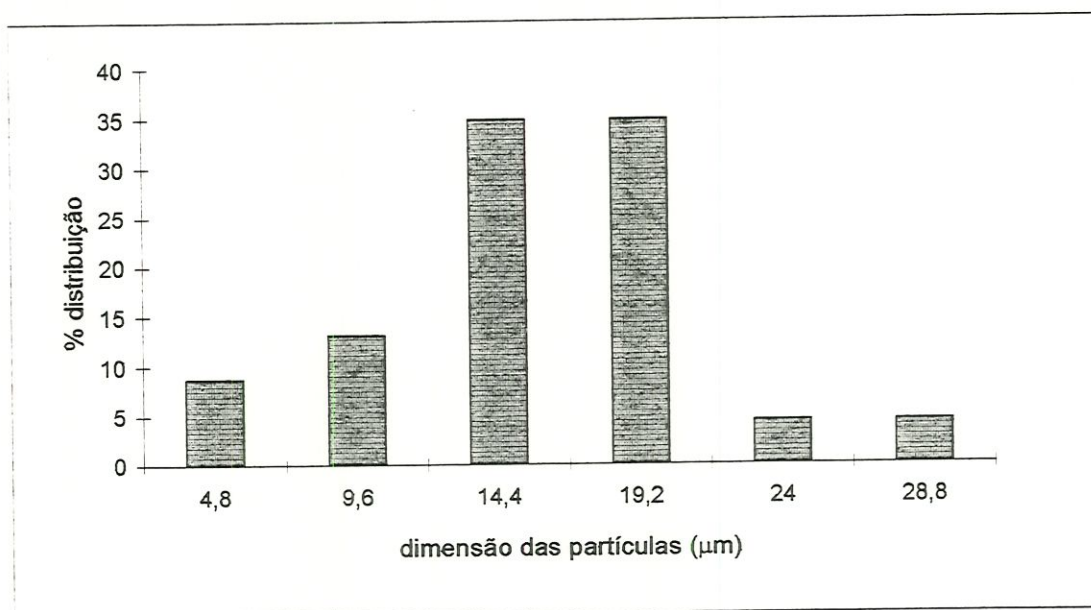


FIGURA 64: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Superior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

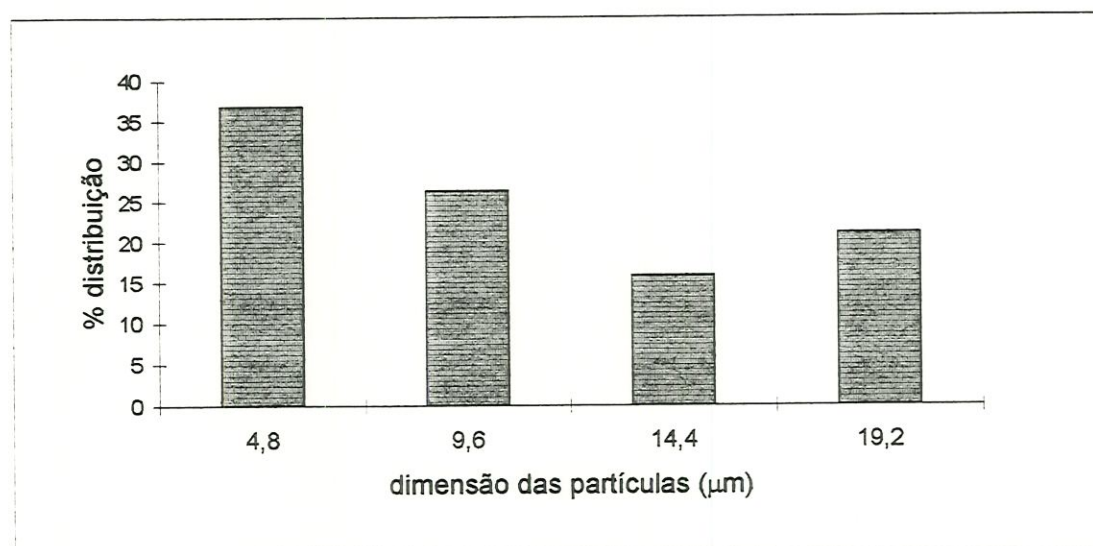


FIGURA 65: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Inferior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

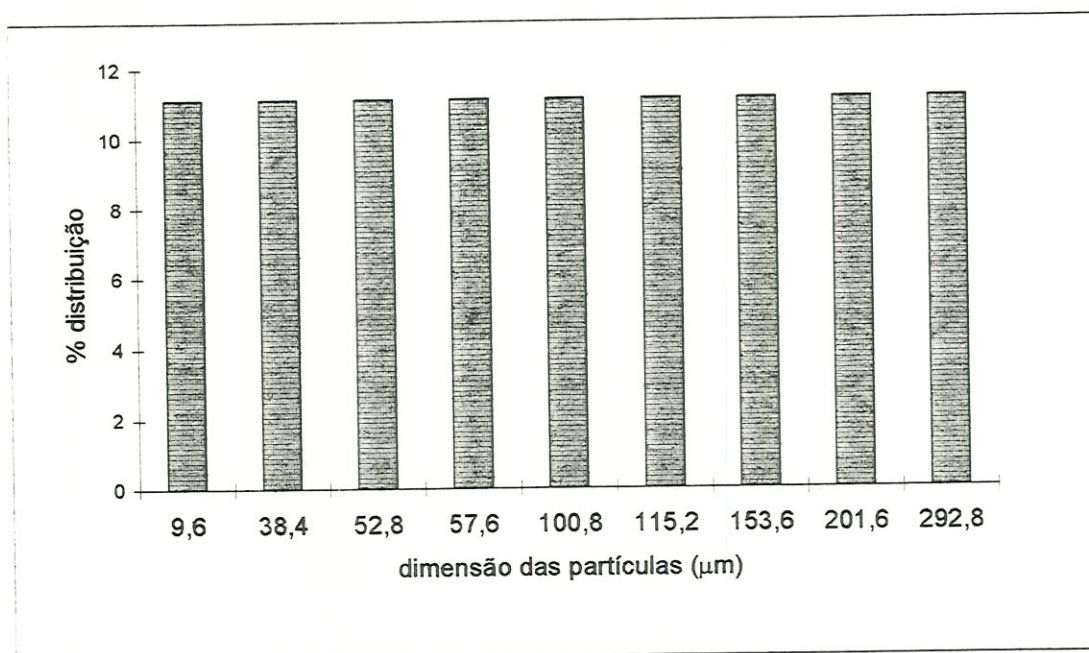


FIGURA 66: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Superior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

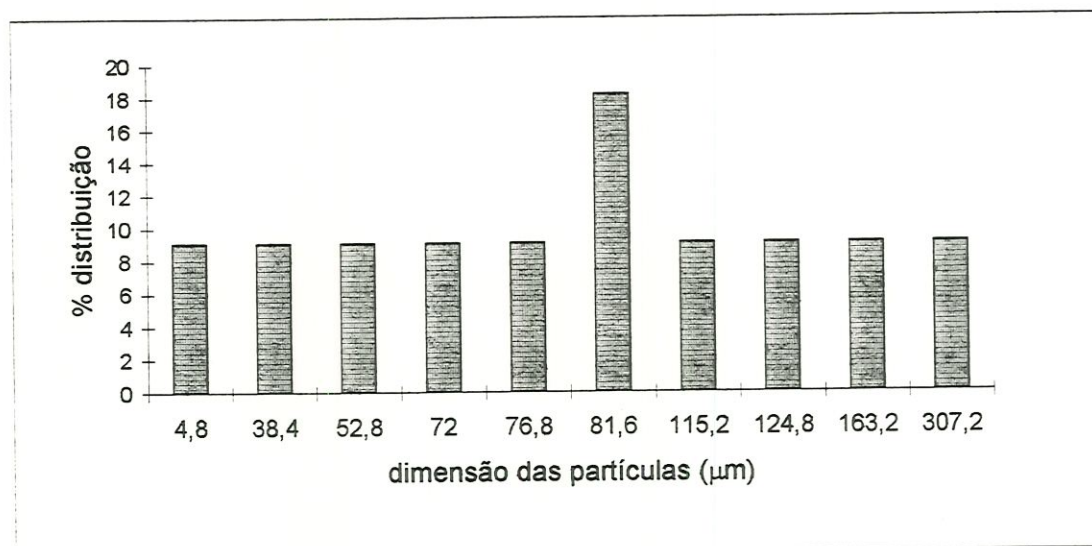


FIGURA 67: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Inferior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

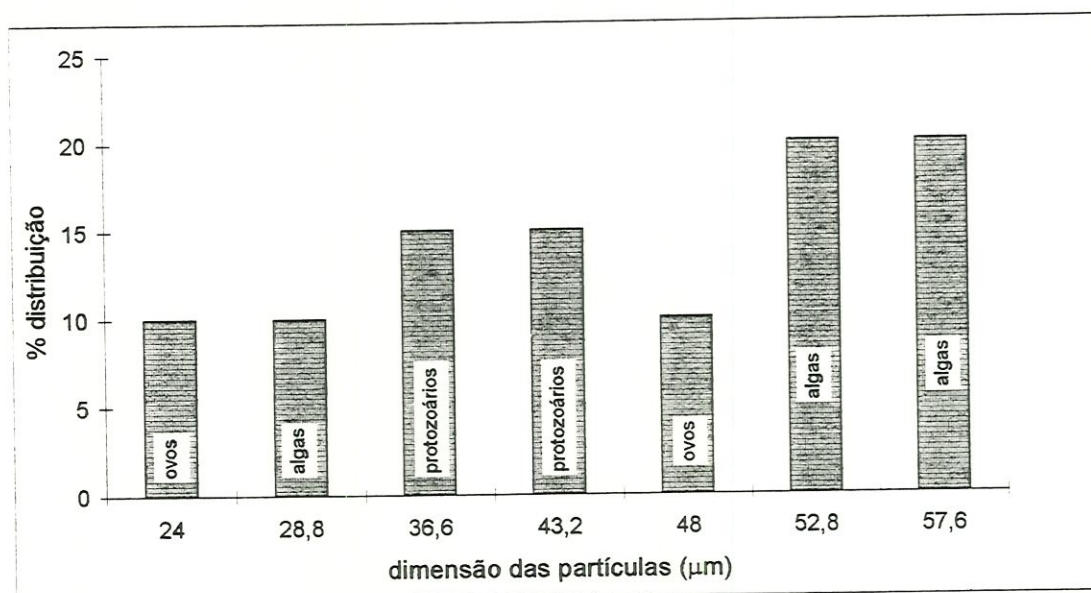


FIGURA 68: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Superior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

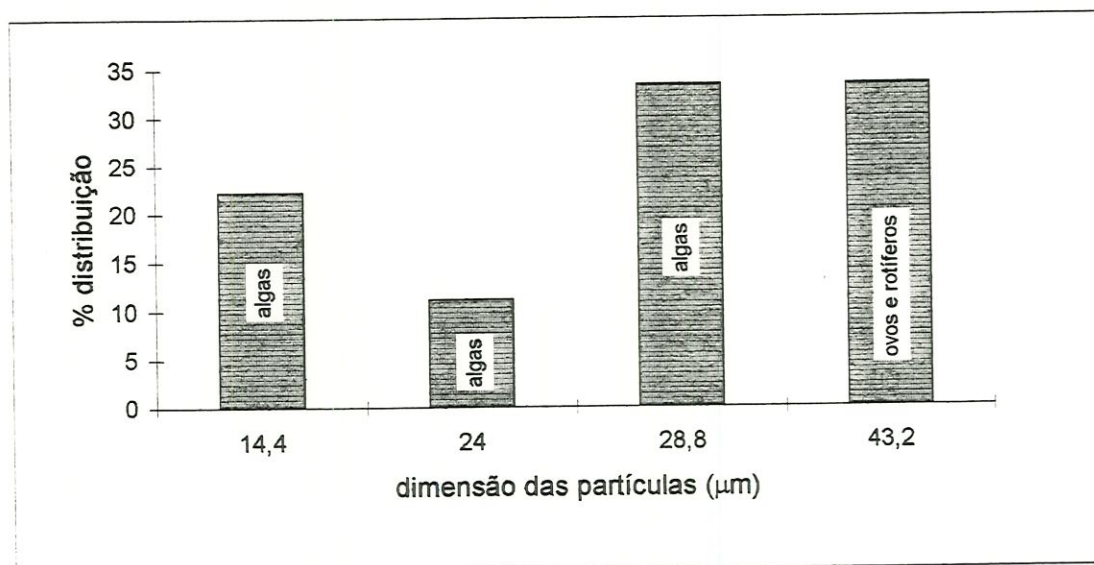


FIGURA 69: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra da Manta Preta (M3)1 - Face Inferior. Término da primeira carreira de filtração, realizada sob as taxas de $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

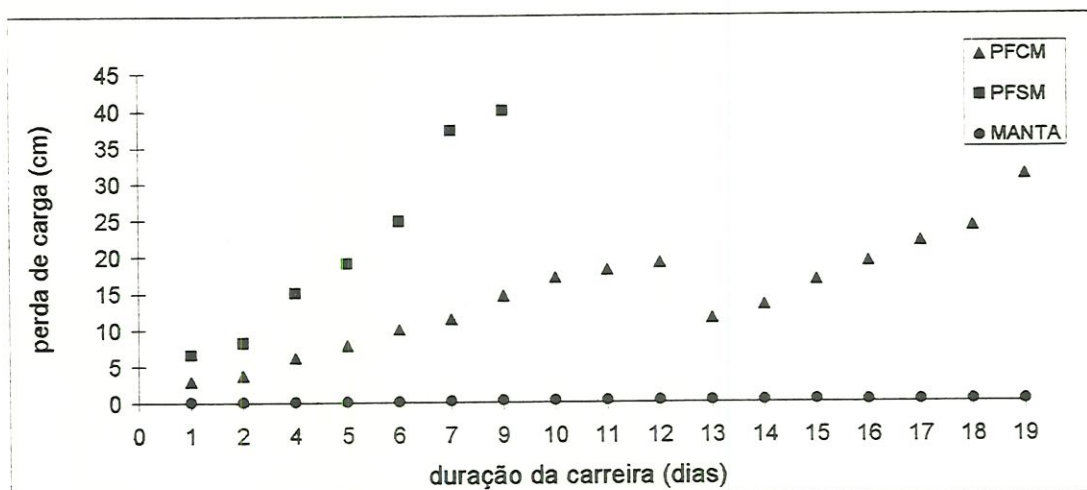


FIGURA 70: Perda de carga nos pré-filtros com manta (PFCM), pré-filtro sem manta (PFSSM) e nas mantas durante a segunda carreira de filtração operada sob a taxa de 24 m³/m².dia.

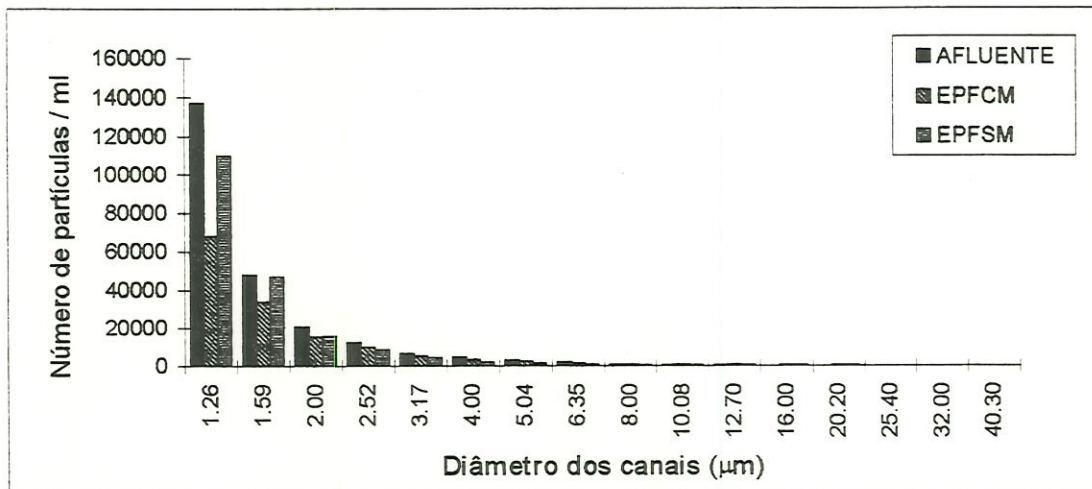


FIGURA 71: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Segunda carreira de filtração.
Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

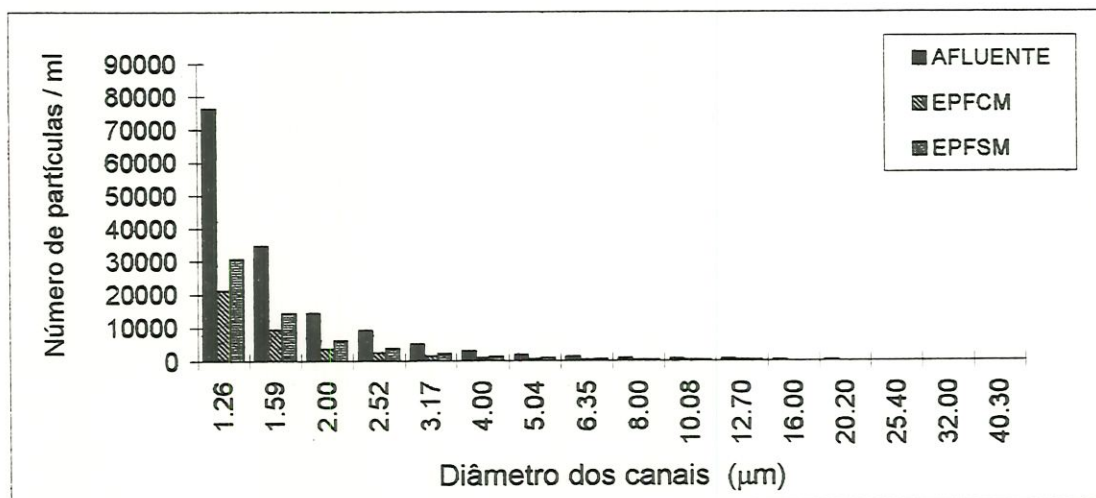


FIGURA 72: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Segunda carreira de filtração.
Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

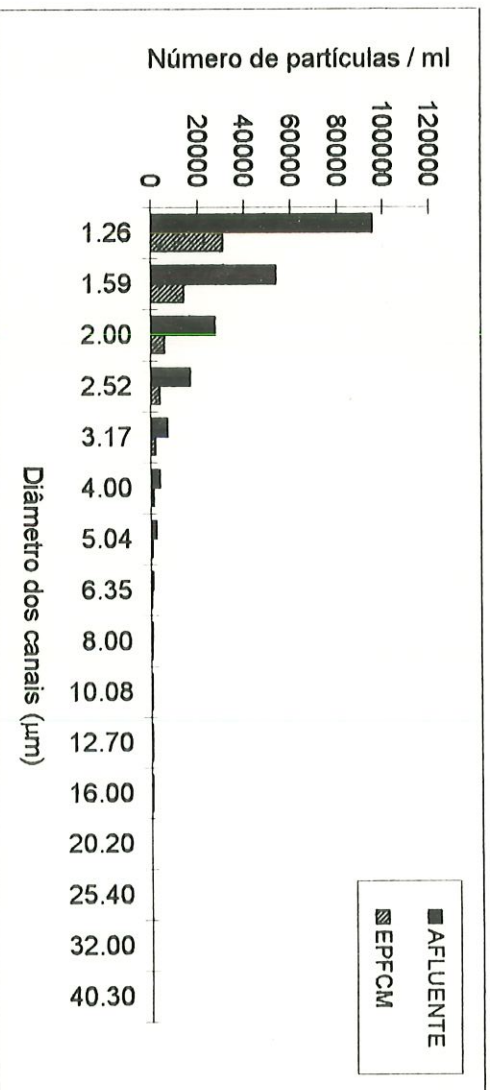


FIGURA 73: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluente do pré-filtro com manta (EPFCM) , em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Segunda carreira de filtração. Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

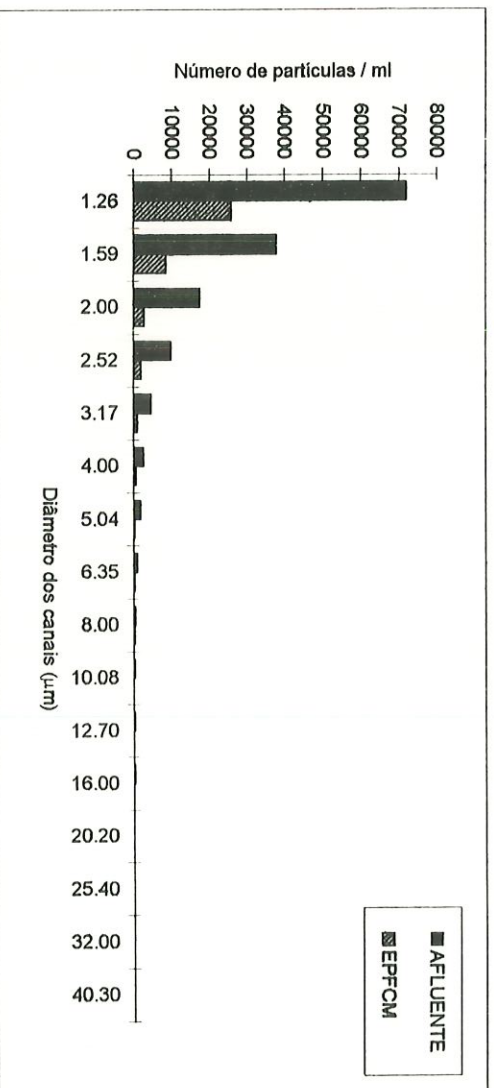


FIGURA 74: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluente do pré-filtro com manta (EPFCM) , em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Segunda carreira de filtração. Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

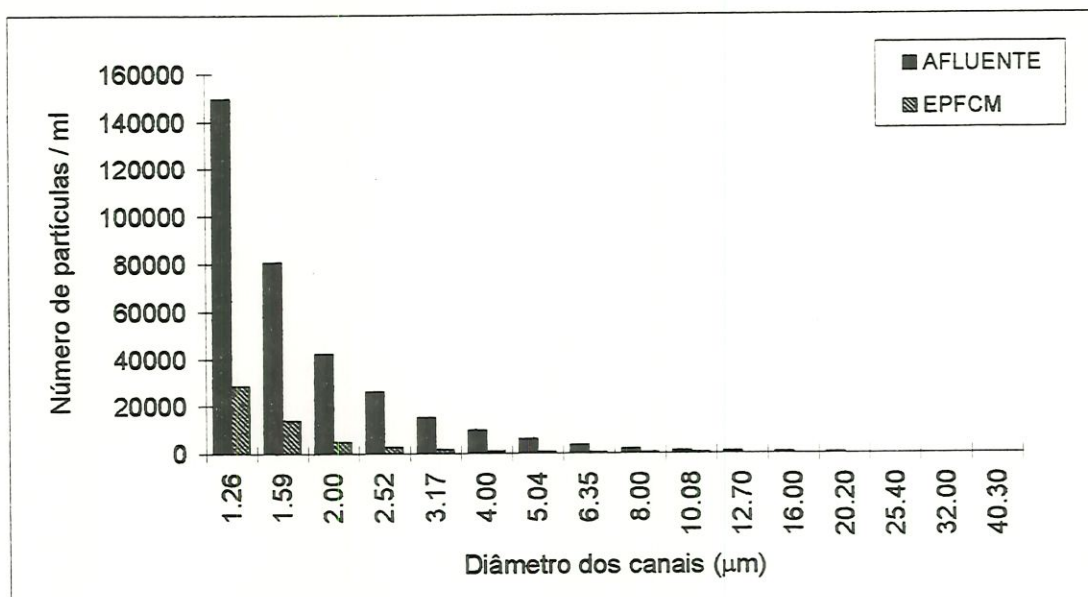


FIGURA 75: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluente do pré-filtro com manta (EPFCM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Segunda carreira de filtração. Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.



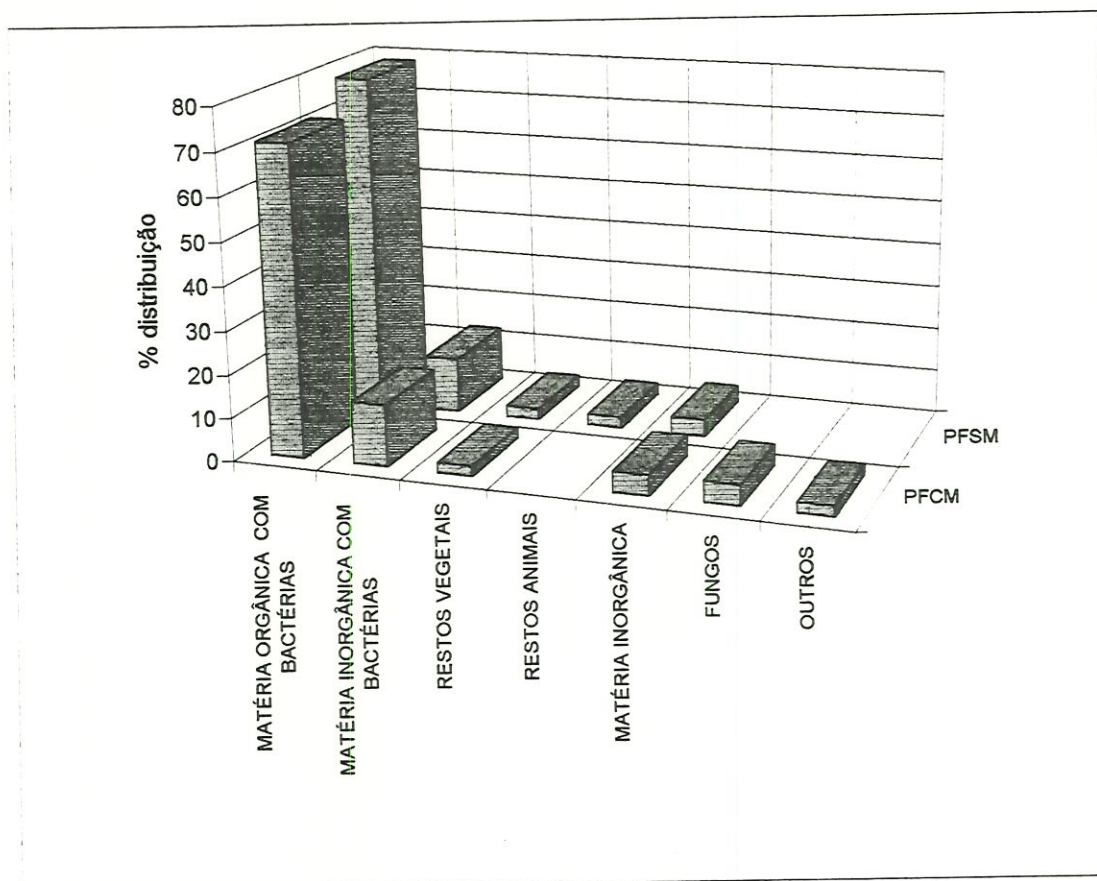


FIGURA 76: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFSM): subcamadas 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração.

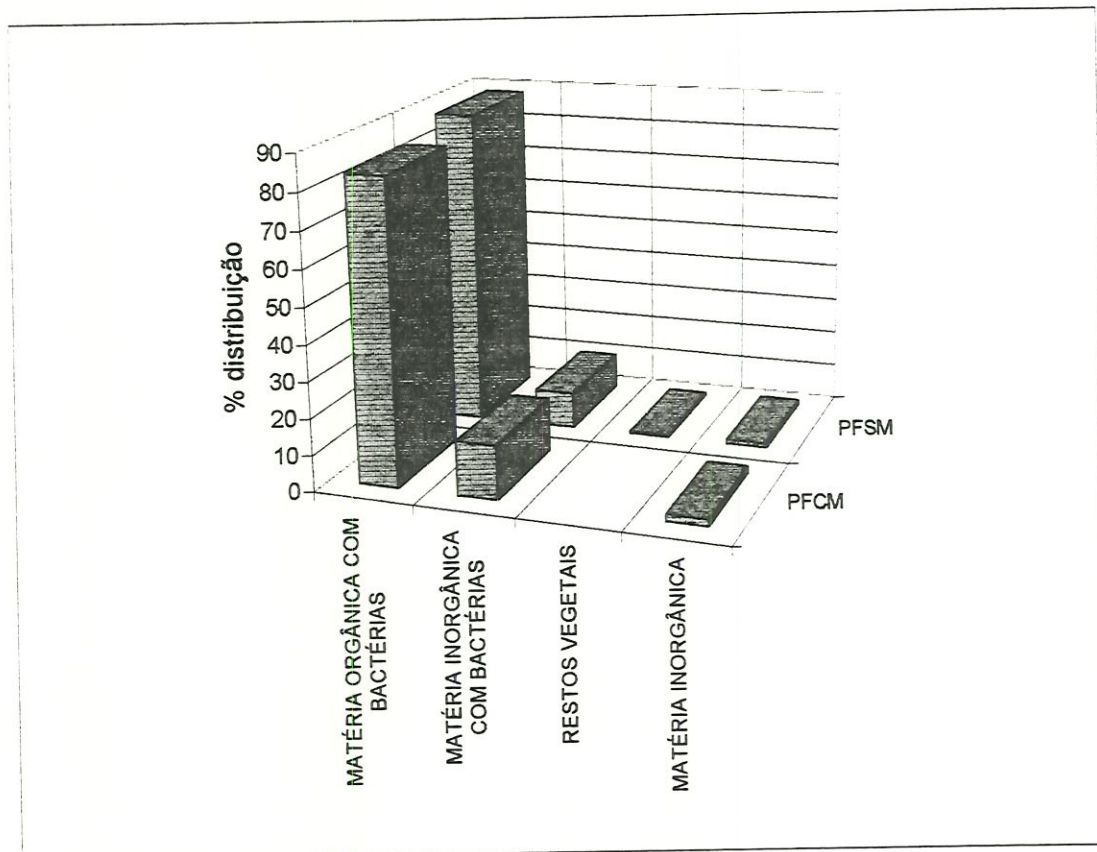


FIGURA 77: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFSM): subcamadas 10-25 cm. Término da segunda carreira de filtração.

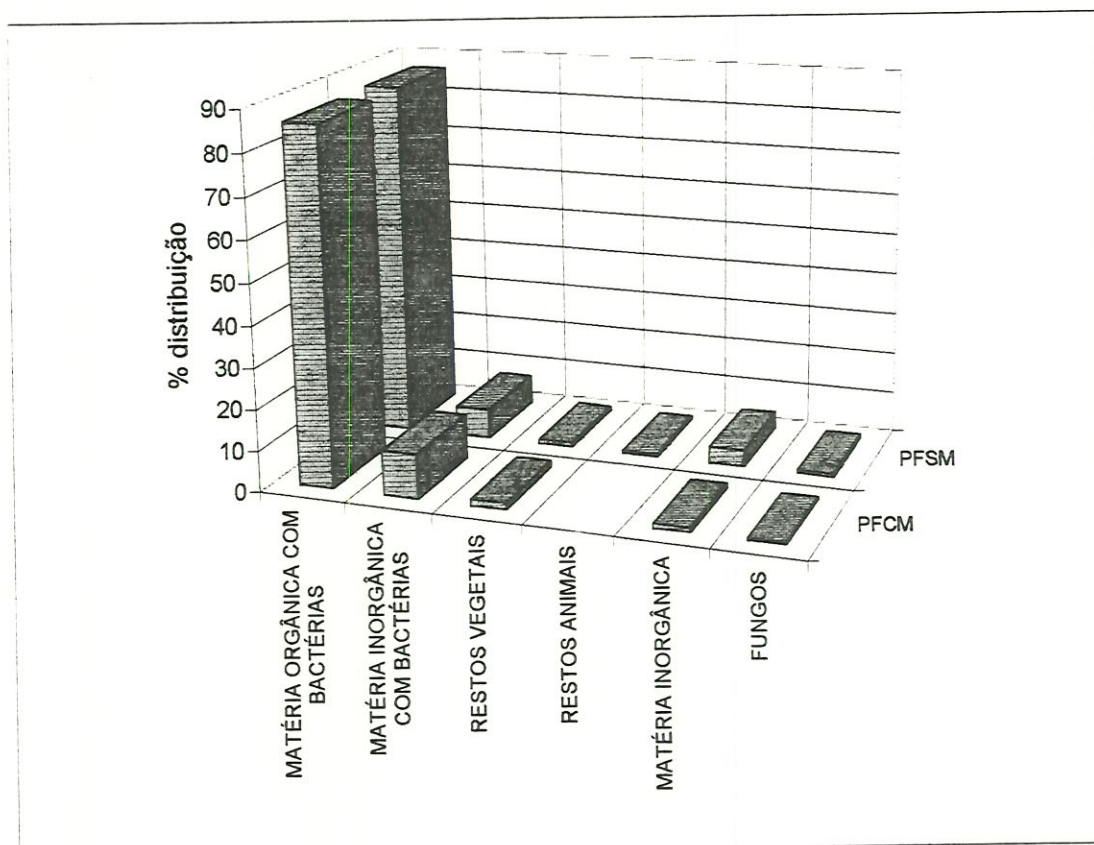


FIGURA 78: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFSM): subcamadas 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração.

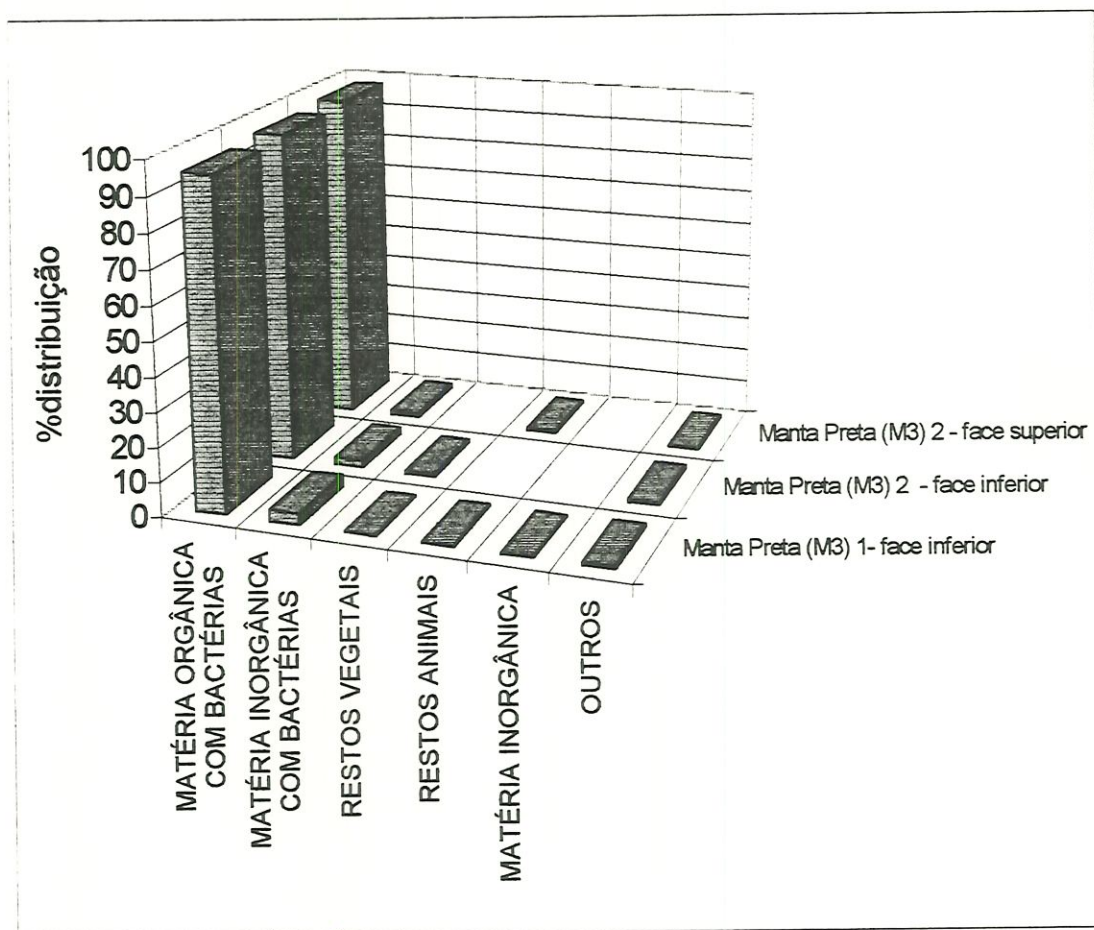


FIGURA 79: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica. Amostra das Mantas Pretas (M3)1 - face inferior e (M3)2 - faces inferior e superior. Término da segunda carreira de filtração.

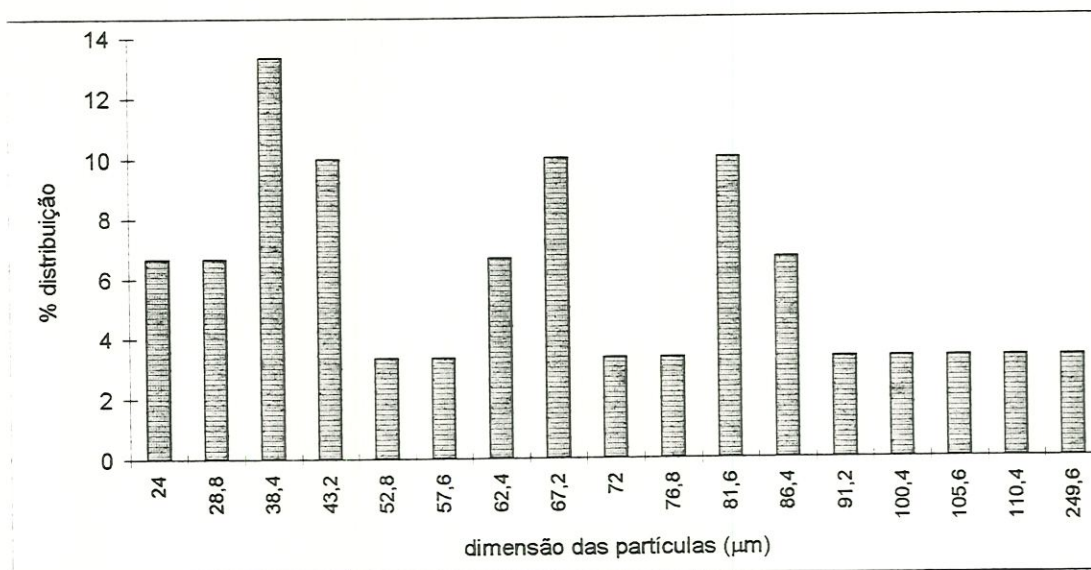


FIGURA 80: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

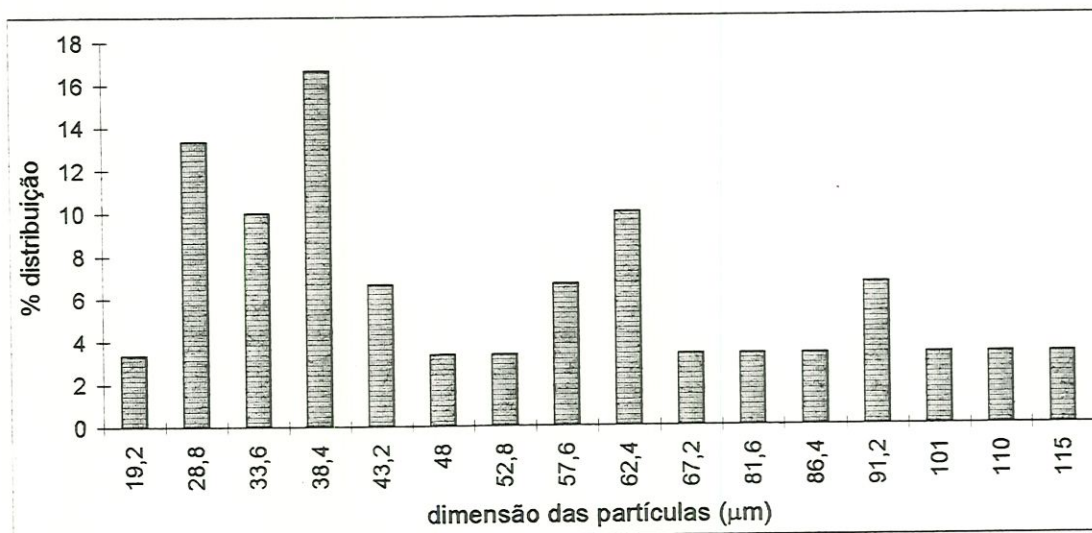


FIGURA 81: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

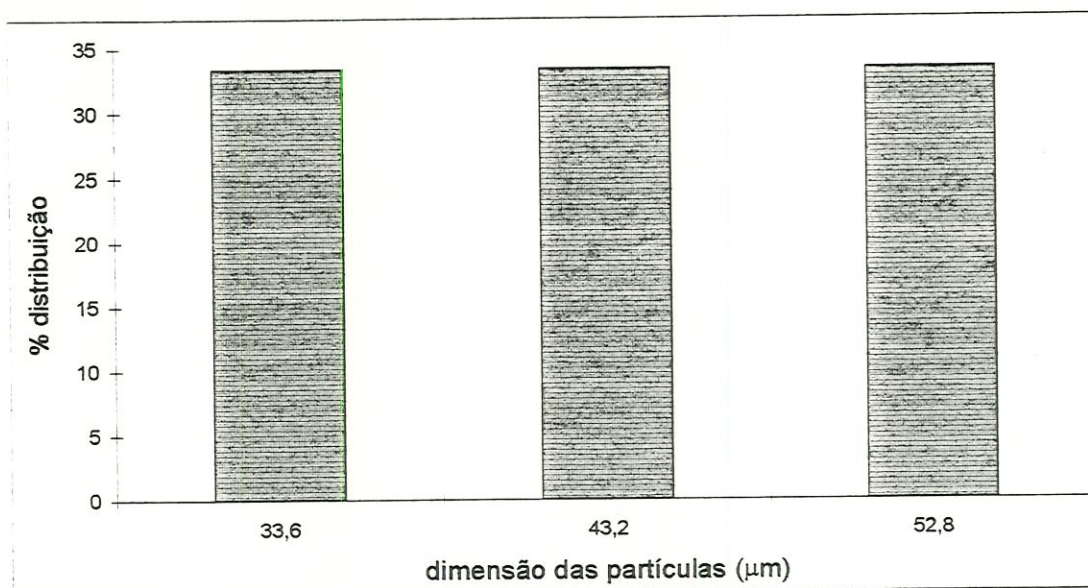


FIGURA 82: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

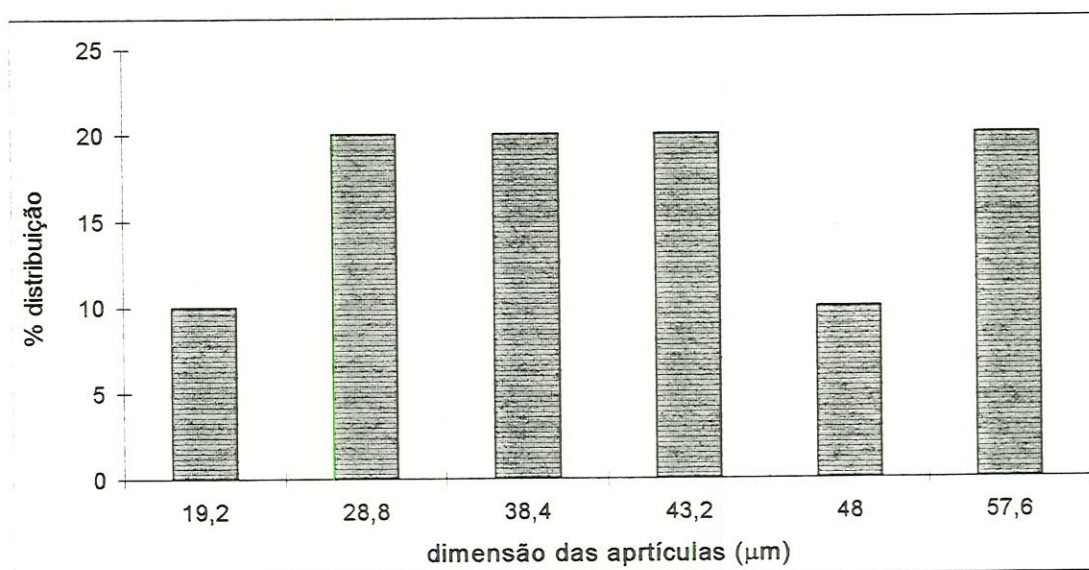


FIGURA 83: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

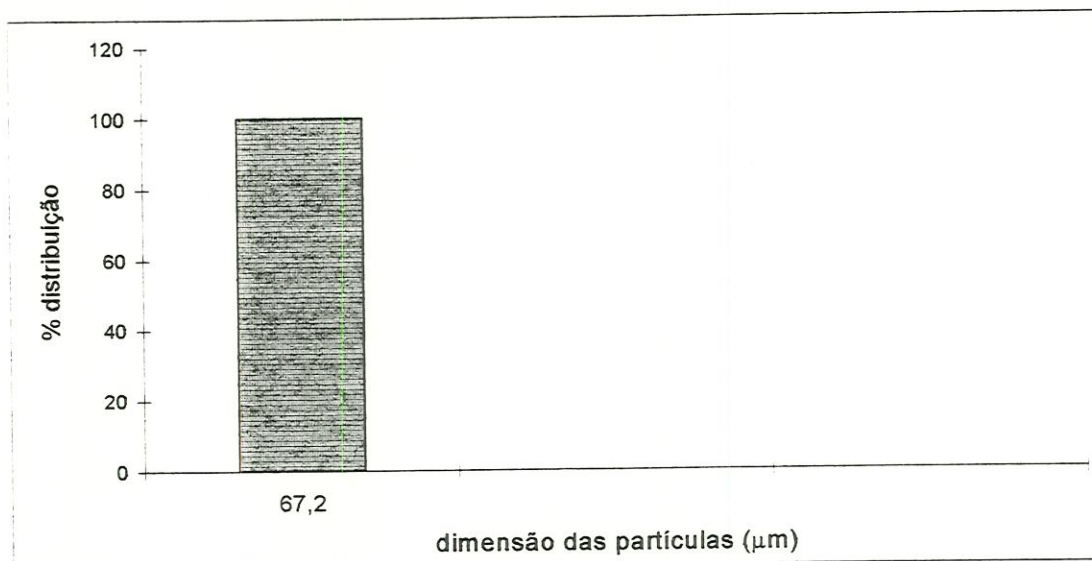


FIGURA 84: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

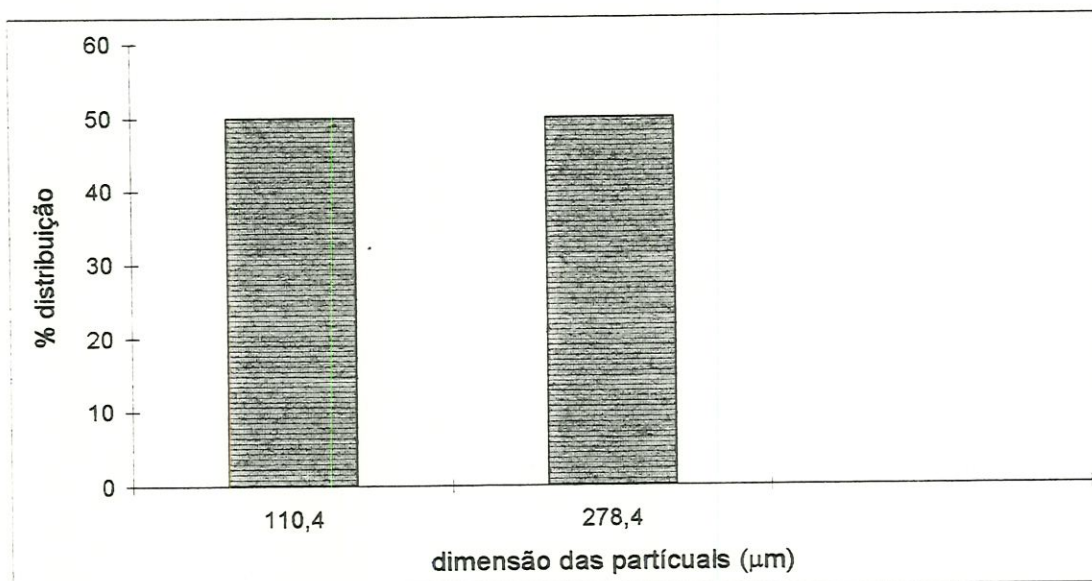


FIGURA 85: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

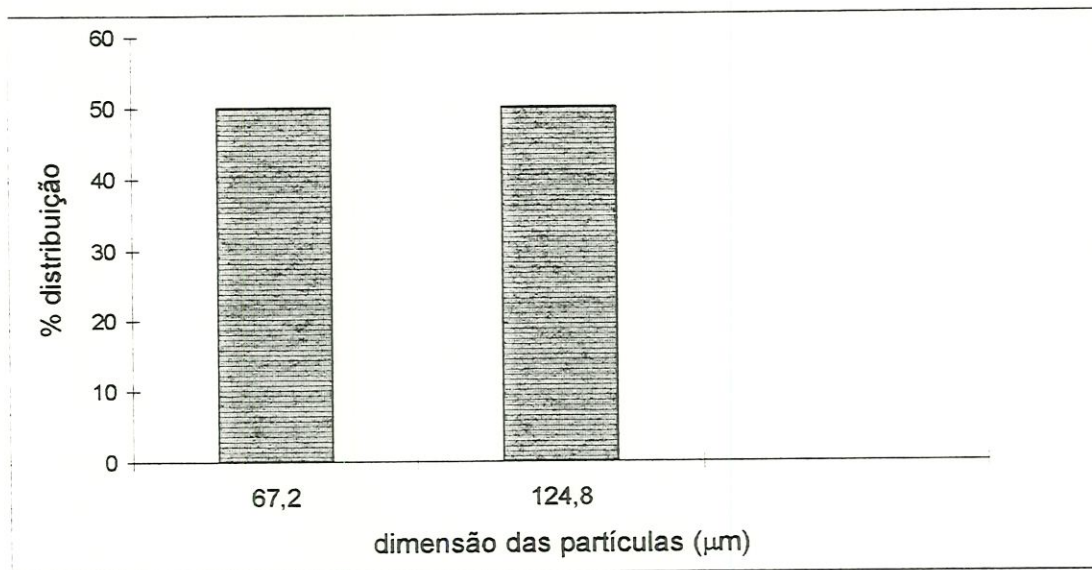


FIGURA 86: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

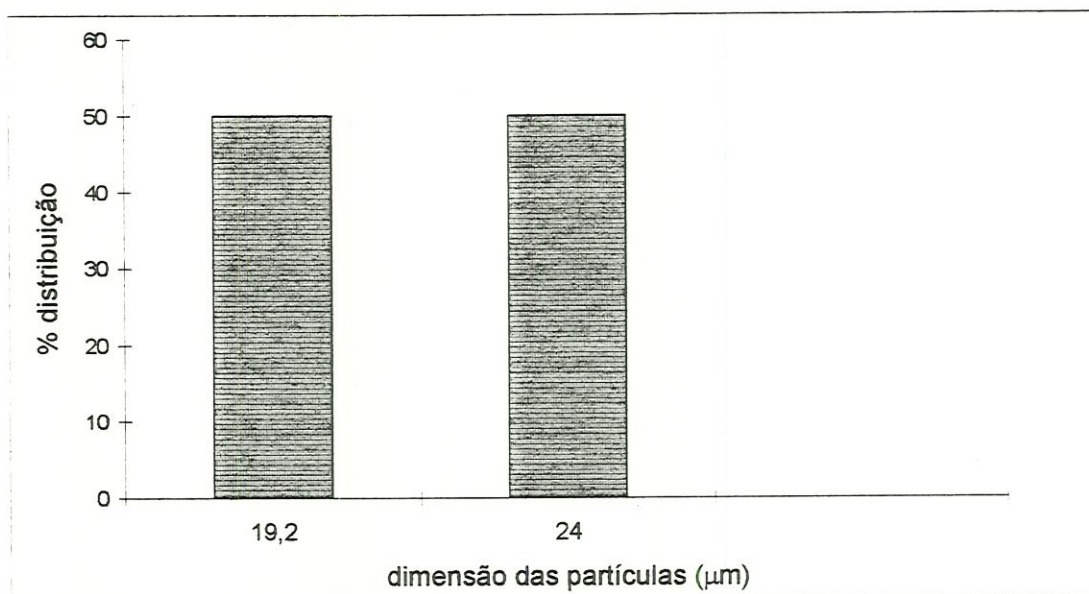


FIGURA 87: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

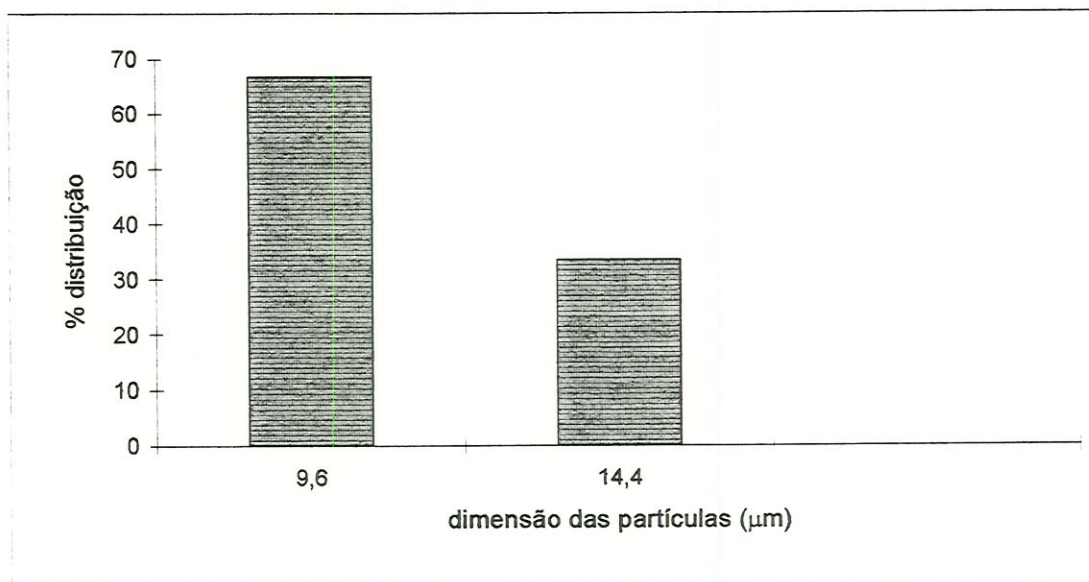


FIGURA 88: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

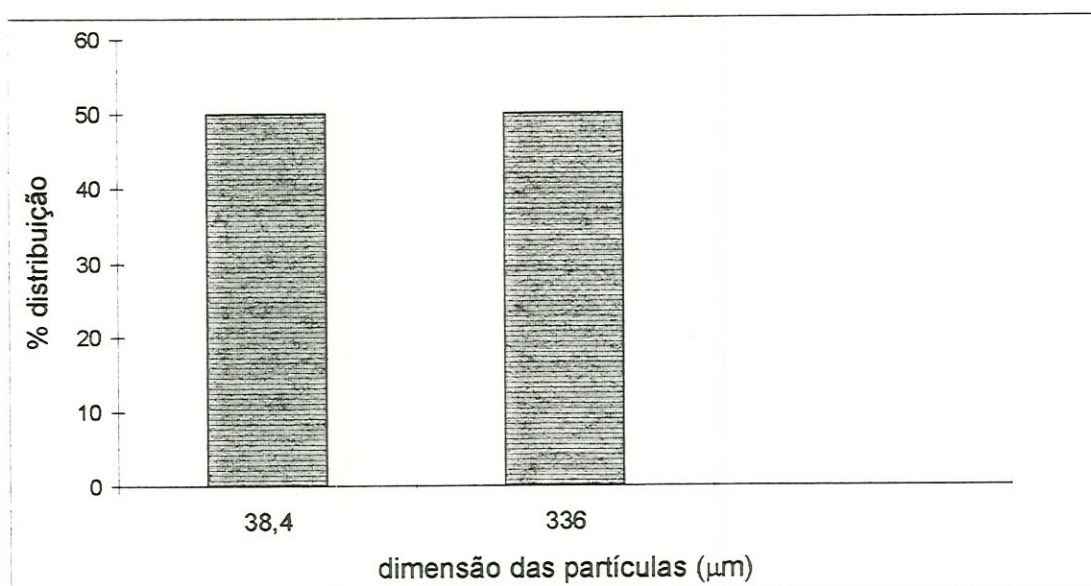


FIGURA 89: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

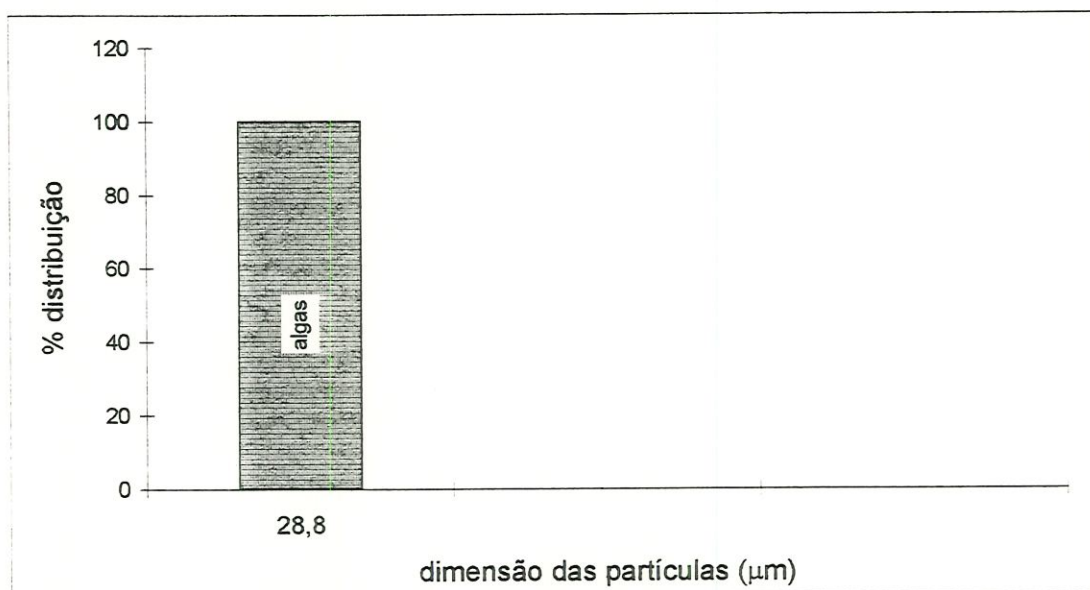


FIGURA 90: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

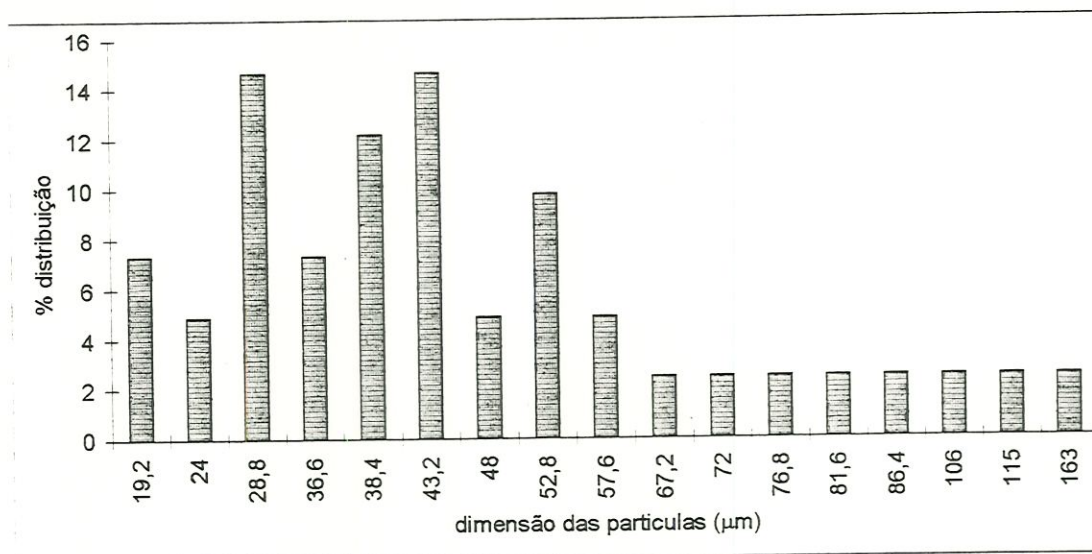


FIGURA 91: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

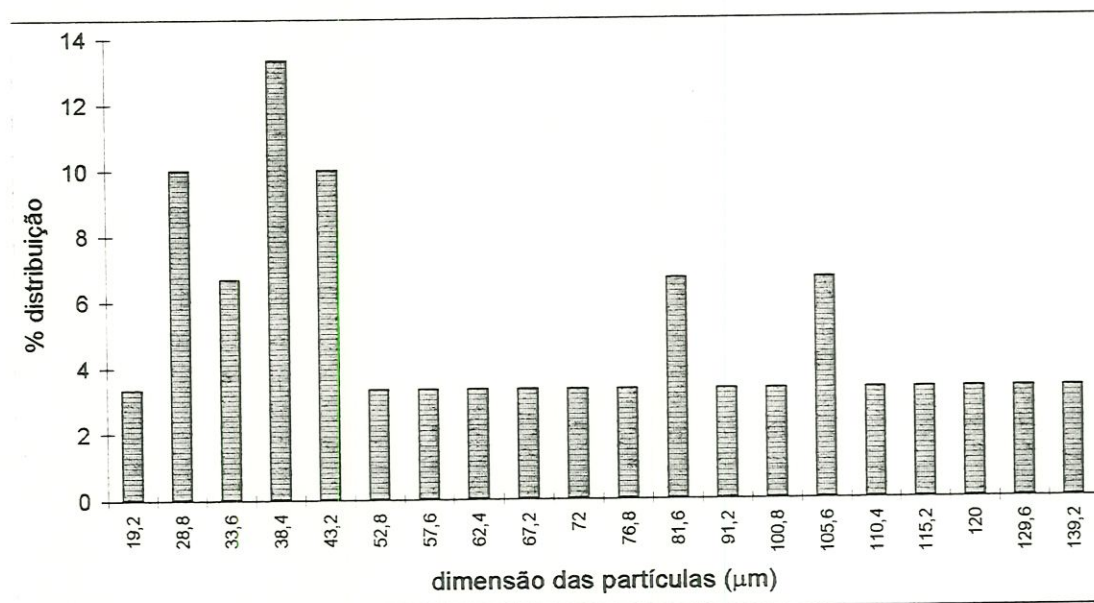


FIGURA 92: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

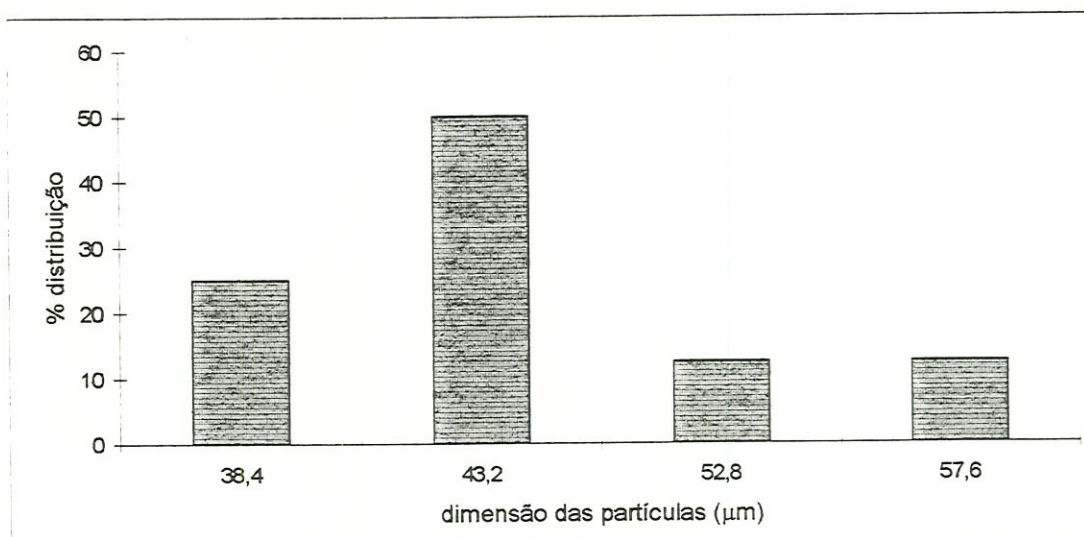


FIGURA 93: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

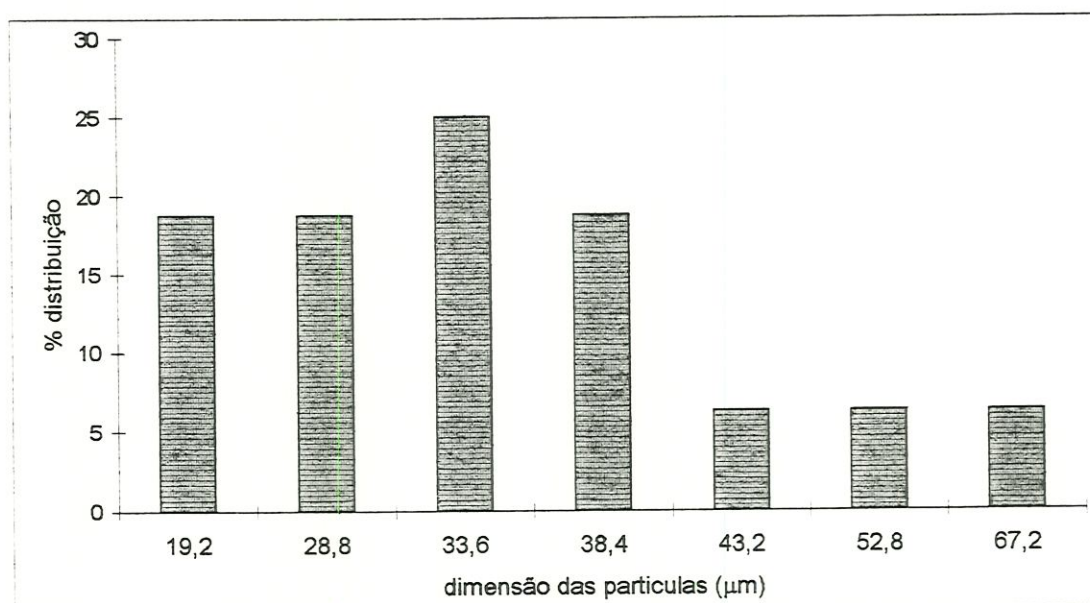


FIGURA 94: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFMS): subcamada 10-25 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

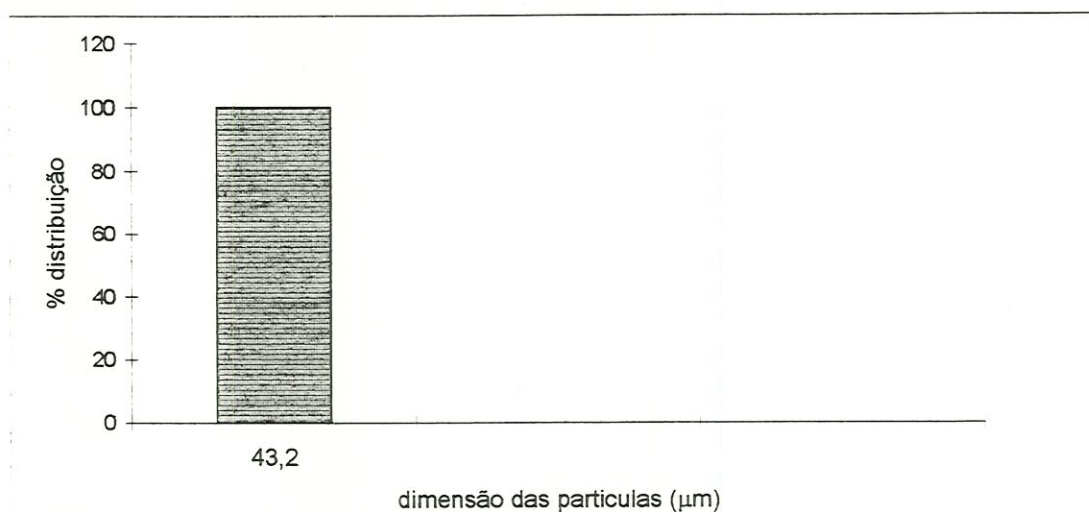


FIGURA 95: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

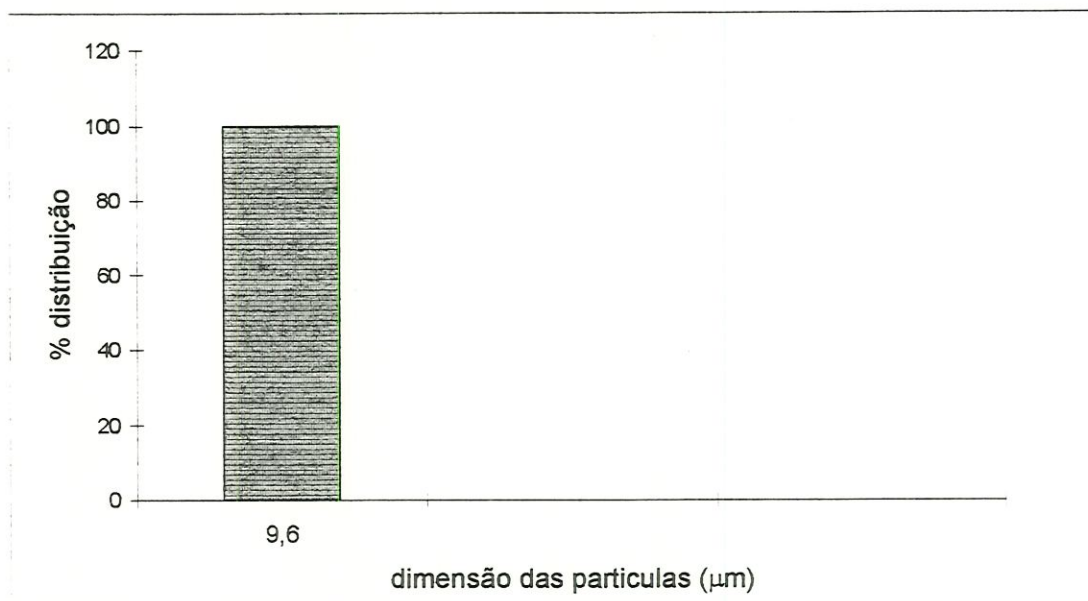


FIGURA 96: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

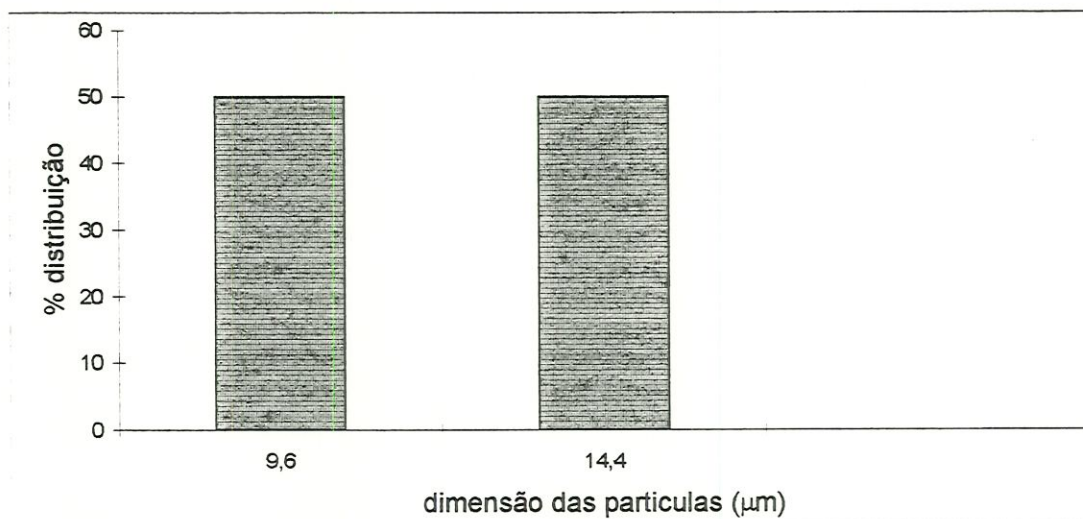


FIGURA 97: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

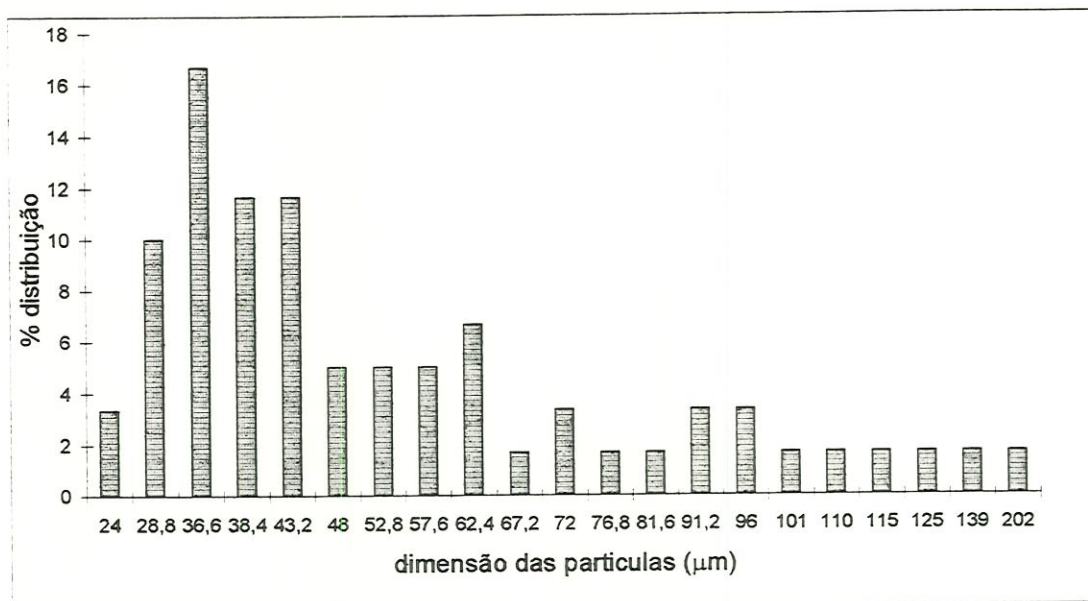


FIGURA 98: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

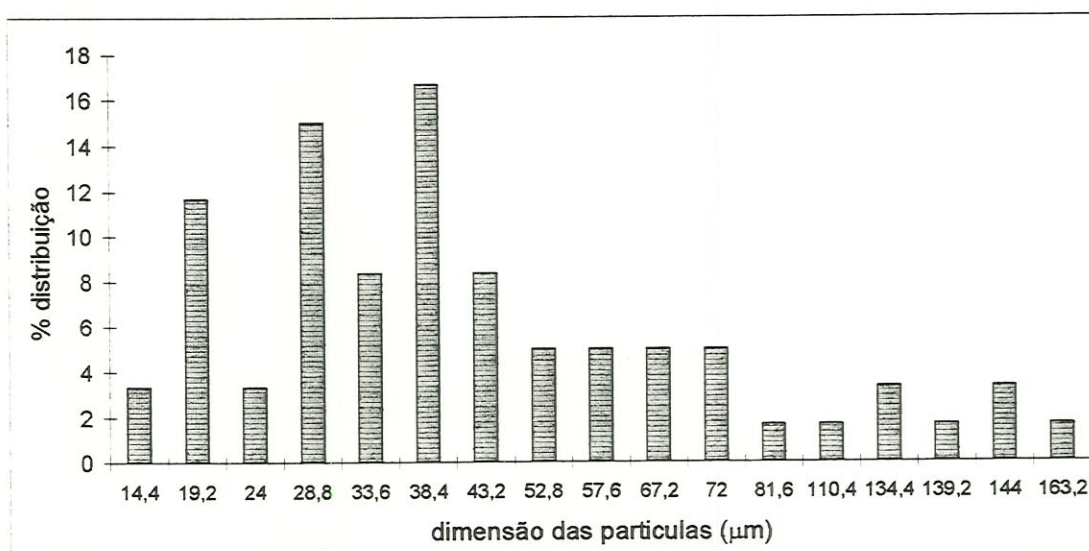


FIGURA 99: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFMS): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

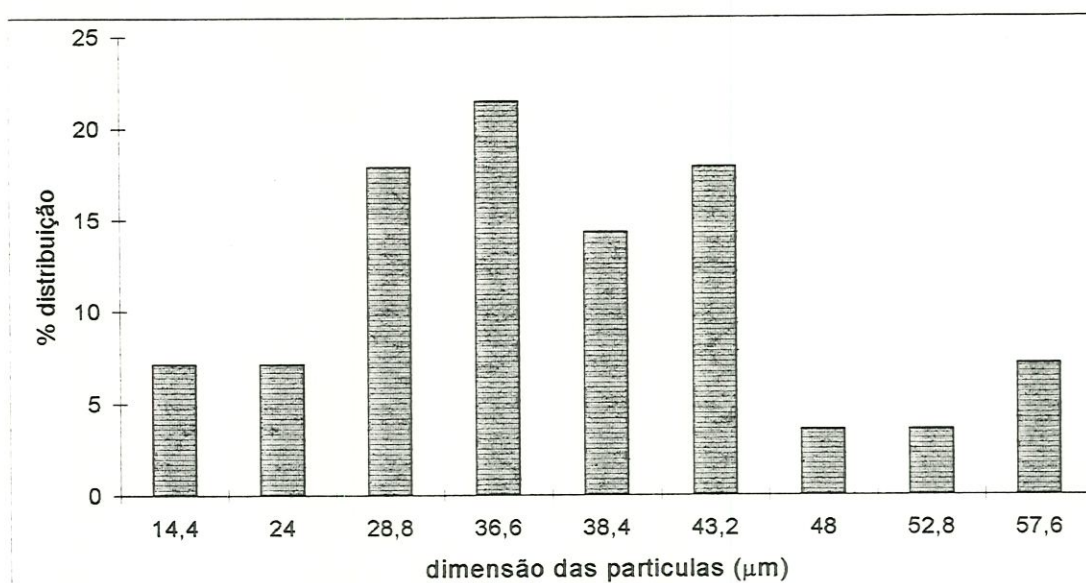


FIGURA 100: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

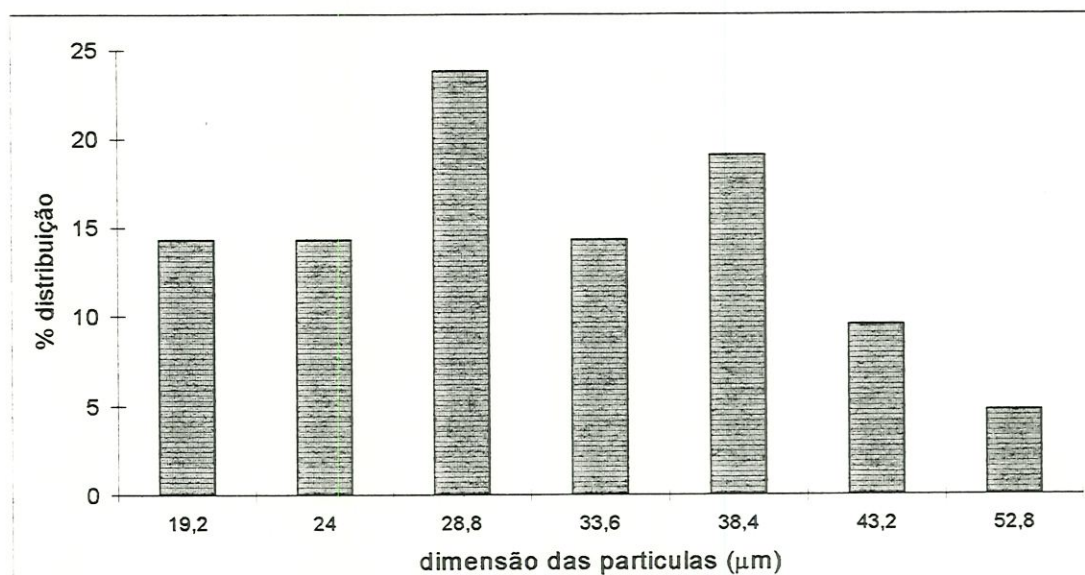


FIGURA 101: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

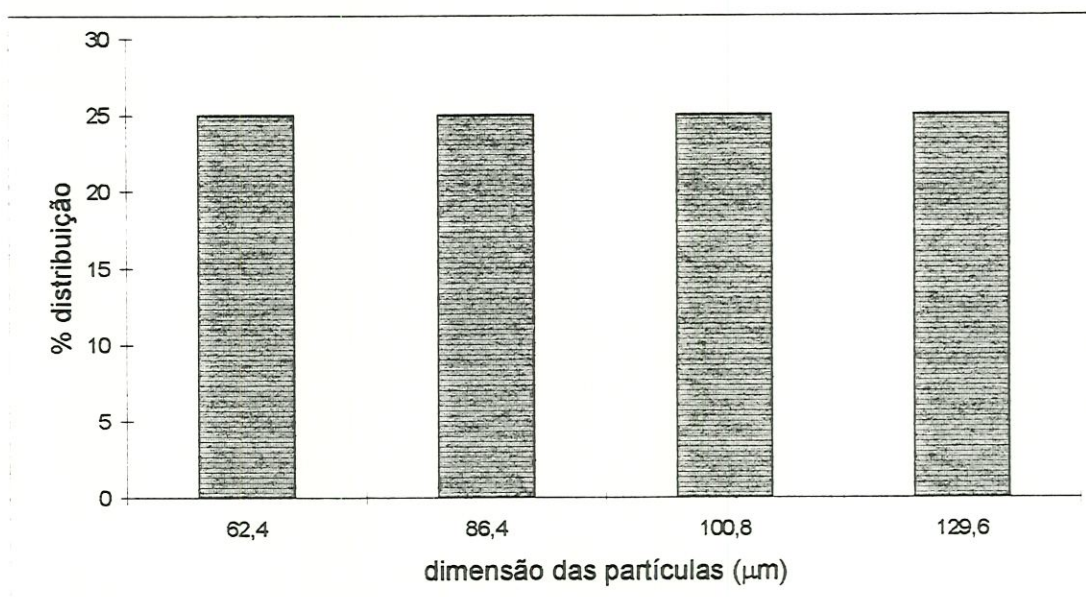


FIGURA 102: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

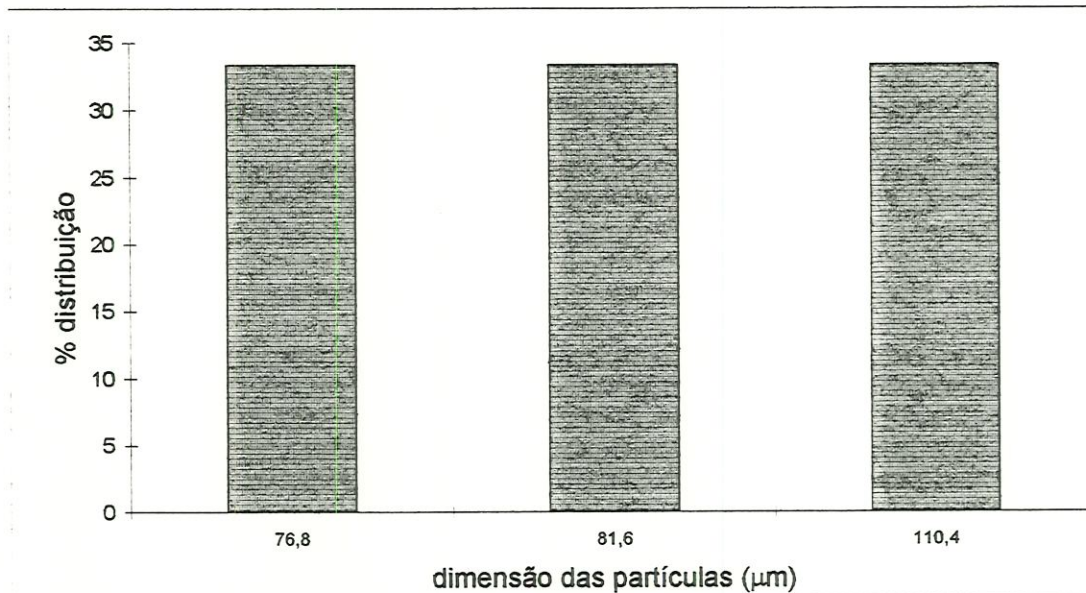


FIGURA 103: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

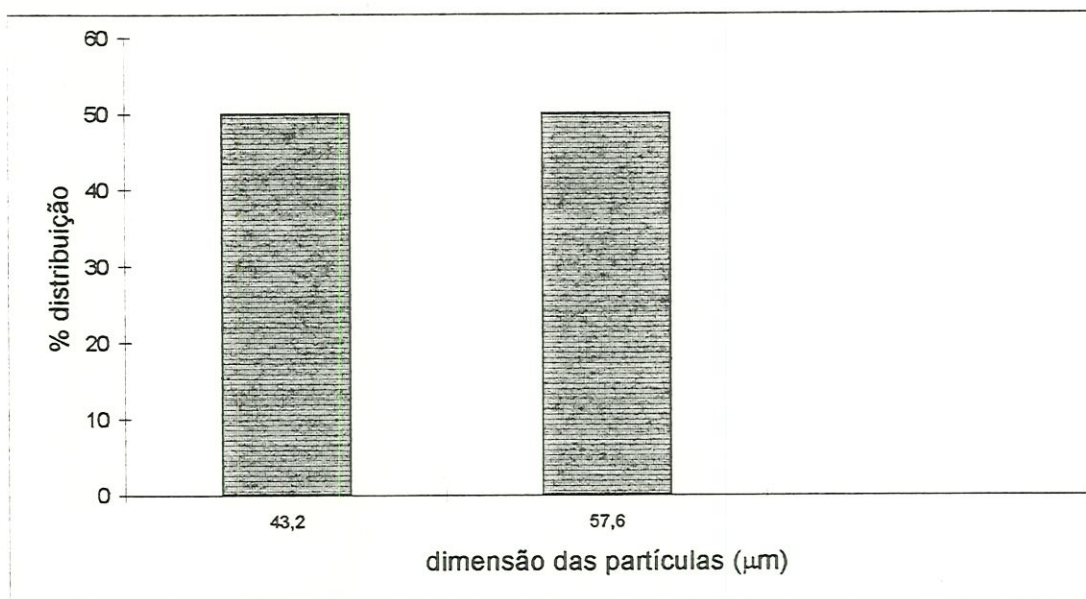


FIGURA 104: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

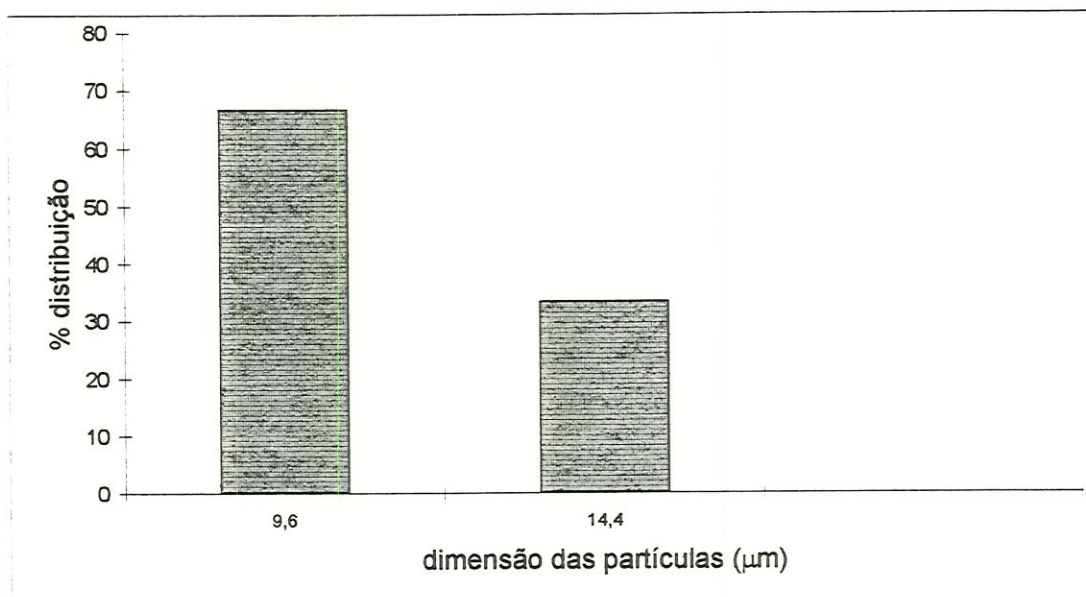


FIGURA 105: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

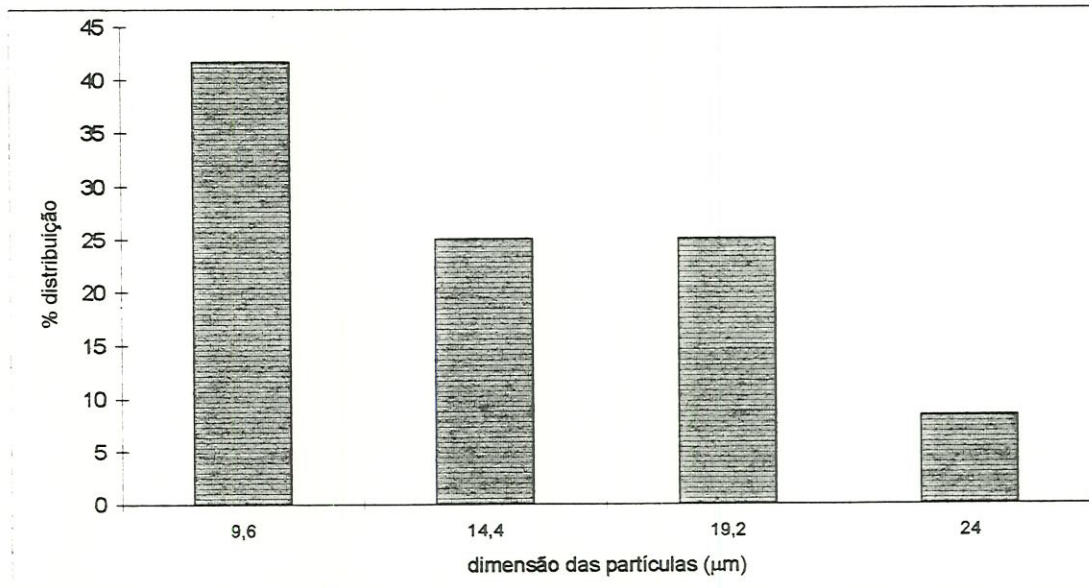


FIGURA 106: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

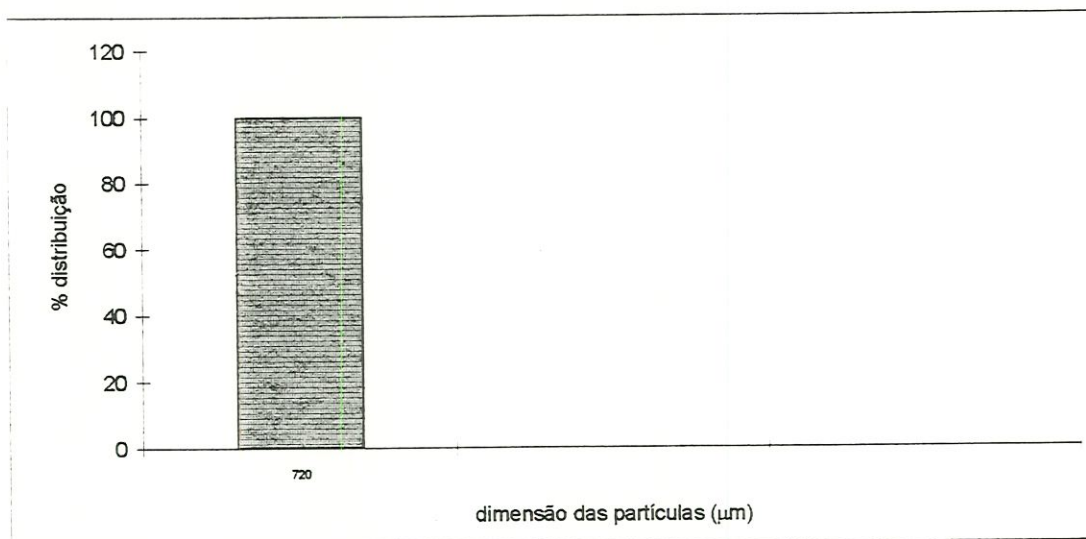


FIGURA 107: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos.

Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm.

Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

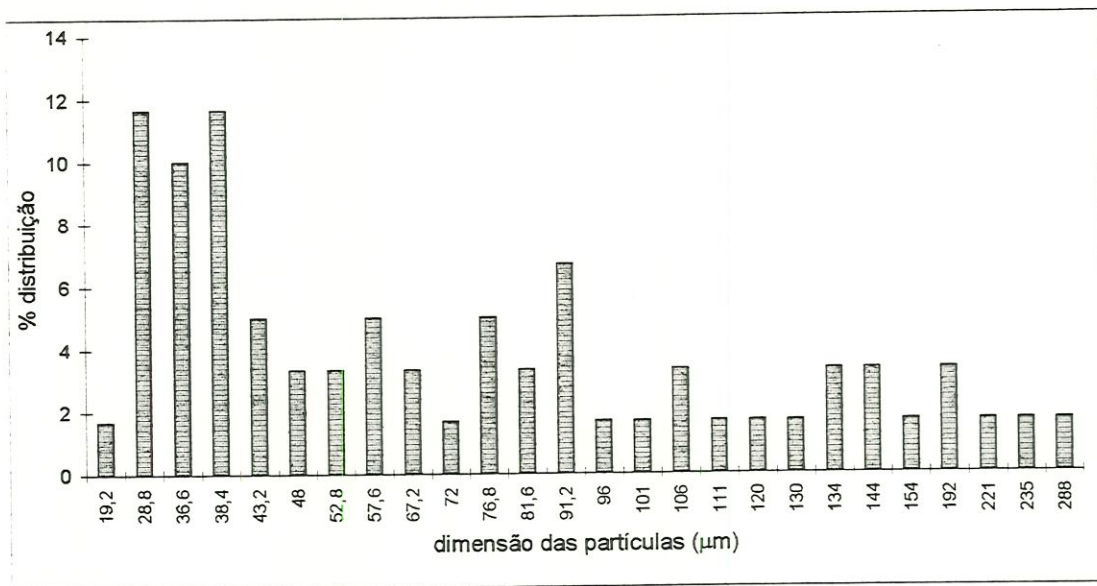


FIGURA 109: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

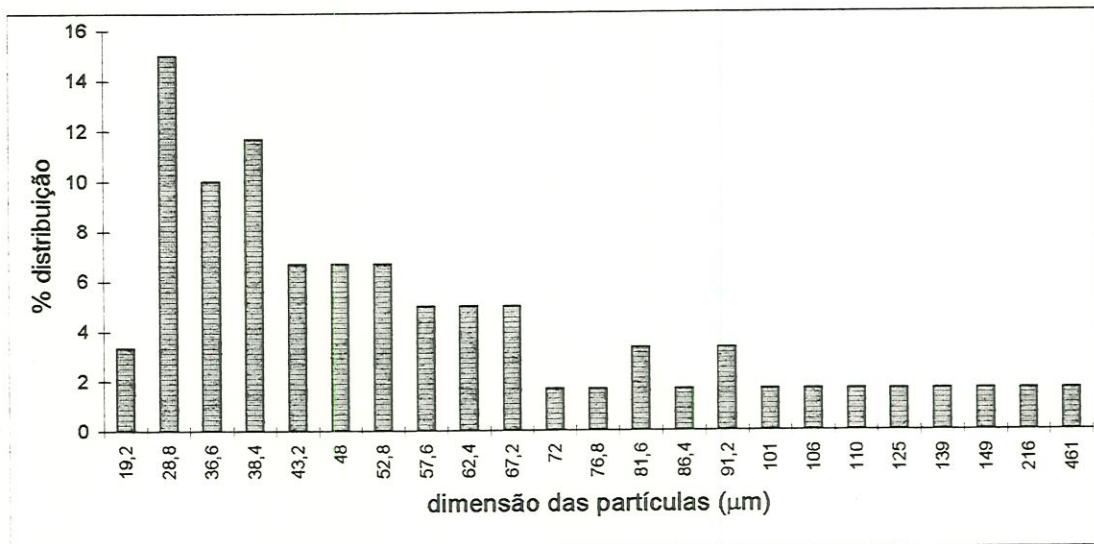


FIGURA 110: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra da manta preta (M3)2 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

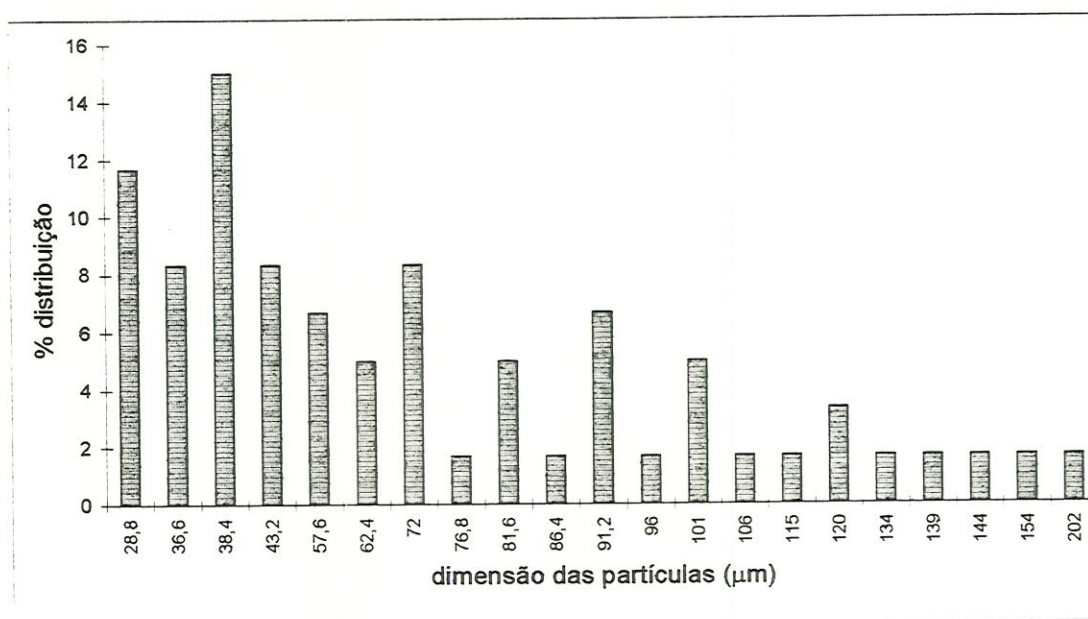


FIGURA 111: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra da manta preta (M3)2 - face superior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

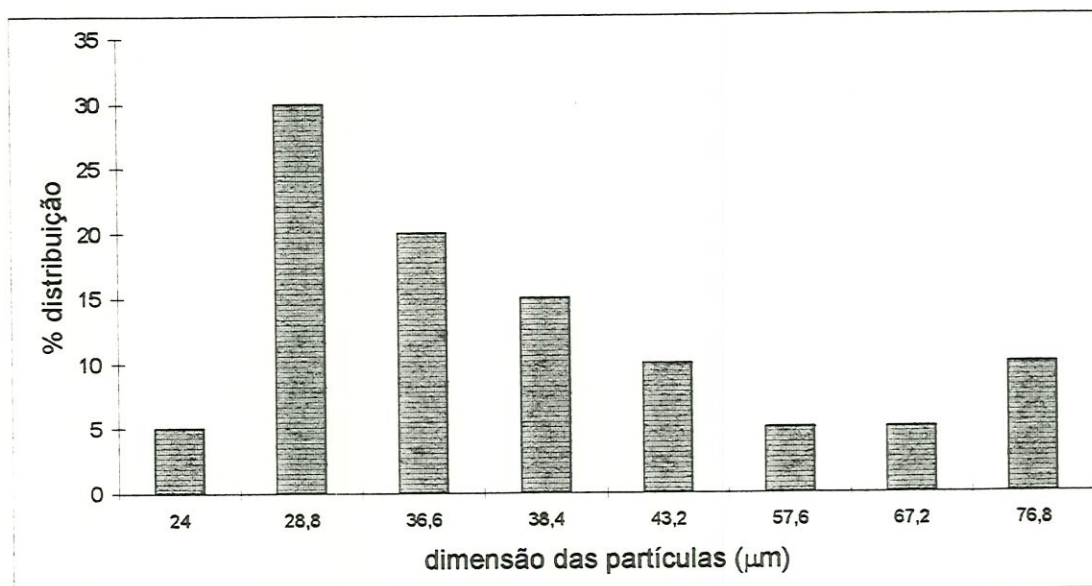


FIGURA 112: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra da manta preta (M3) 1 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

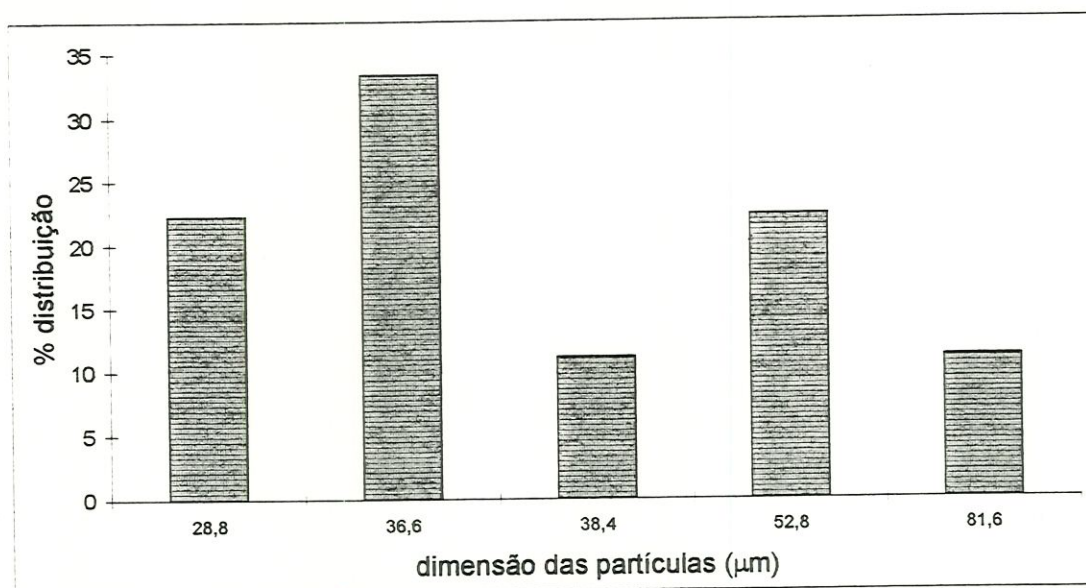


FIGURA 113: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra da manta preta (M3)2 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

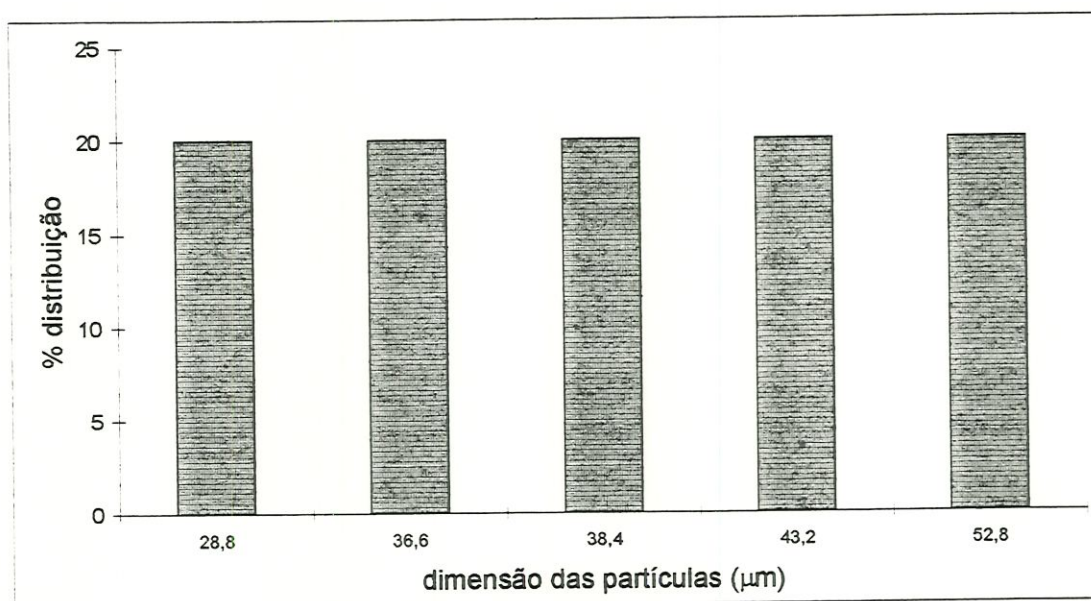


FIGURA 114: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra da manta preta (M3)2 - face superior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

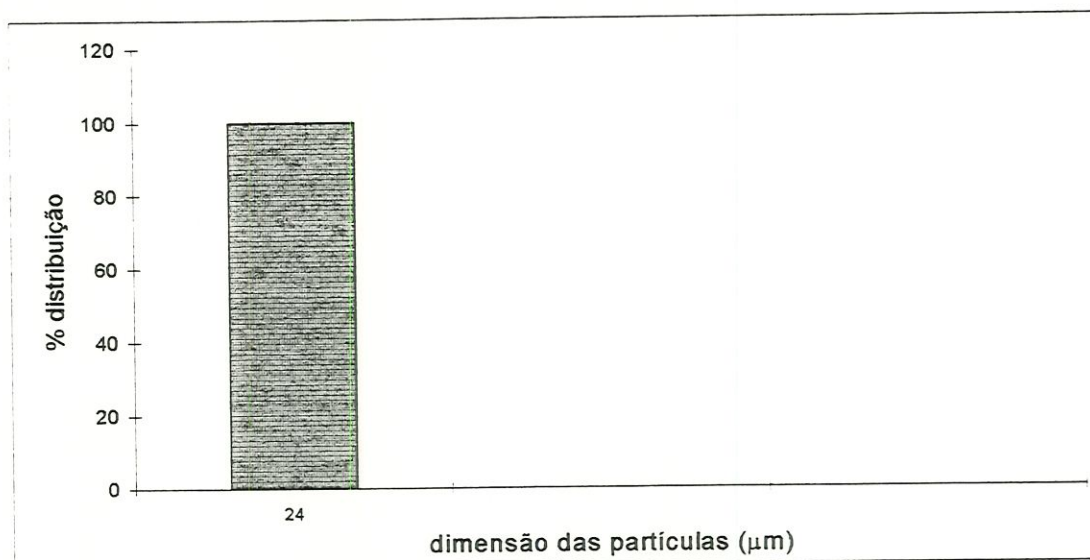


FIGURA 115: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

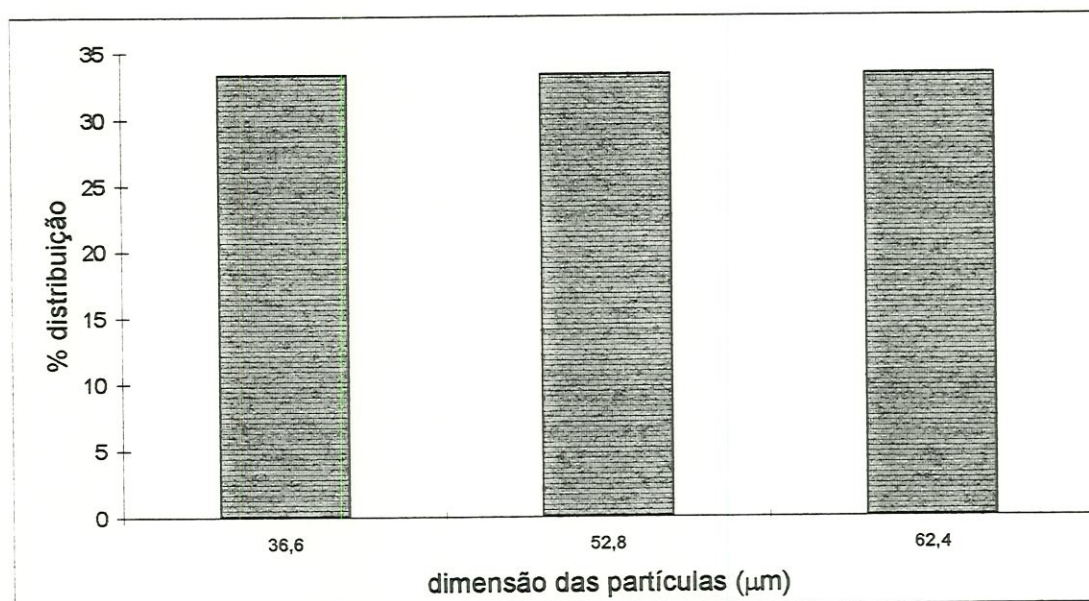


FIGURA 116: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra da manta preta (M3)2 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

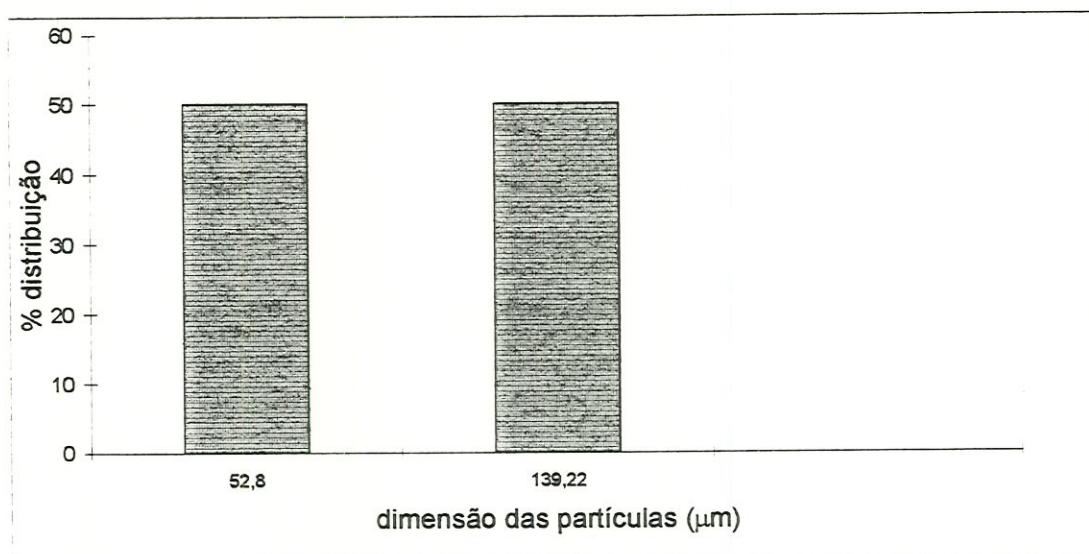


FIGURA 117: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

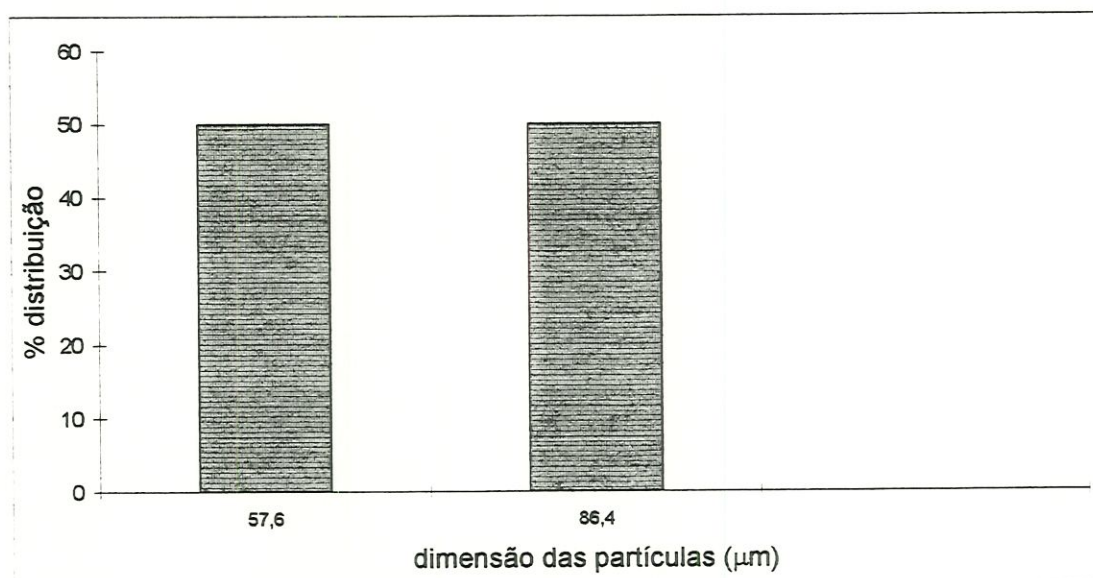


FIGURA 118: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra da manta preta (M3)2 - face superior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

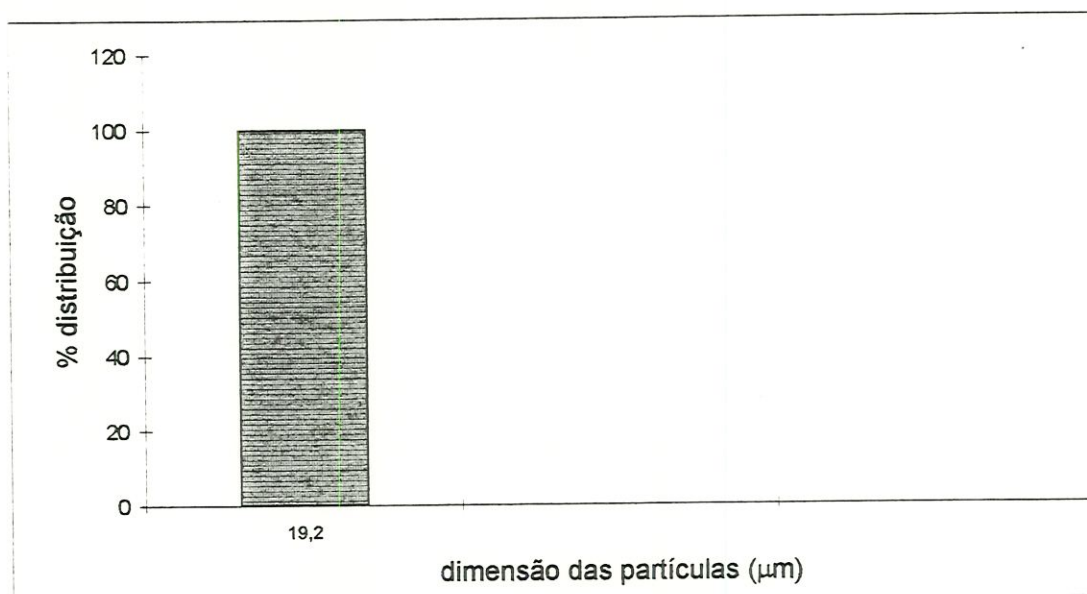


FIGURA 119: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

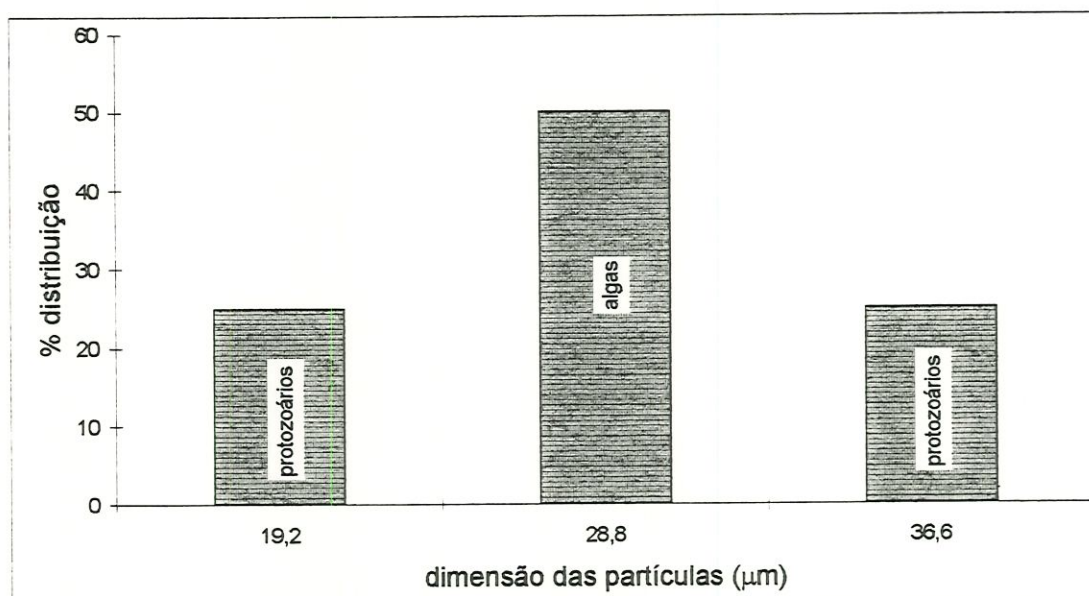


FIGURA 120: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

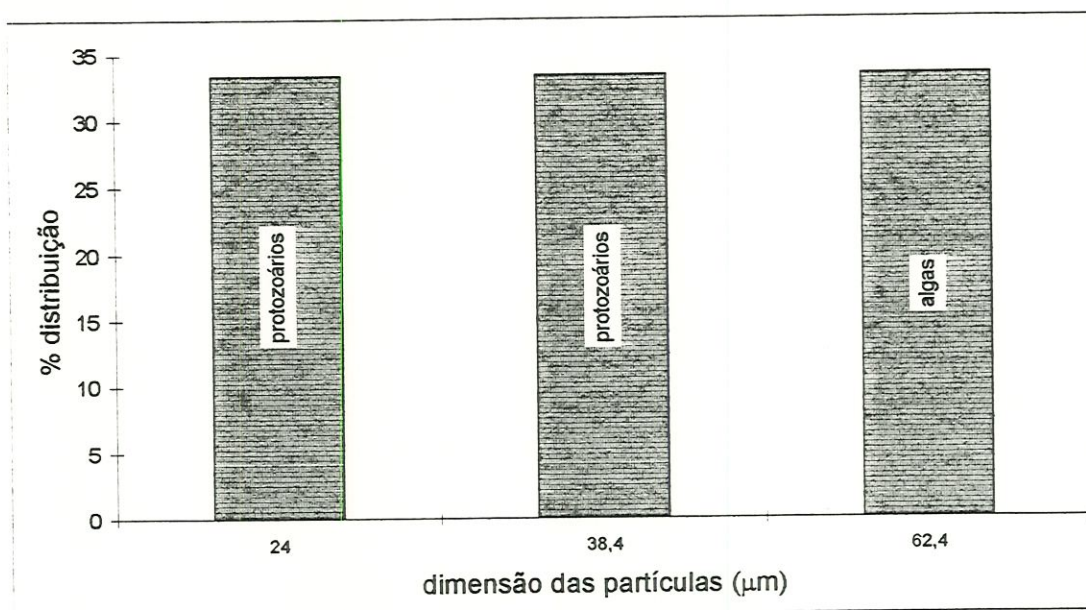


FIGURA 121: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra da manta preta (M3)2 - face inferior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

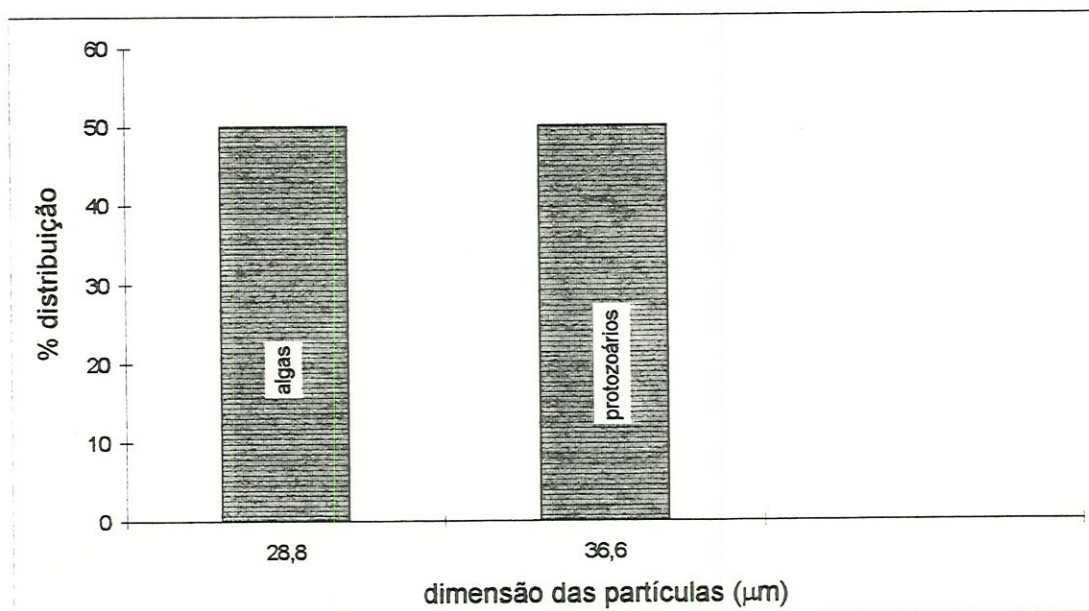


FIGURA 122: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra da manta preta (M3)2 - face superior. Término da segunda carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

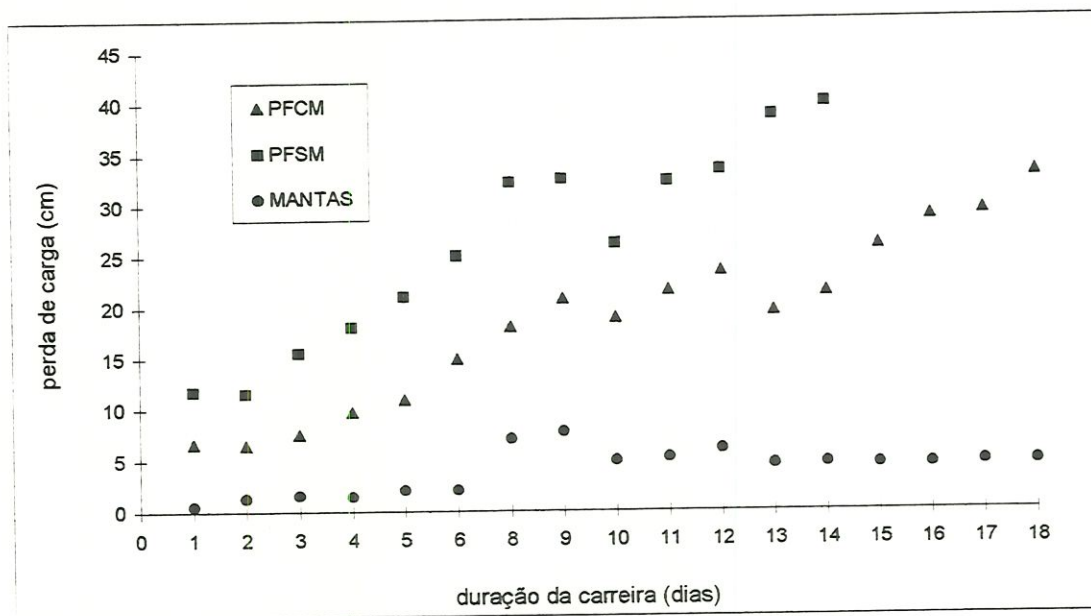


FIGURA 123: Perda de carga nos pré-filtro com manta (PFCM), pré-filtro sem manta (PFSM) e na mantas durante a terceira carreira de filtração operada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

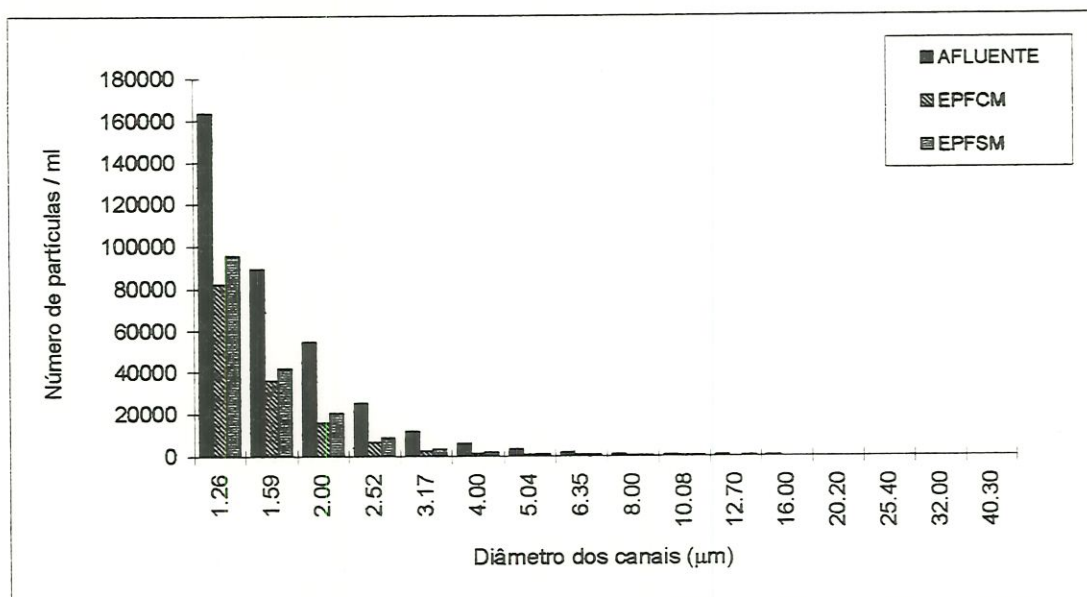


FIGURA 124: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Terceira carreira de filtração.
Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

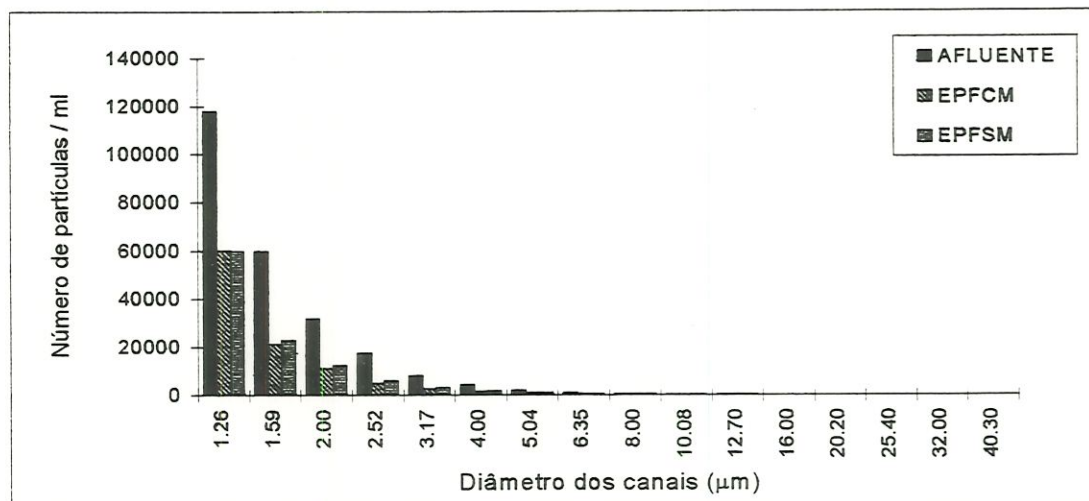


FIGURA 125: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Terceira carreira de filtração.
Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

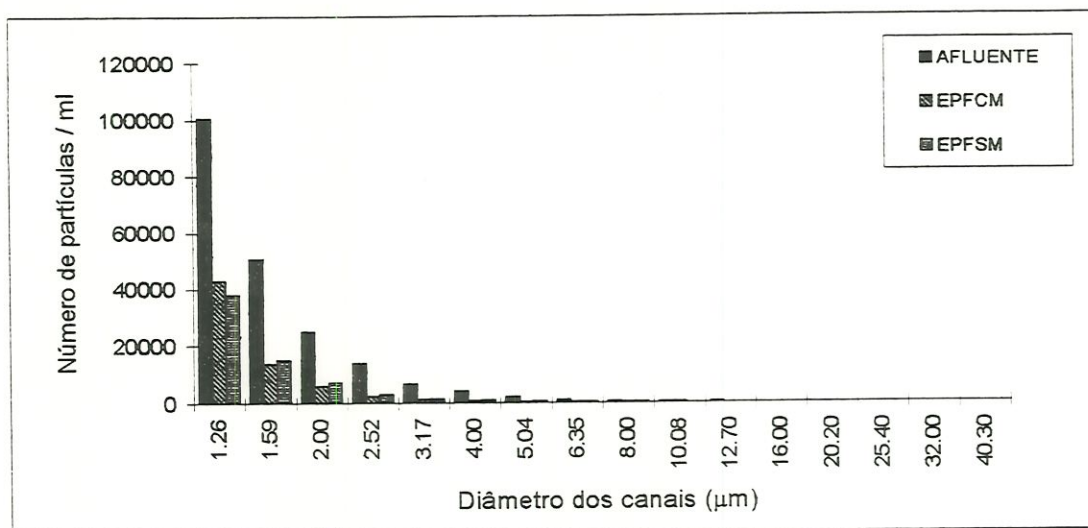


FIGURA 126: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Terceira carreira de filtração. Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

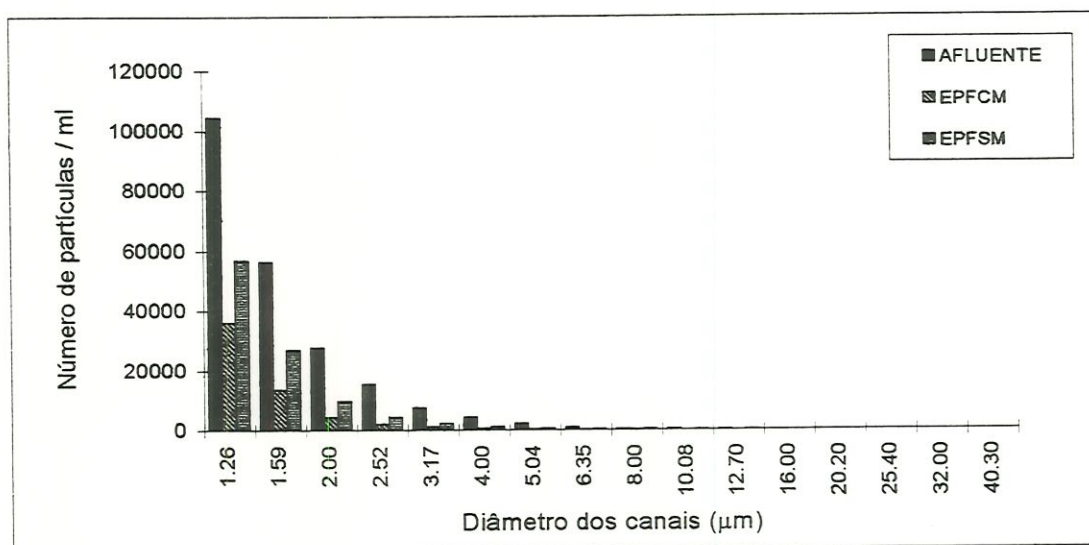


FIGURA 127: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Terceira carreira de filtração. Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

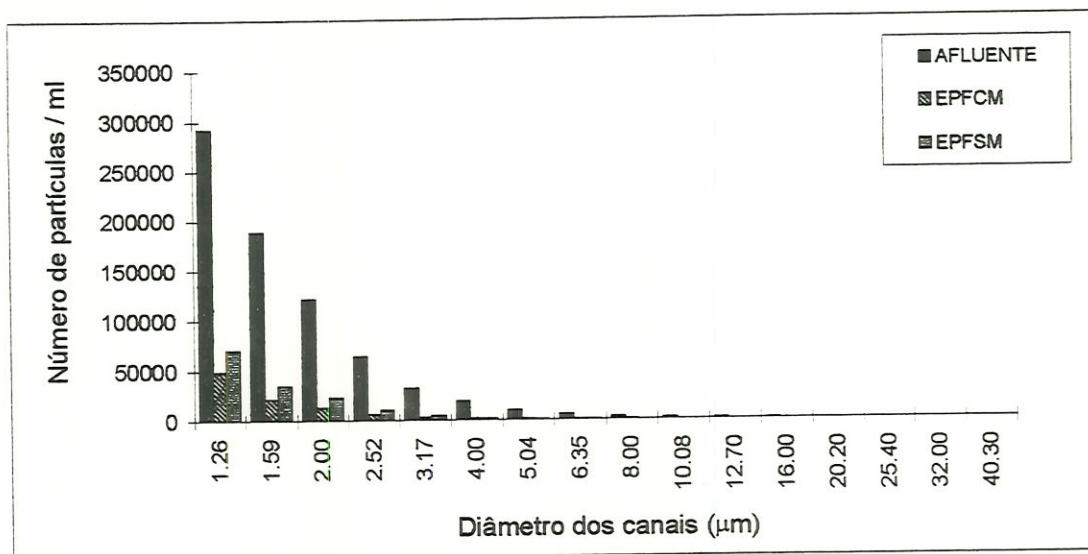


FIGURA 128: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Terceira carreira de filtração. Taxa: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

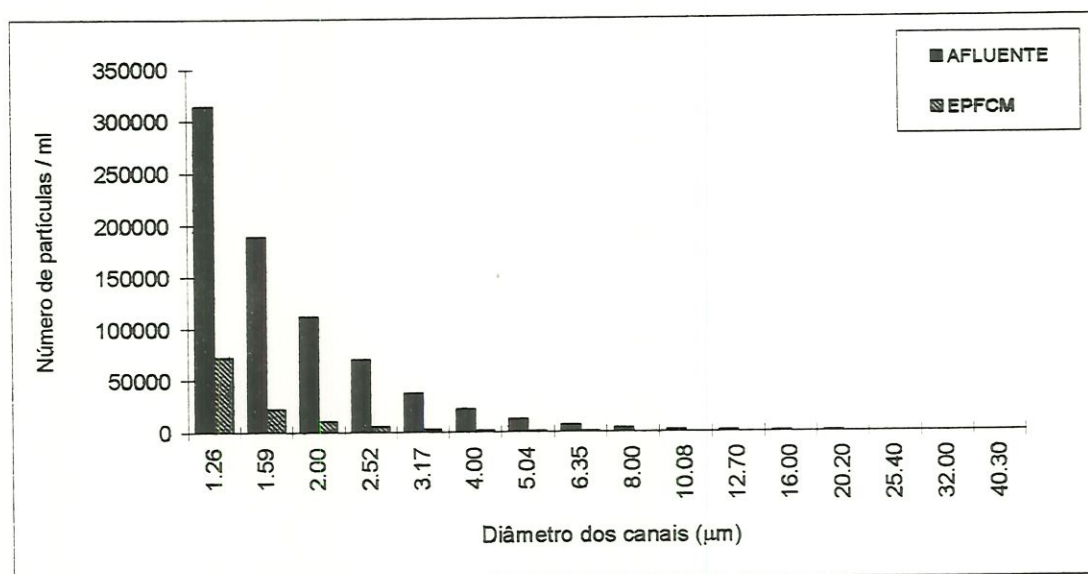


FIGURA 129: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluente do pré-filtro com manta (EPFCM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Terceira carreira de filtração. Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

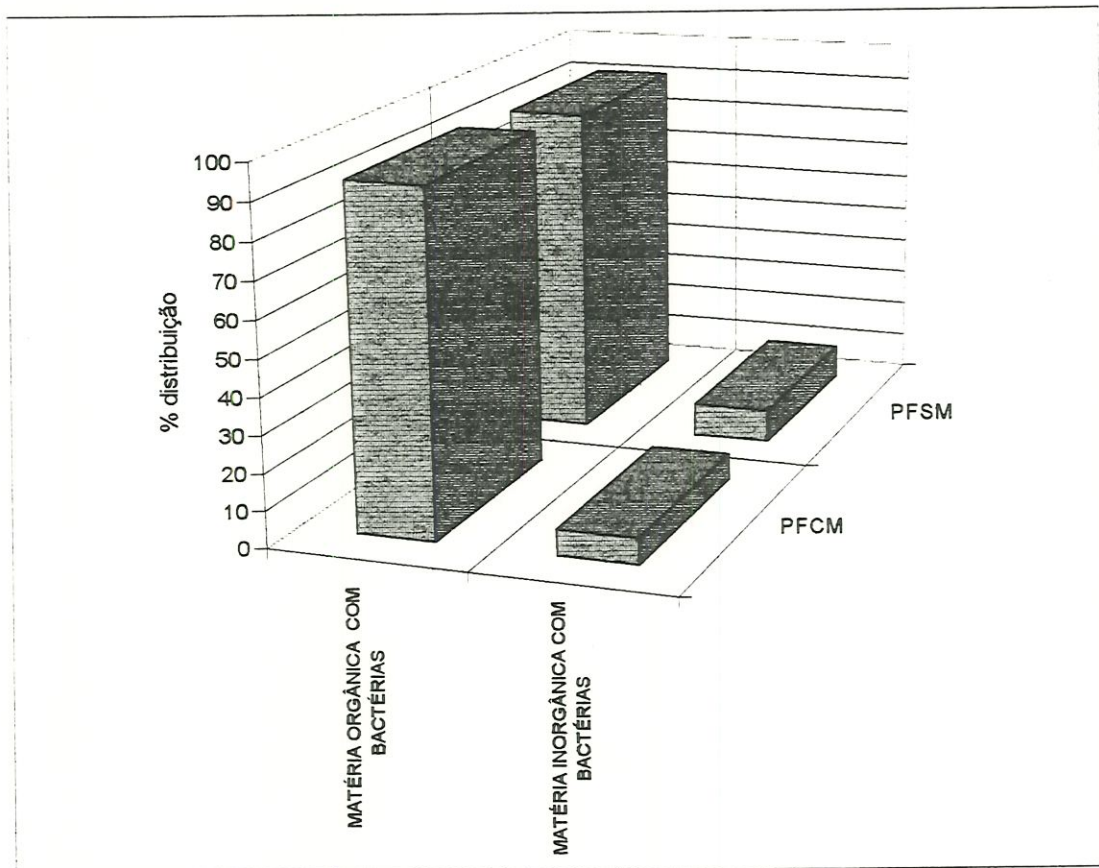


FIGURA 130: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFMS): subcamadas 0-10 cm. Término da terceira carreira de filtração.

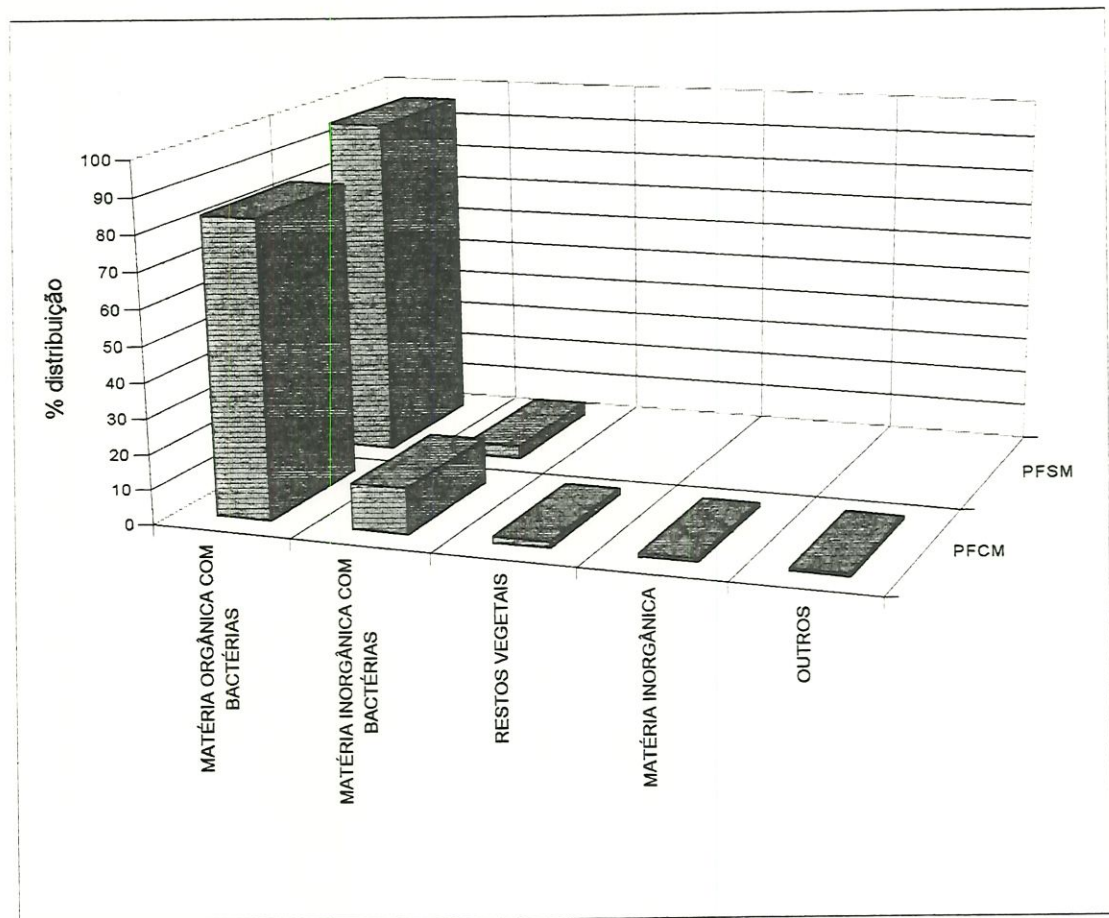


FIGURA 131: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFSM): subcamadas 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração.

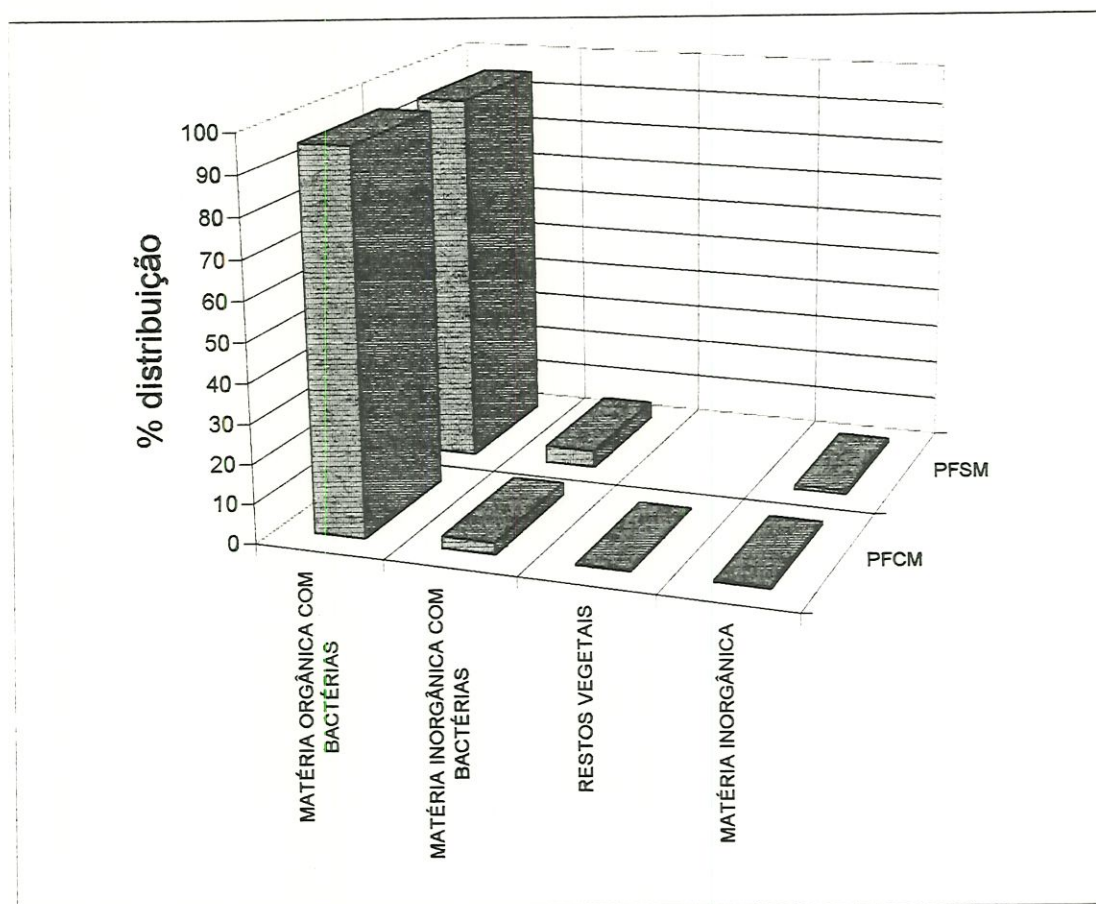


FIGURA 132: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta(PFCM) e sem manta(PFSM): subcamadas 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração.

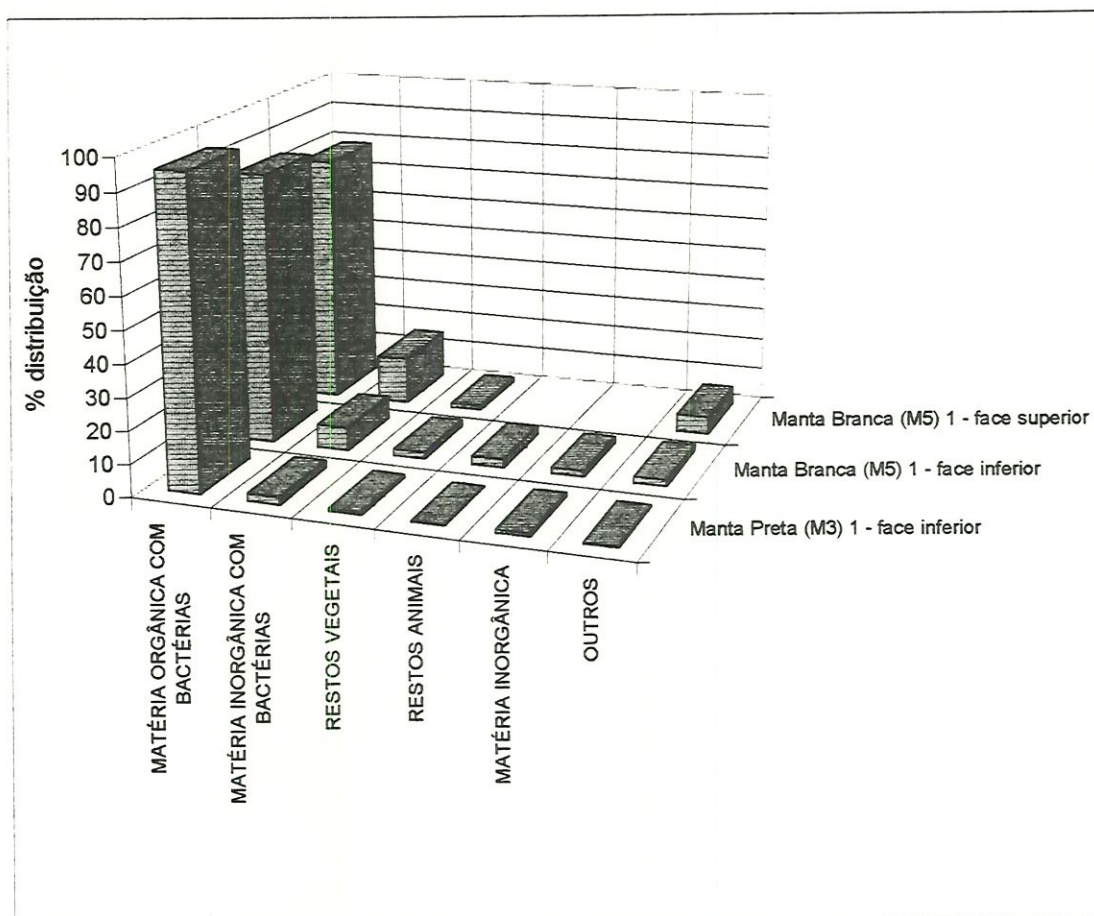


FIGURA 133: Distribuição de partículas por cm² de manta, caracterizadas por microscopia óptica. Amostra das Manta Preta (M3)1 - face inferior e Manta Branca (M5)1 - faces inferior e superior. Término da terceira carreira de filtração.

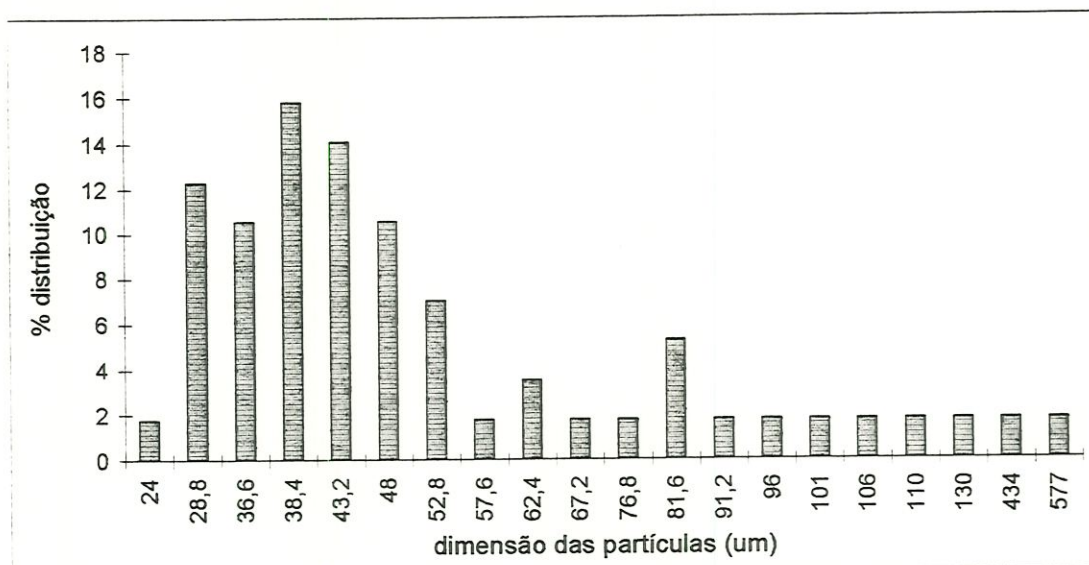


FIGURA 134: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

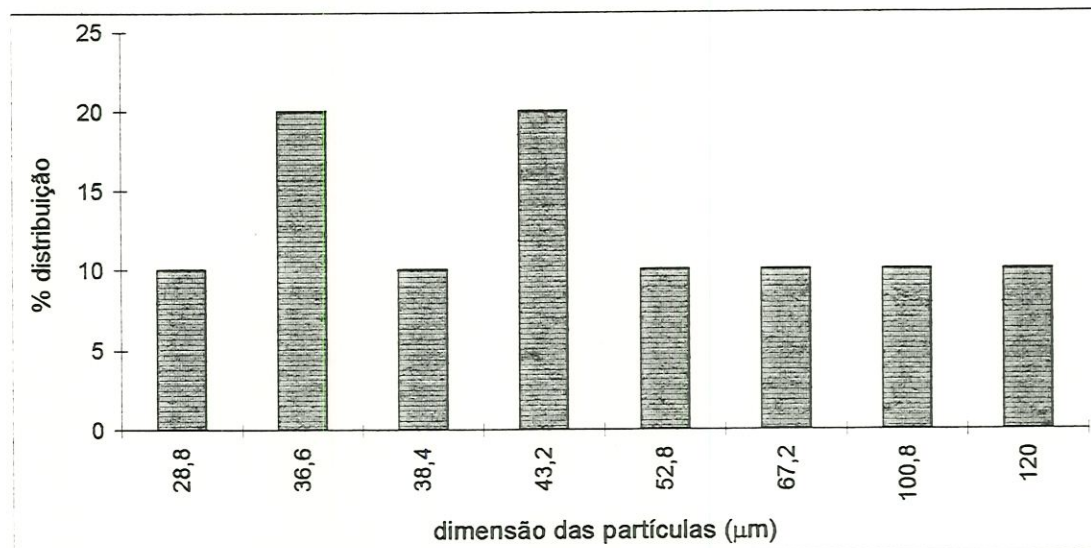


FIGURA 135: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

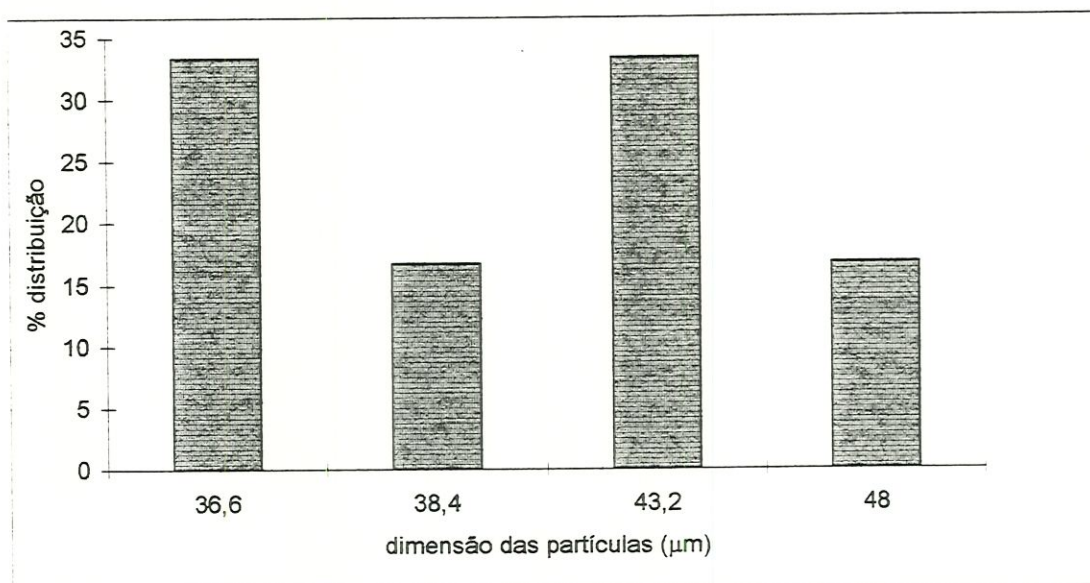


FIGURA 136: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

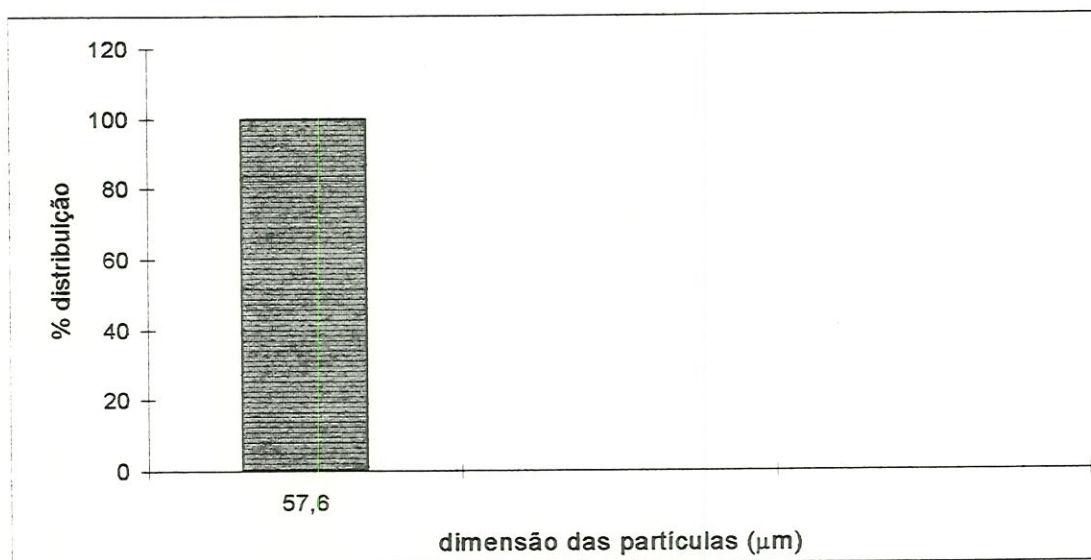


FIGURA 137: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

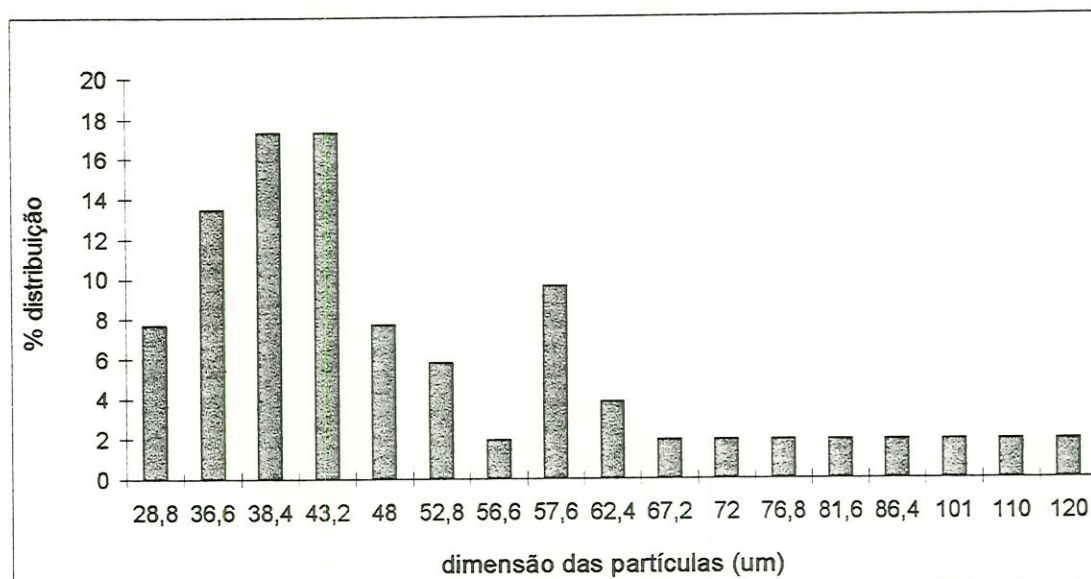


FIGURA 138: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

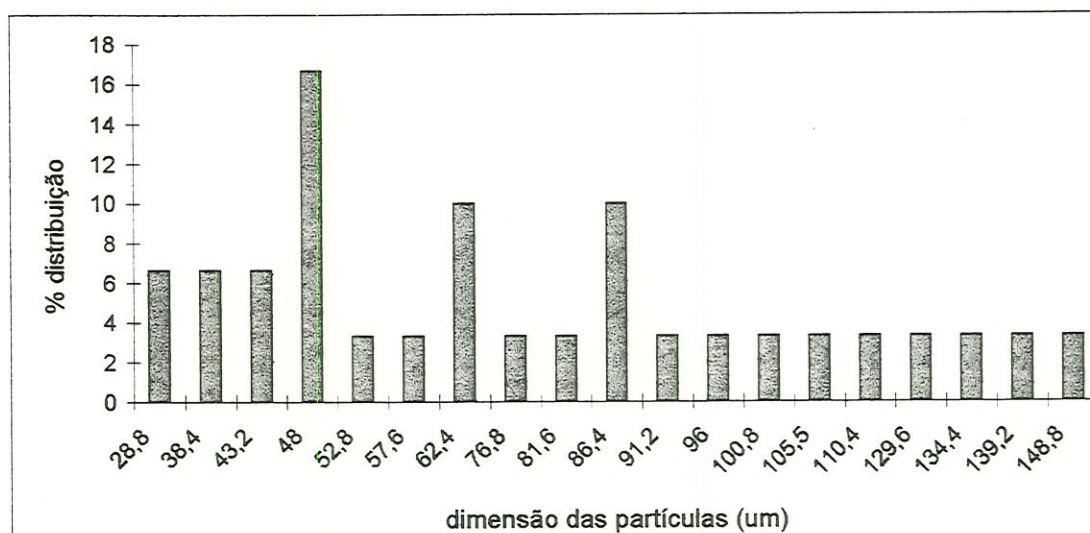


FIGURA 139: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

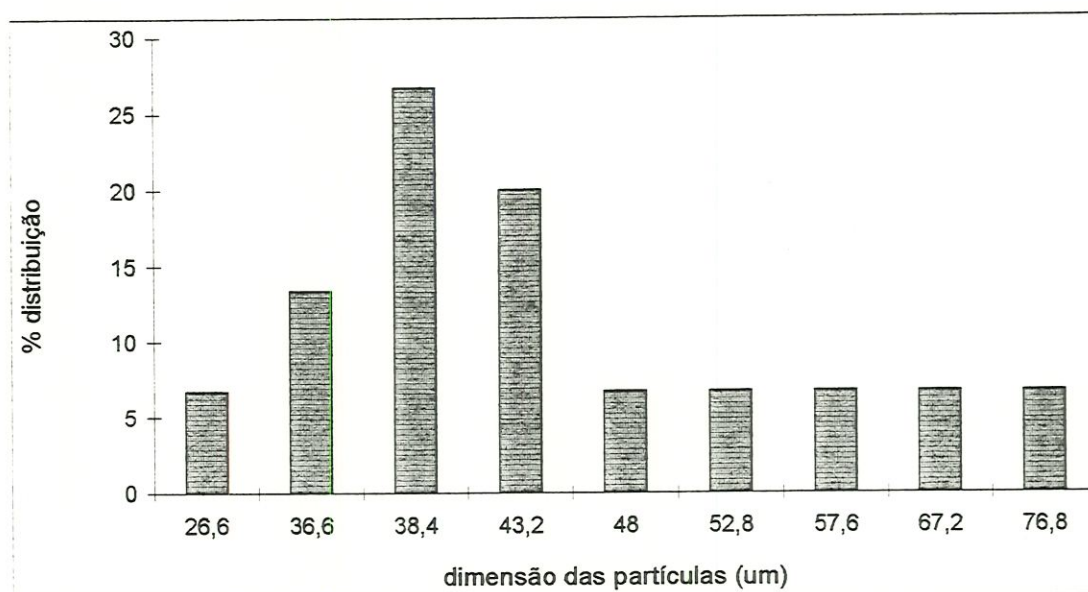


FIGURA 140: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

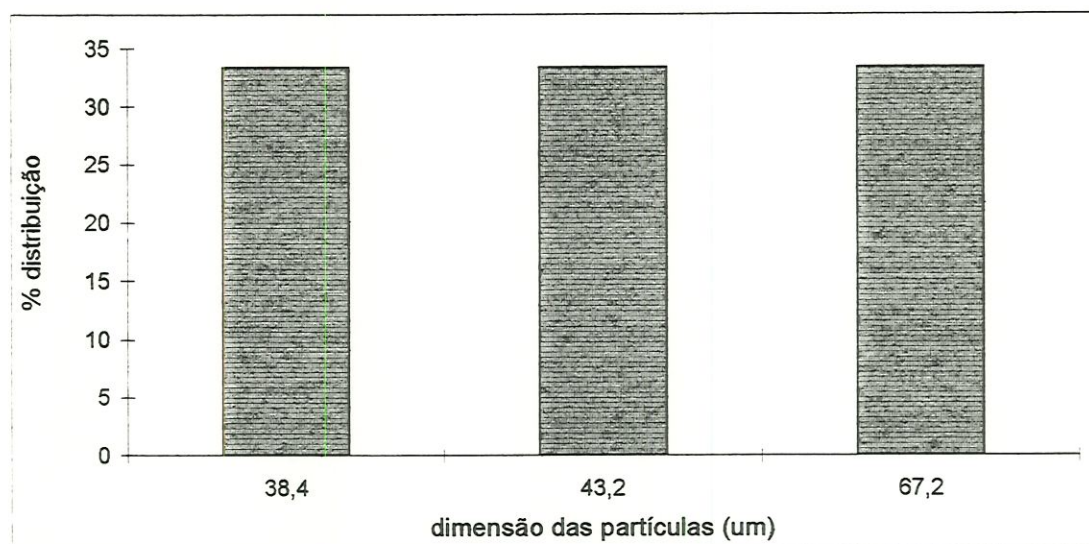


FIGURA 141: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

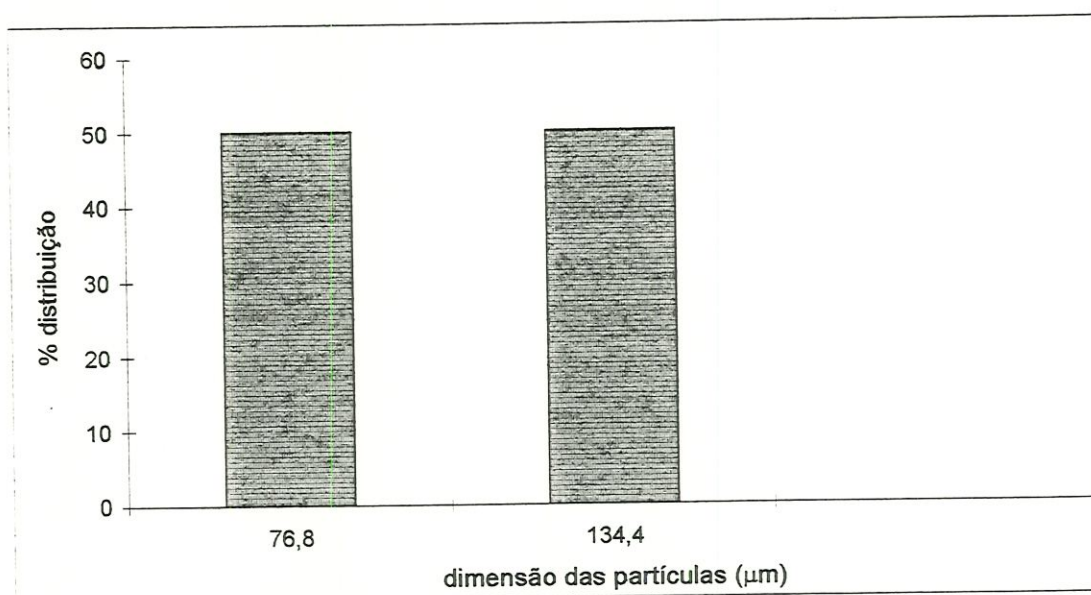


FIGURA 142: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

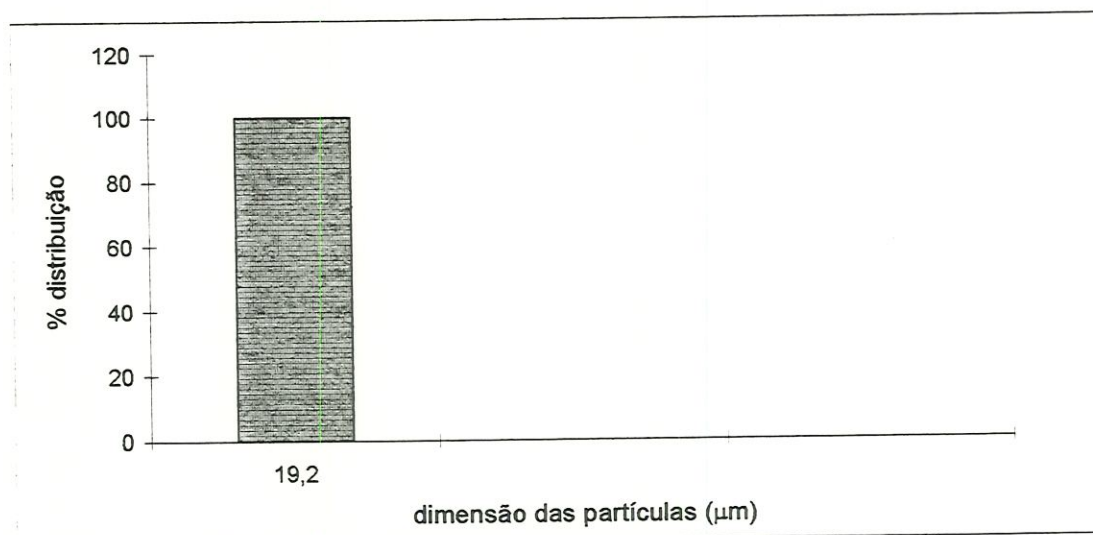


FIGURA 143: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

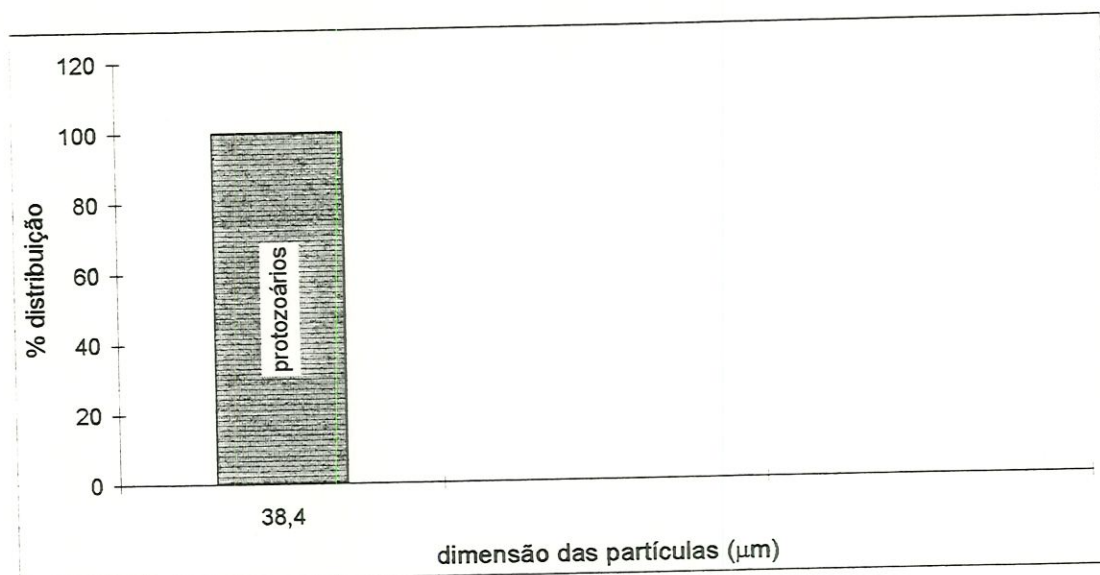


FIGURA 144: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 10-25 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de 24 m³/m².dia.

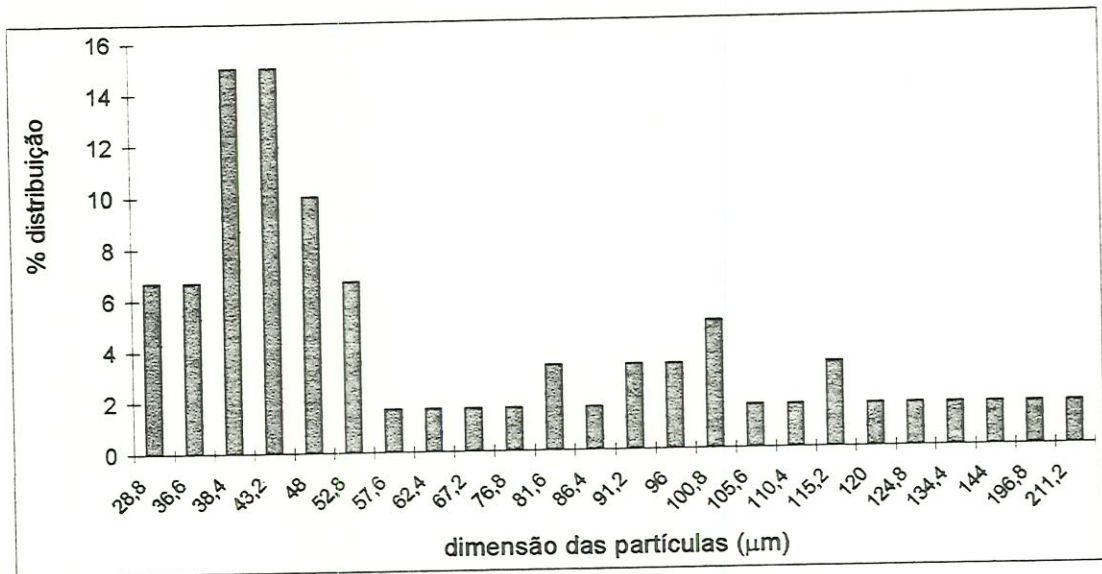


FIGURA 145: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

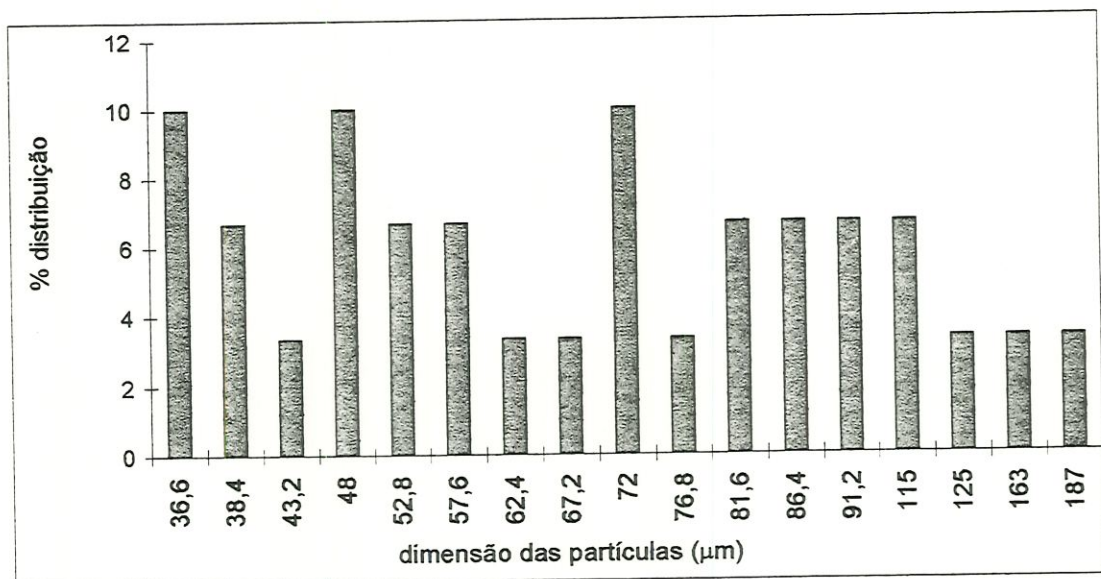


FIGURA 146: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

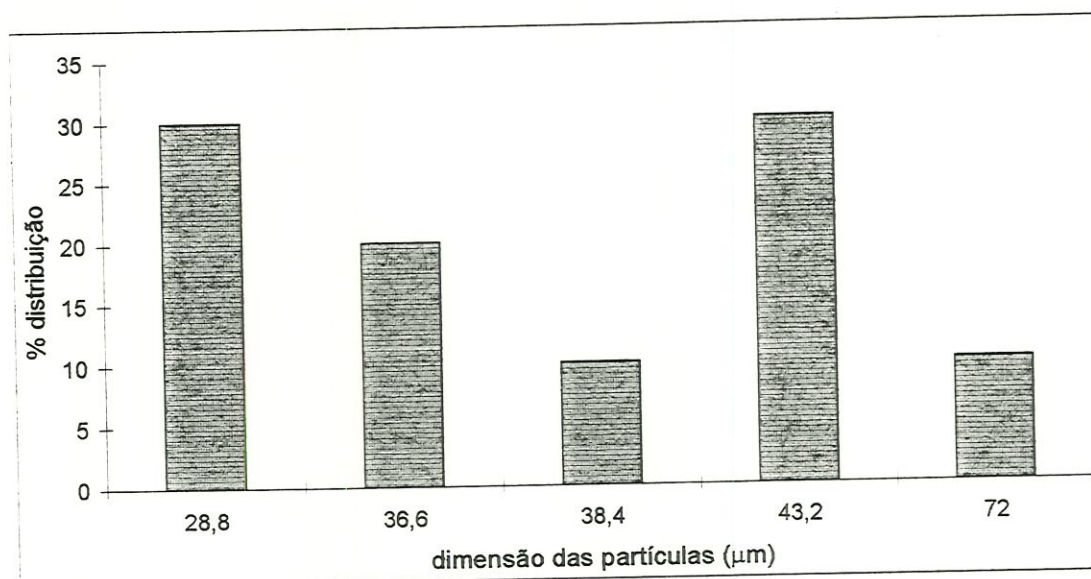


FIGURA 147: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

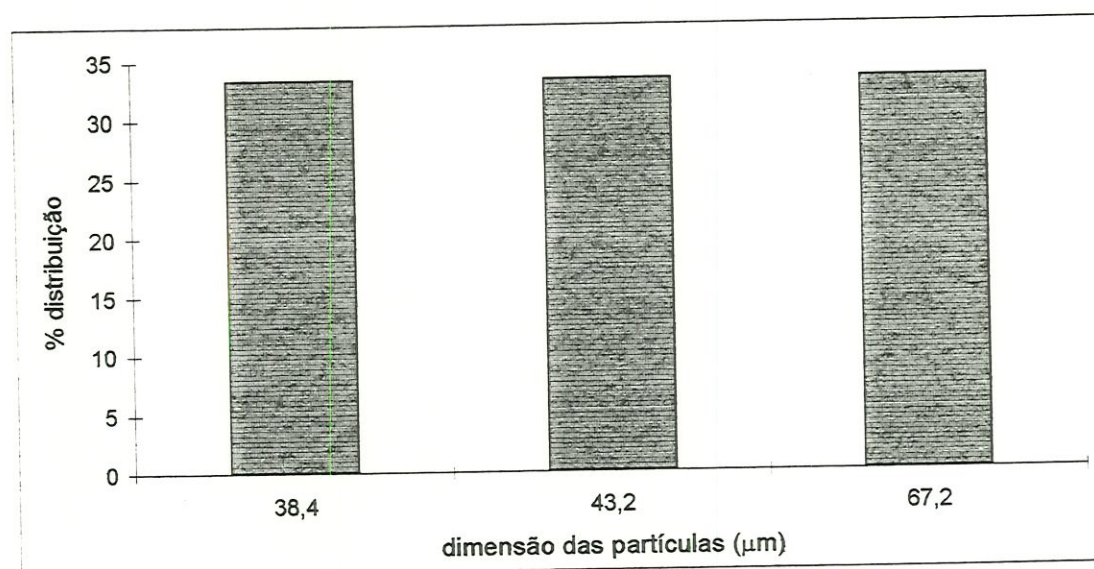


FIGURA 148: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

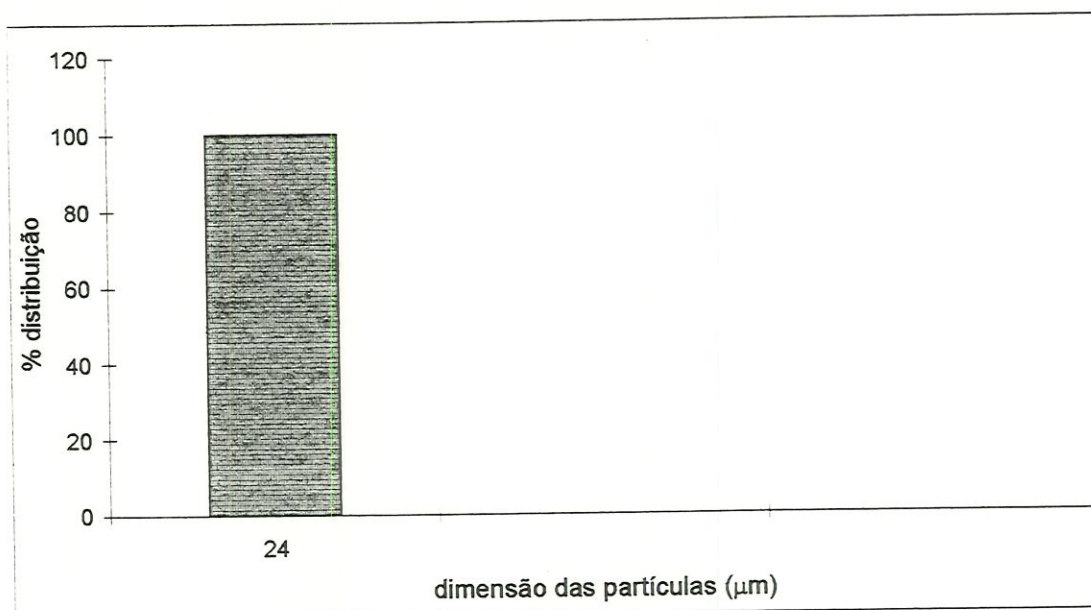


FIGURA 149: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

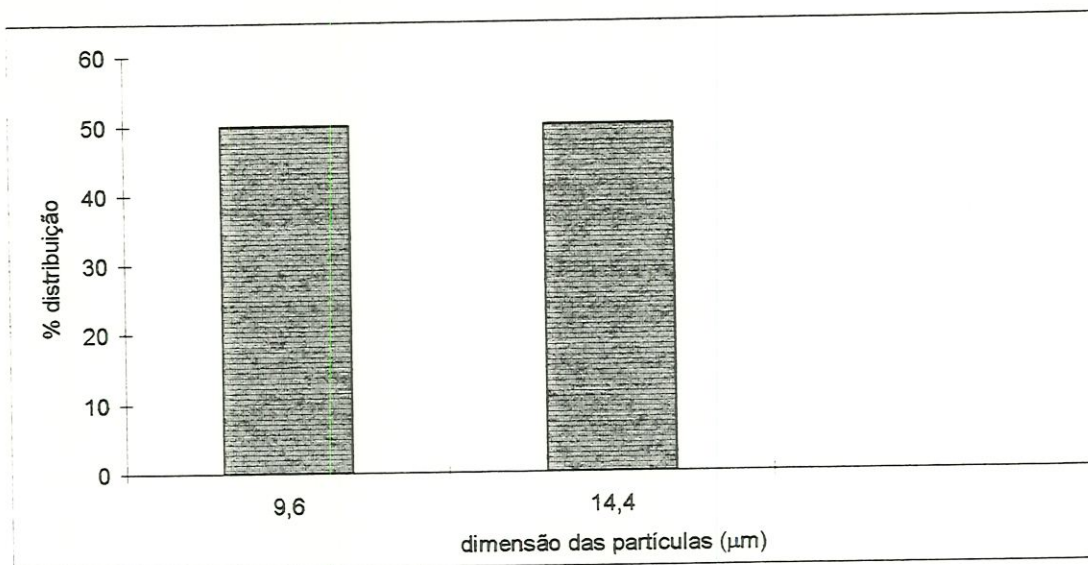


FIGURA 150: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

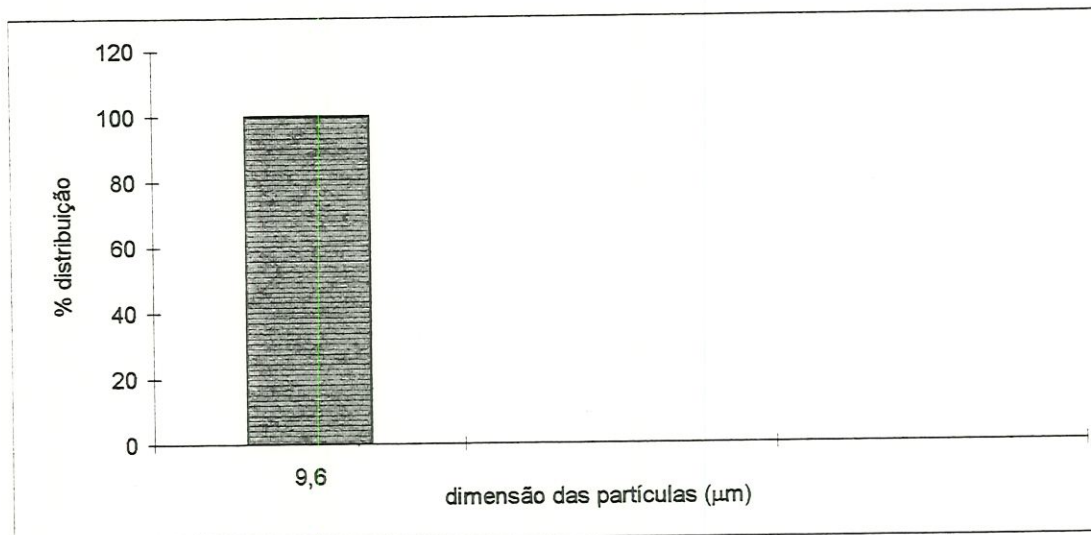


FIGURA 151: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

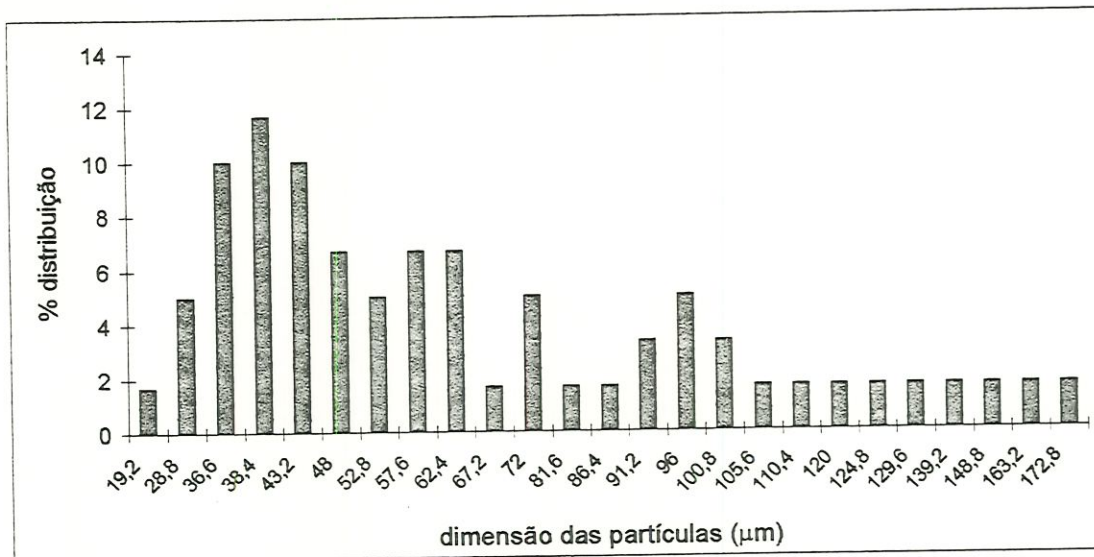


FIGURA 152: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta preta (M3) 1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

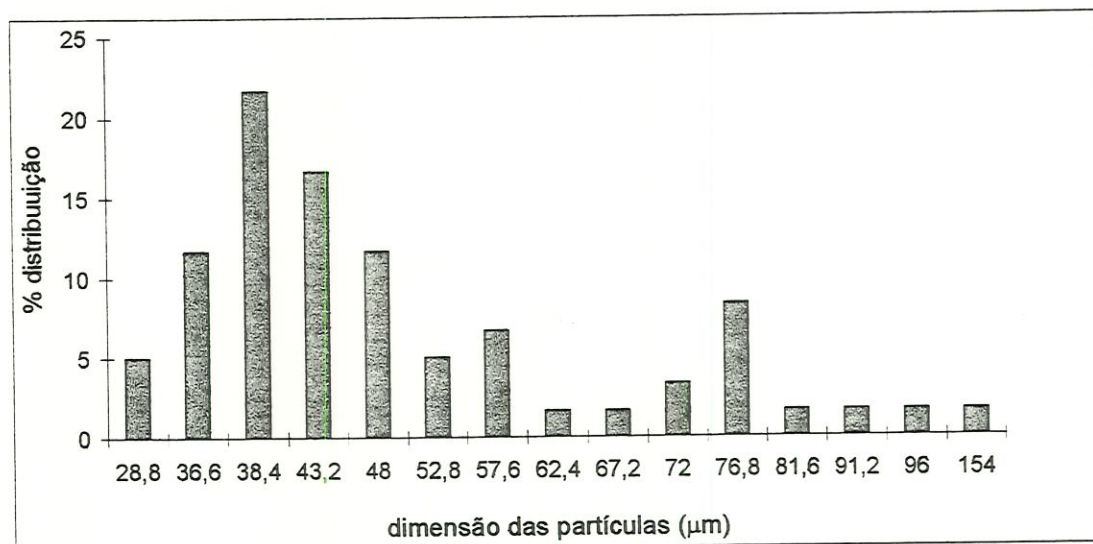


FIGURA 153: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta branca (M5) 1- face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

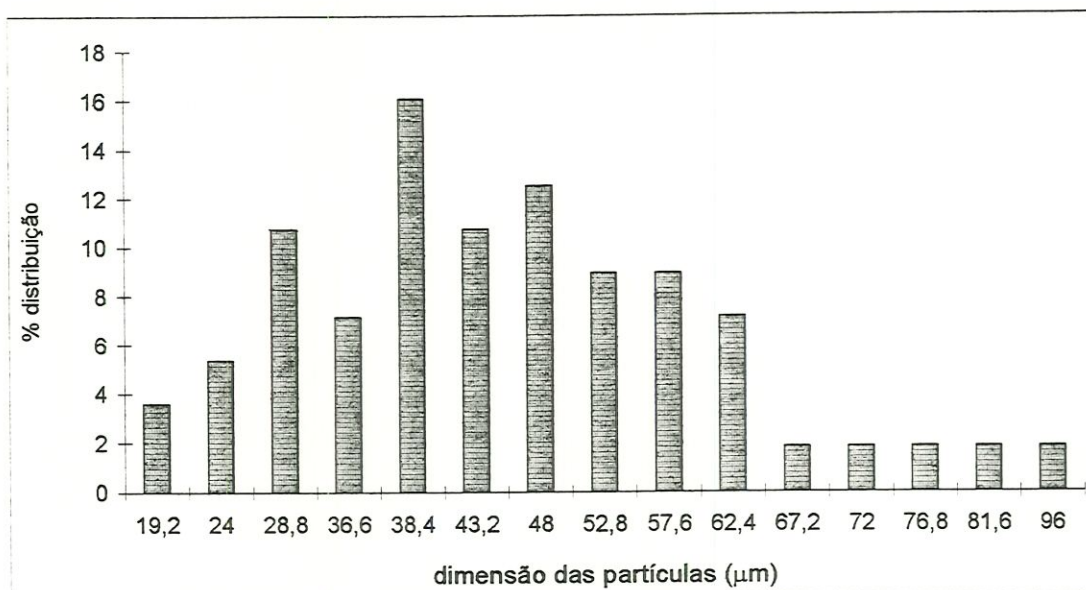


FIGURA 154: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face superior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

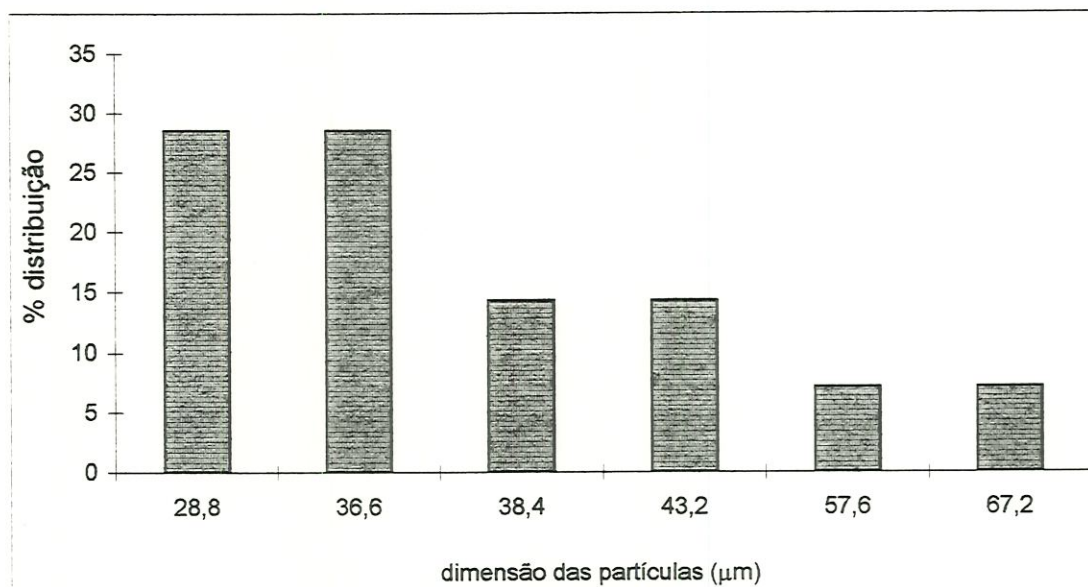


FIGURA 155: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

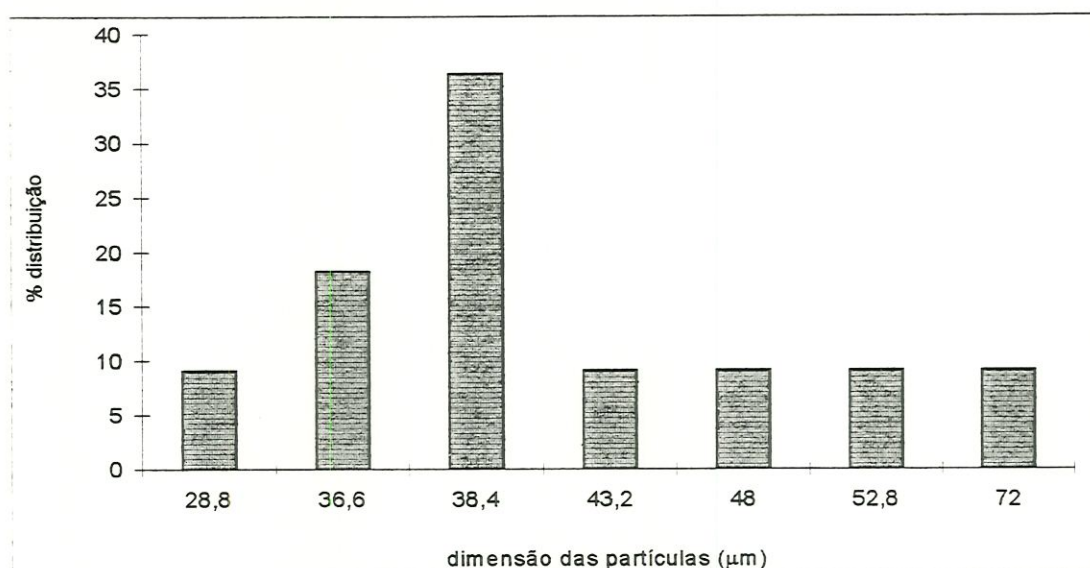


FIGURA 156: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

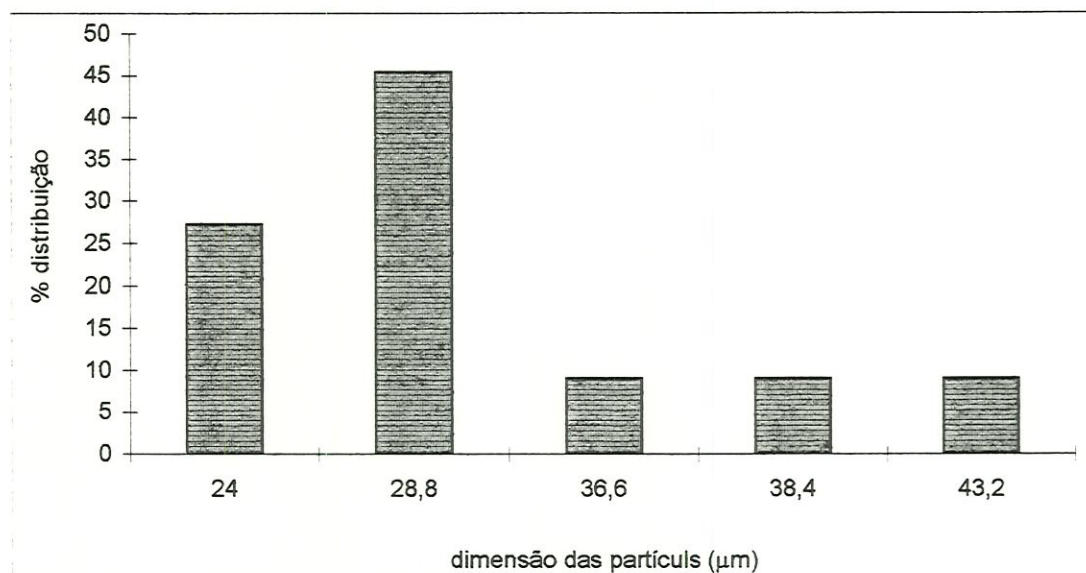


FIGURA 157: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face superior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

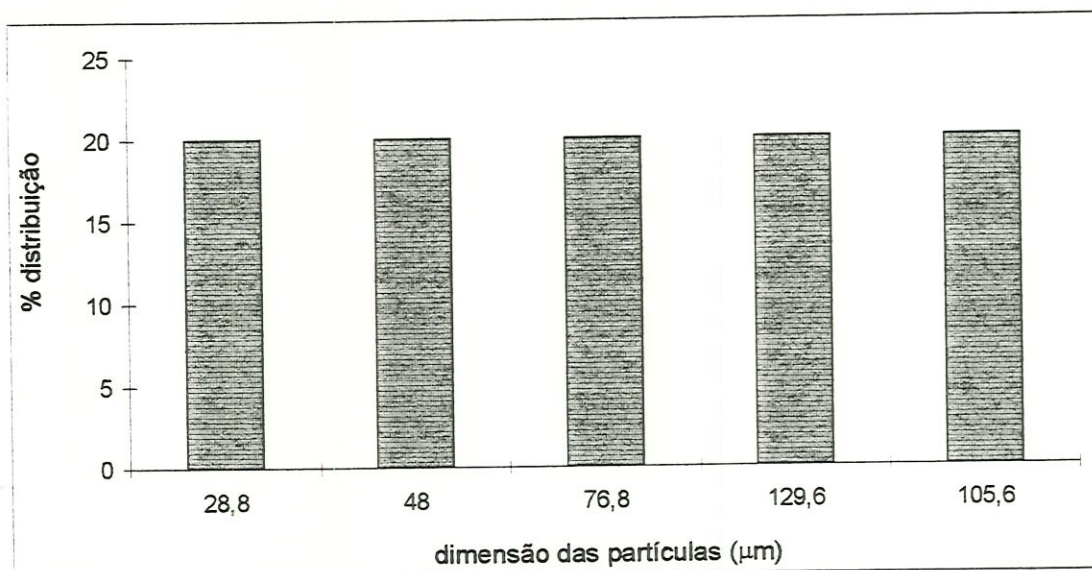


FIGURA 158: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

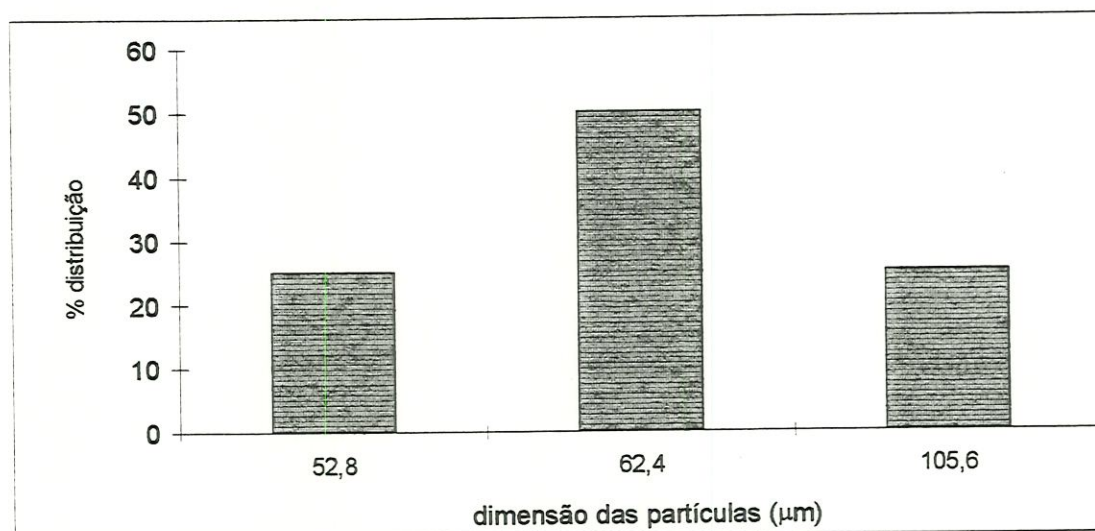


FIGURA 159: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

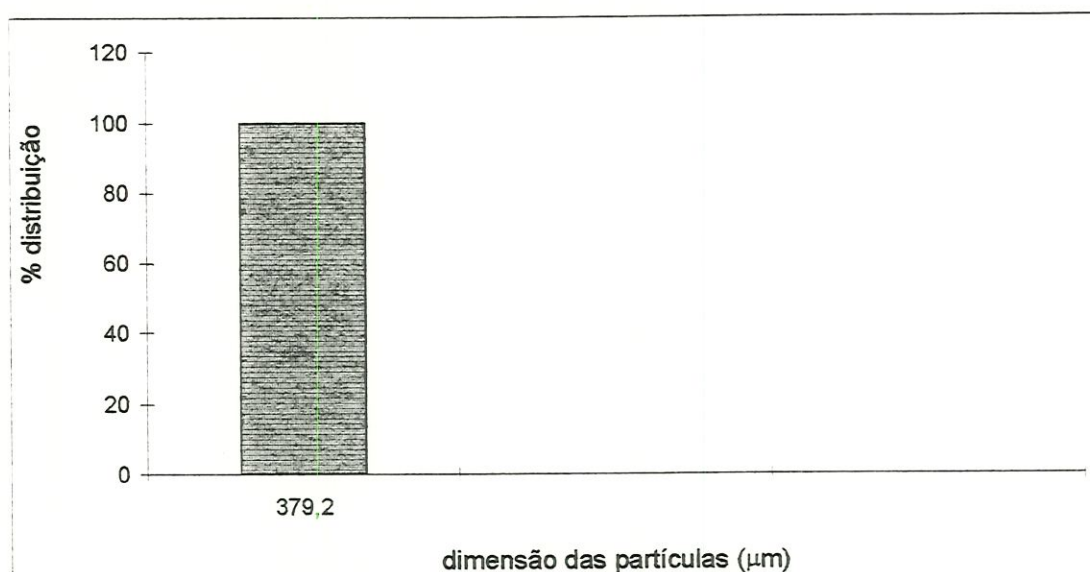


FIGURA 160: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face superior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

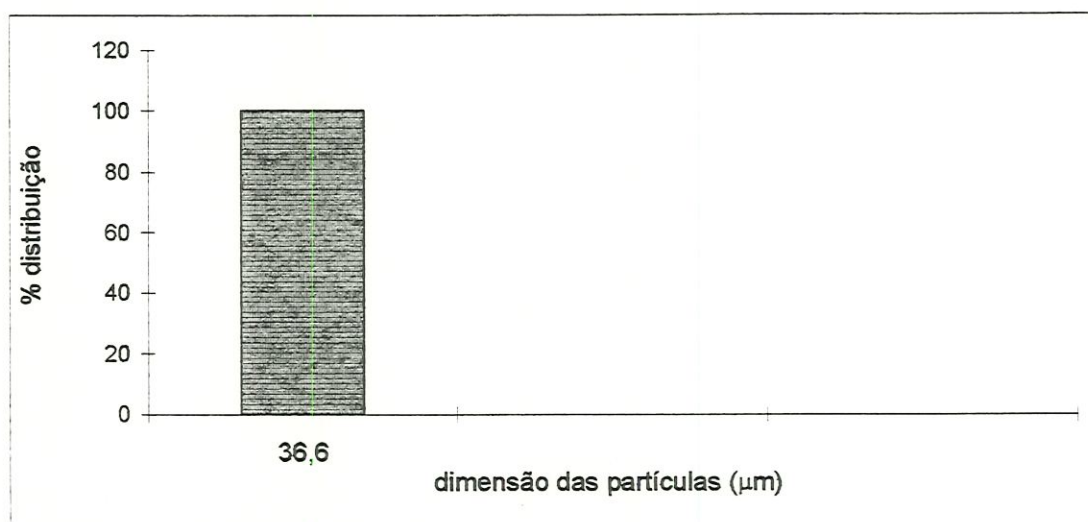


FIGURA 161: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

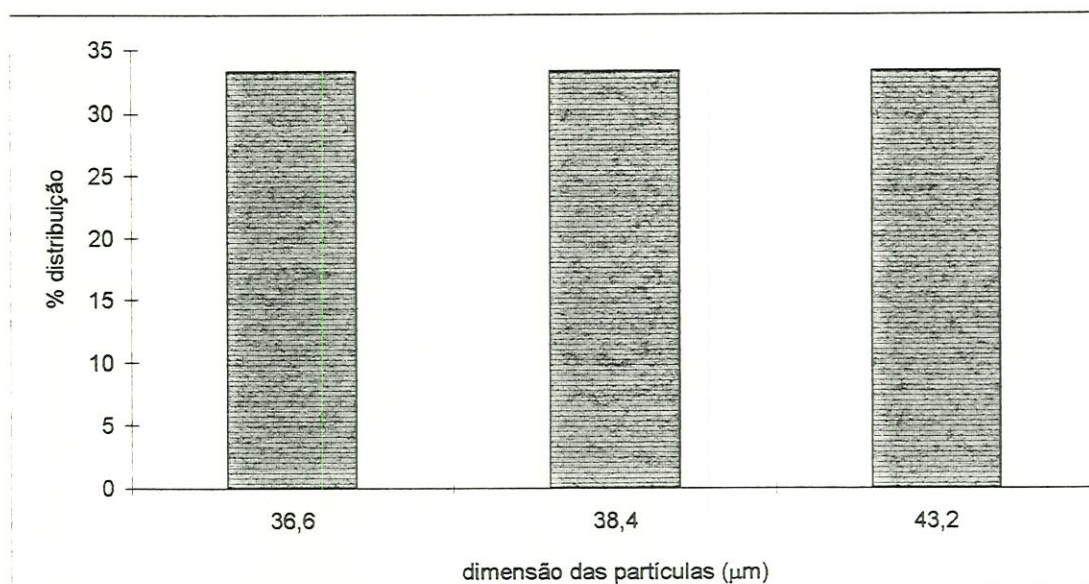


FIGURA 162: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como restos animais. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

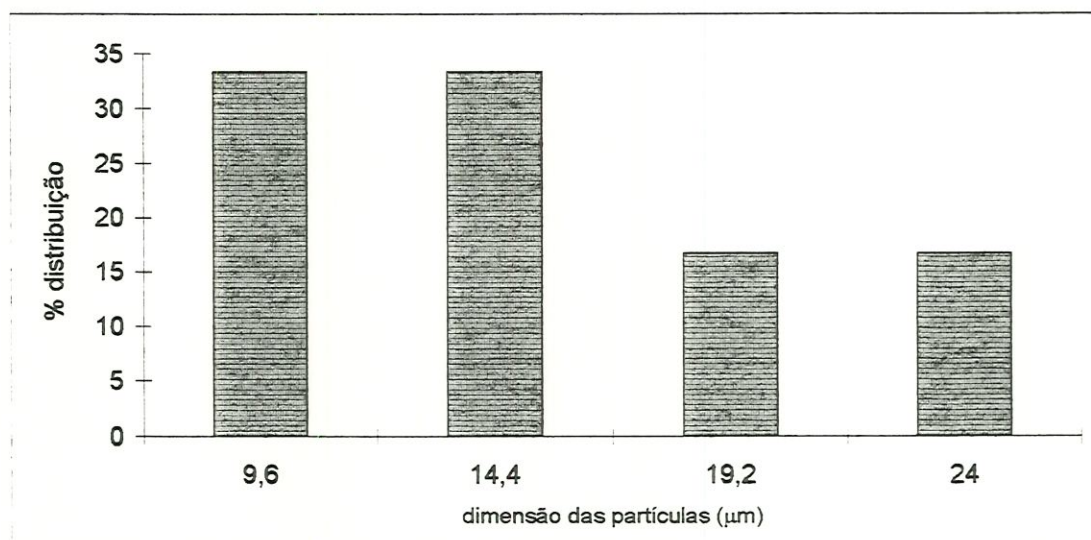


FIGURA 163: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

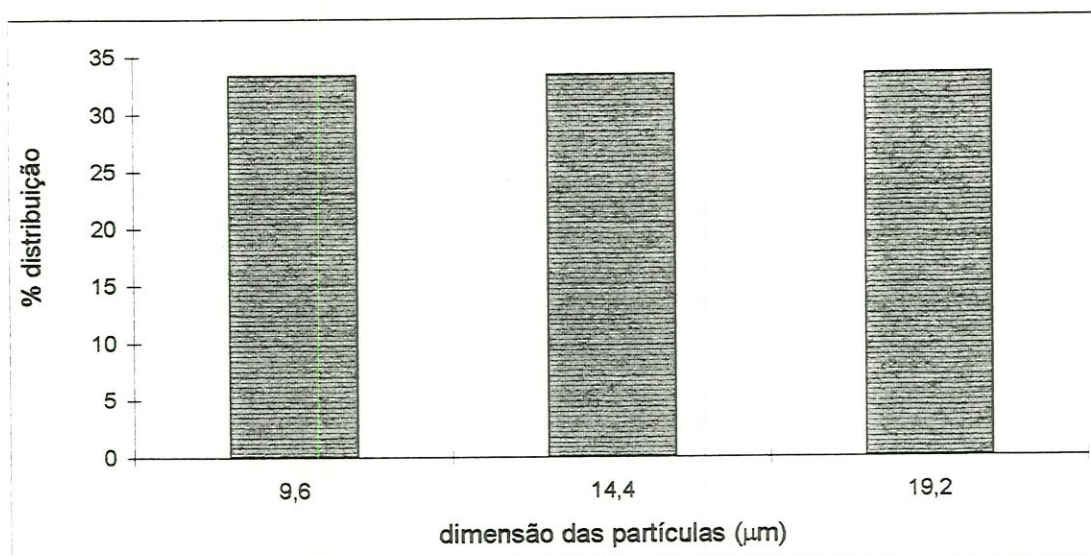


FIGURA 164: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

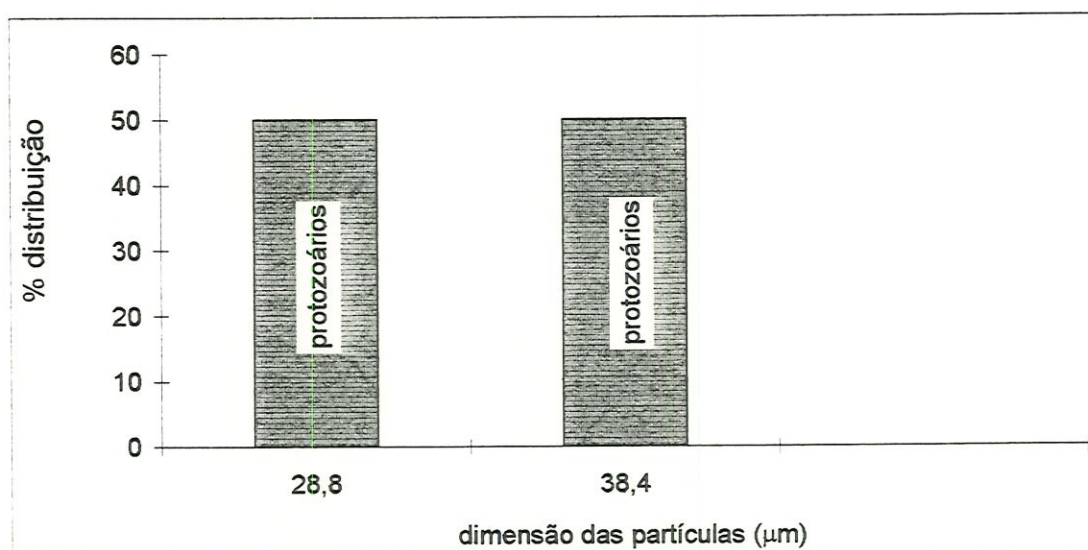


FIGURA 165: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

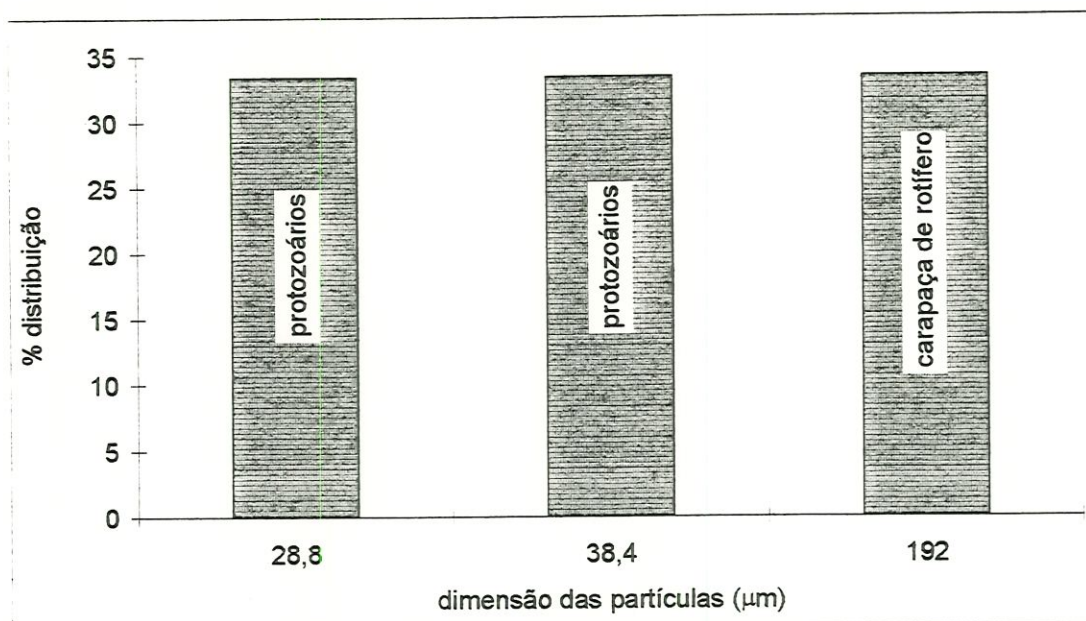


FIGURA 166: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face inferior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

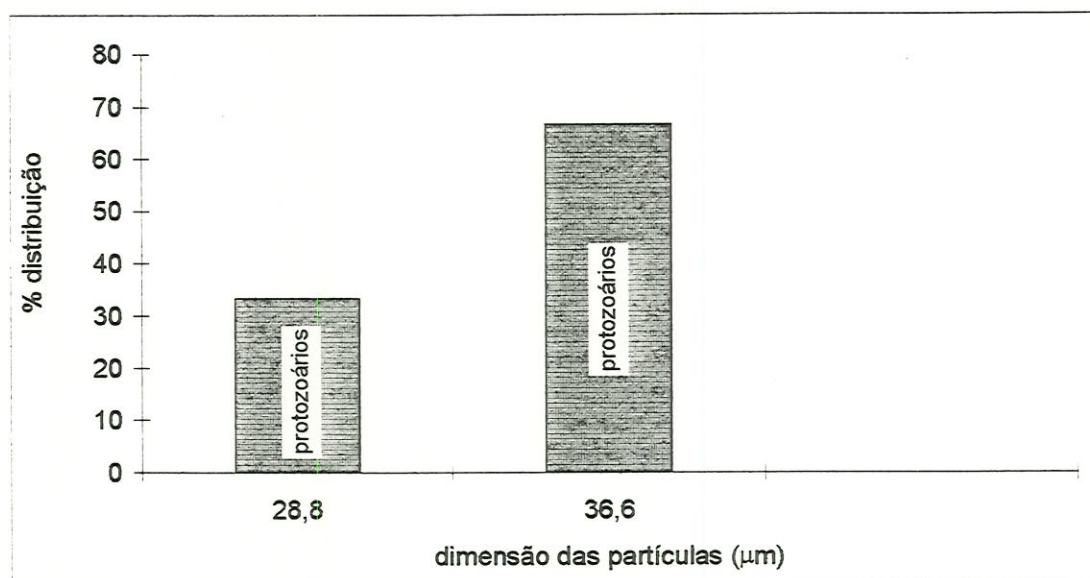


FIGURA 167: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica como outros. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face superior. Término da terceira carreira de filtração, realizada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

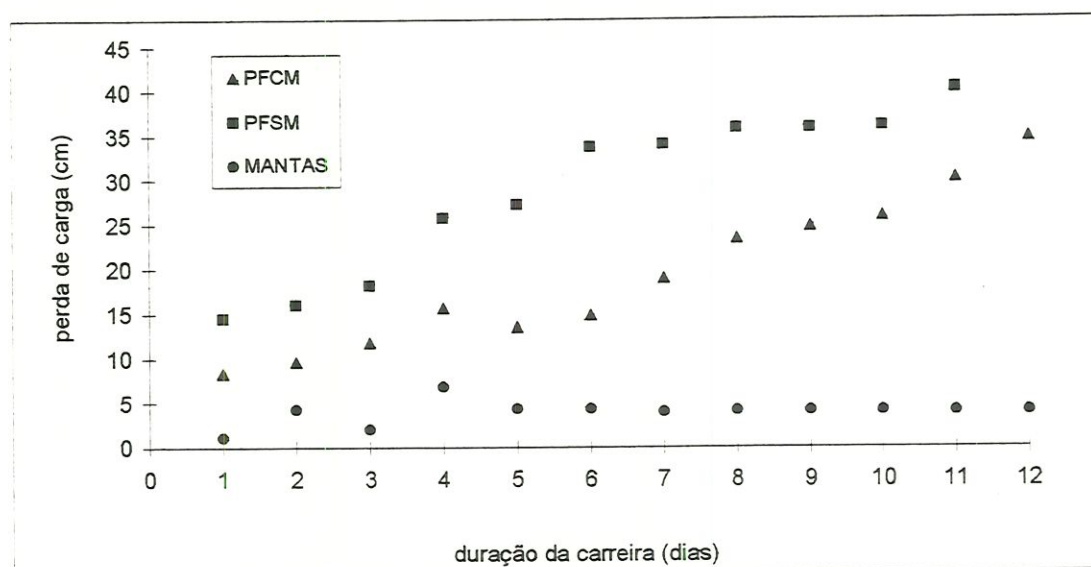


FIGURA 168: Perda de carga no pré-filtro com manta (PFCM), pré-filtro sem manta (PFSM) e nas mantas durante a quarta carreira de filtração operada sob a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

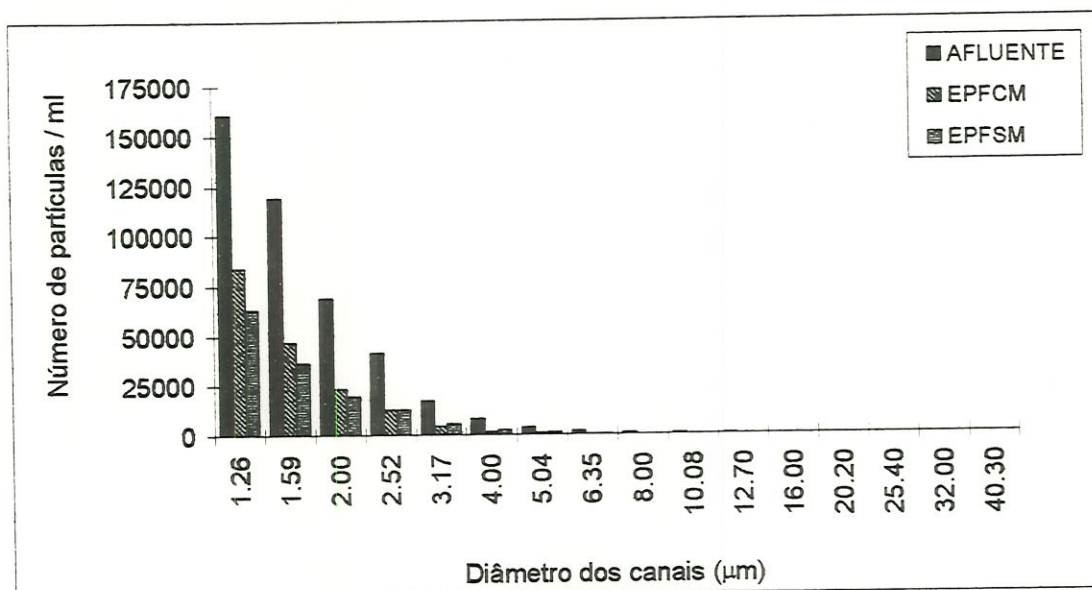


FIGURA 169: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais "Coulter-Counter", expressos em μm .
Quarta carreira de filtração.
Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

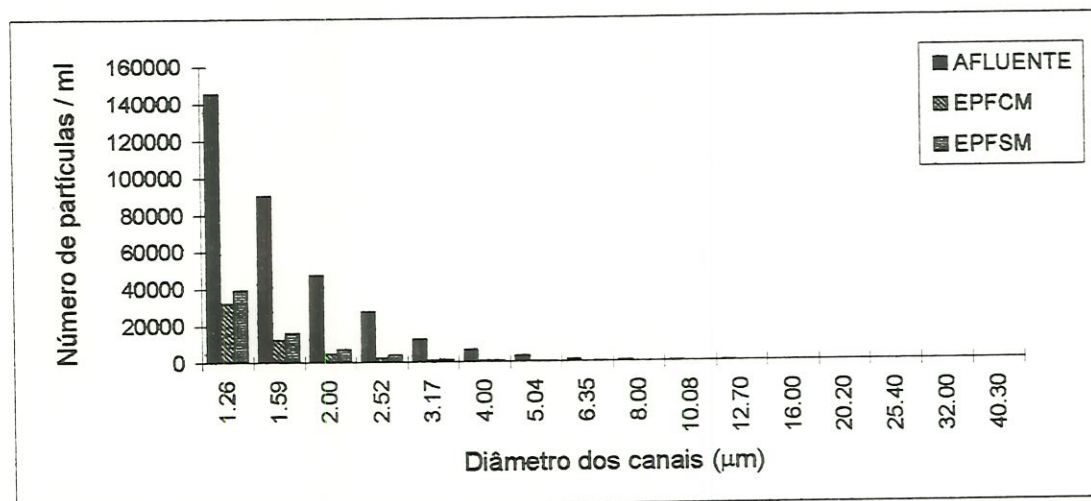


FIGURA 170: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais "Coulter-Counter", expressos em μm .
Quarta carreira de filtração.
Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

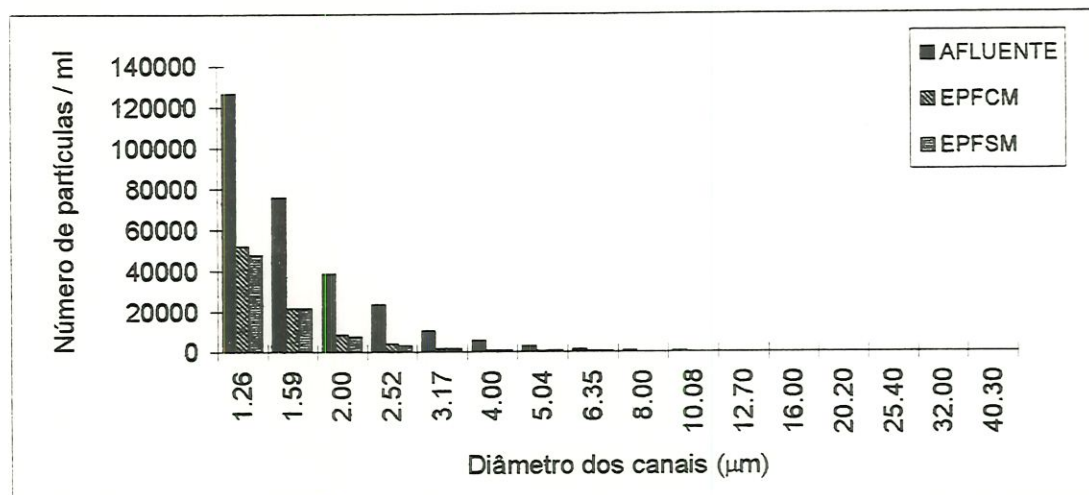


FIGURA 171: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluentes do pré-filtro com manta (EPFCM) e do pré-filtro sem manta (EPFSM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Quarta carreira de filtração.
Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

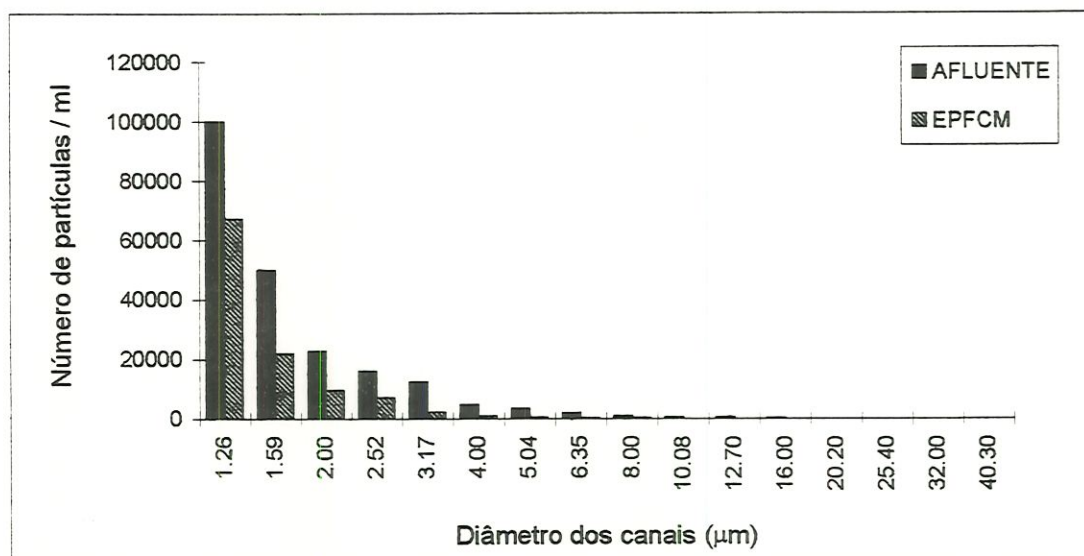


FIGURA 172: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluente do pré-filtro com manta (EPFCM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm .
Quarta carreira de filtração.
Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

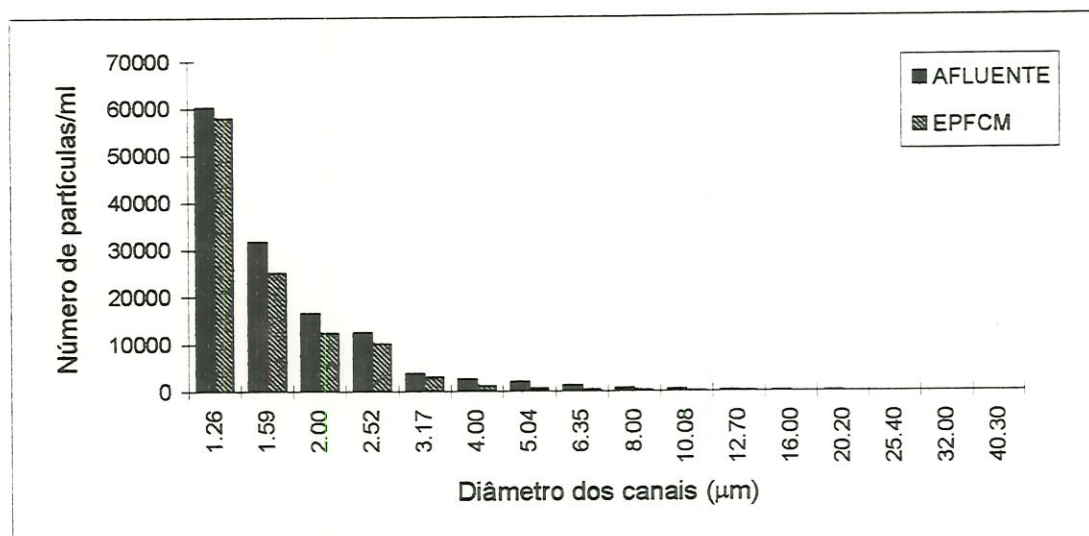


FIGURA 173: Densidade e distribuição em tamanho das partículas por ml do afluente e efluente do pré-filtro com manta (EPFCM), em função dos diâmetros dos canais do "Coulter-Counter", expressos em μm . Quarta carreira de filtração. Taxas: $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

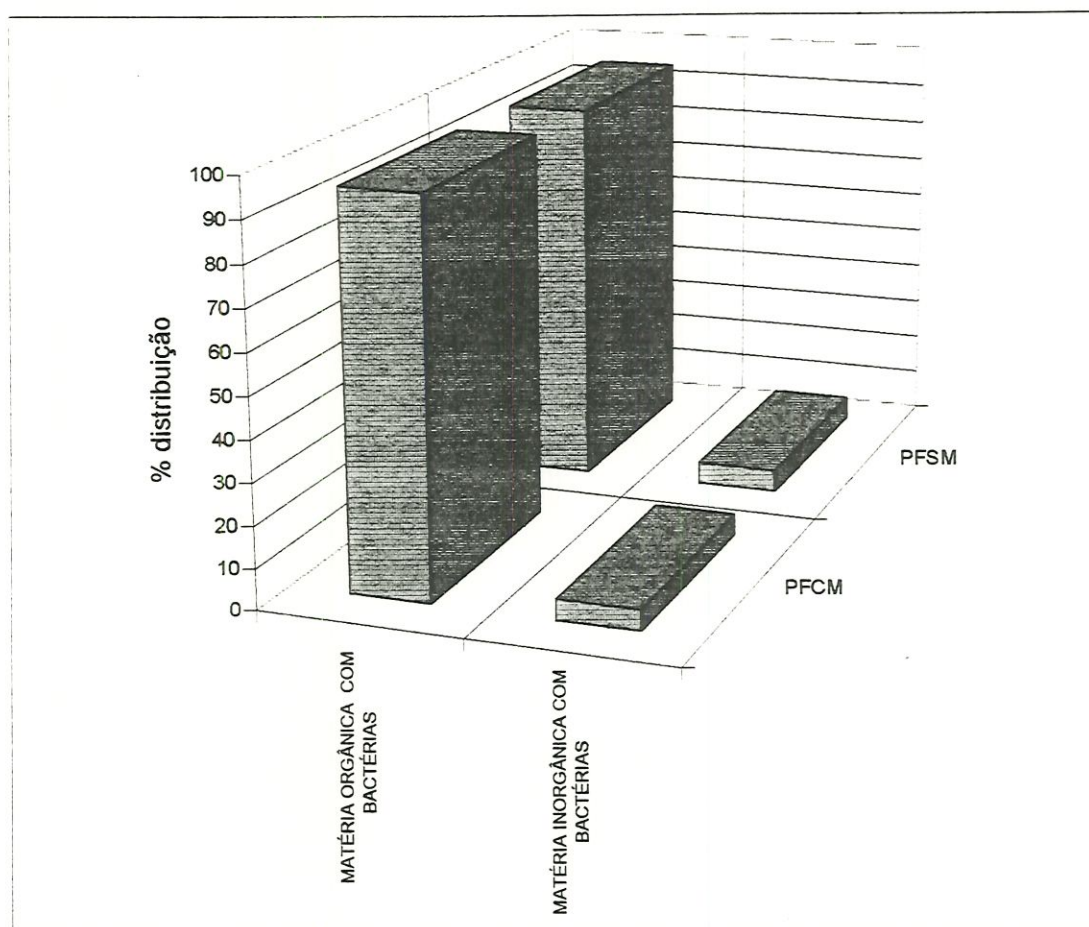


FIGURA 174: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFSM): subcamadas 0-10 cm. Término da quarta carreira de filtração.

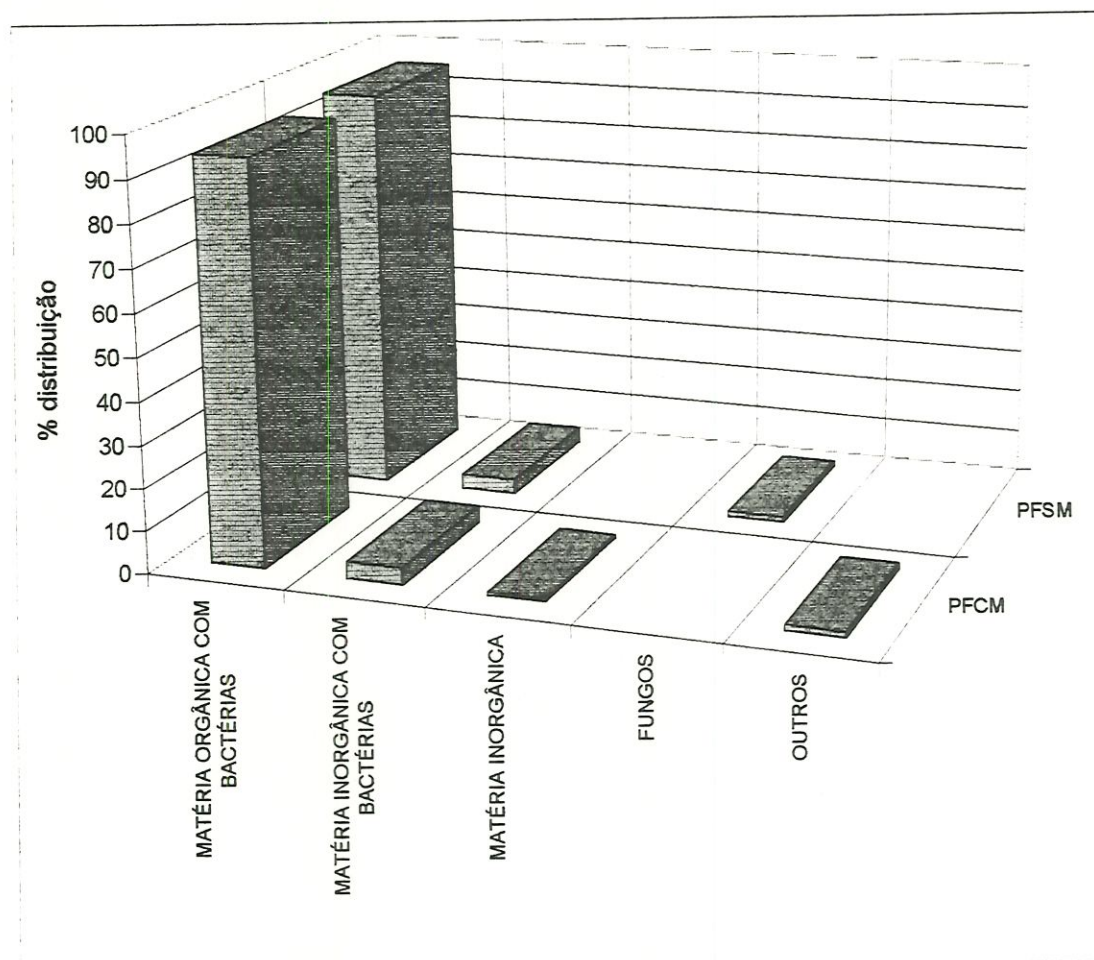


FIGURA 175: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFSM): subcamadas 10-25 cm. Término da quarta carreira de filtração.

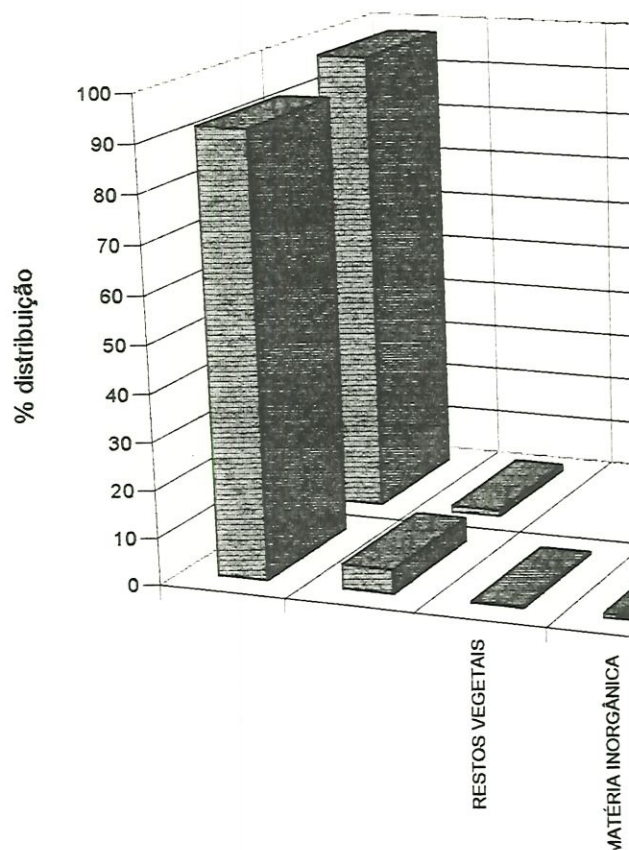


FIGURA 176: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica. Amostra dos leitos de areia dos pré-filtros com manta (PFCM) e sem manta (PFMS): subcamadas 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração.

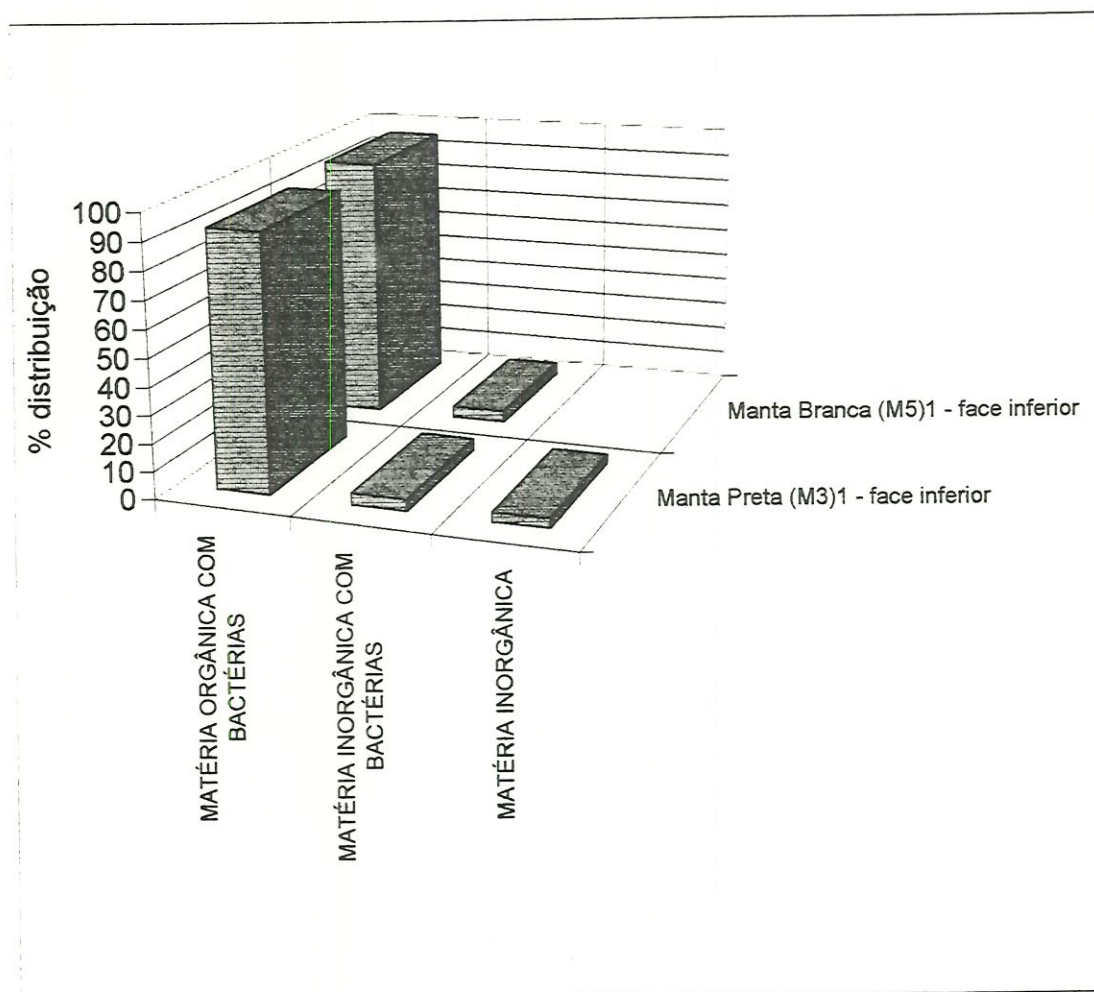


FIGURA 177: Distribuição de partículas por cm^2 de manta, caracterizadas por microscopia óptica. Amostra das Manta Preta (M3)1 - face inferior e Manta Branca (M5)1 - face inferior. Término da quarta carreira de filtração.

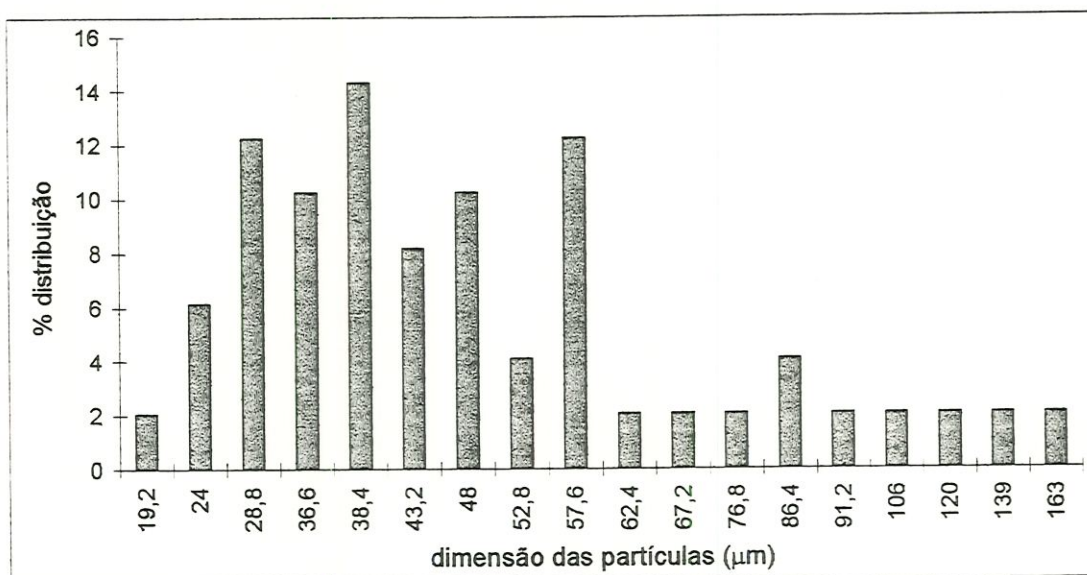


FIGURA 178: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 0-10 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

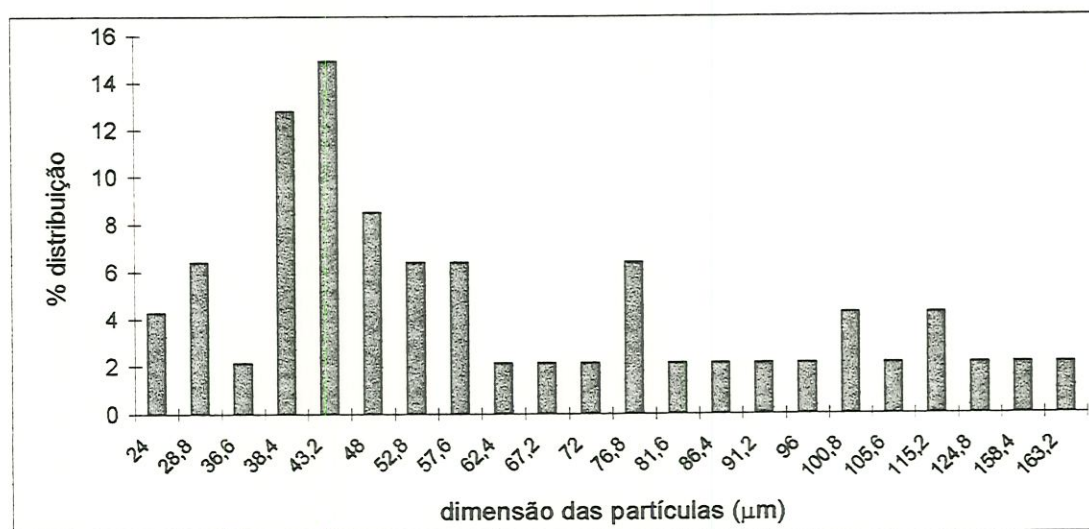


FIGURA 179: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

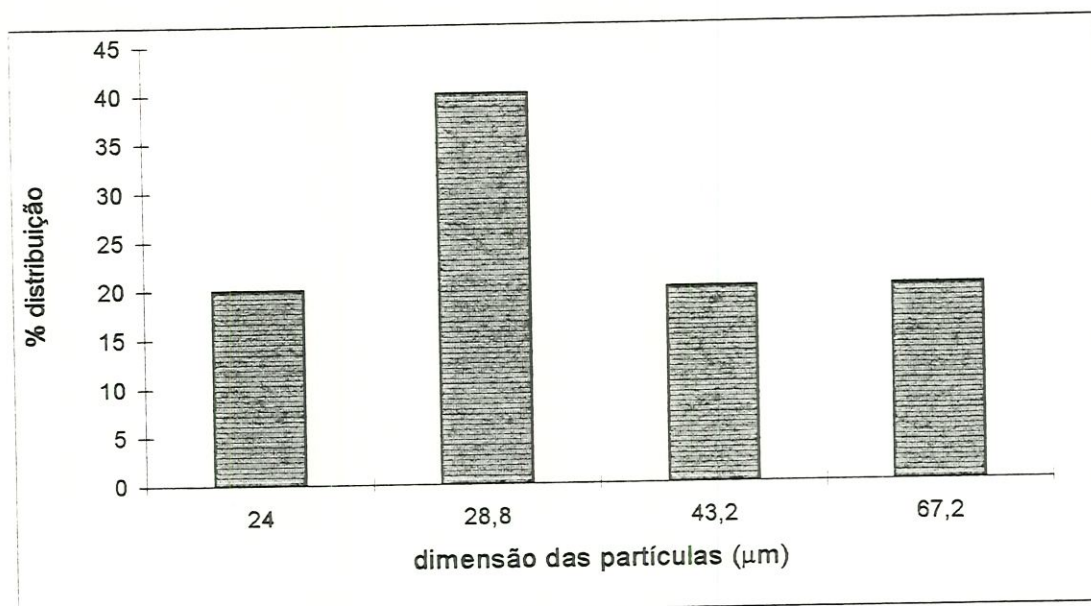


FIGURA 180: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) - Subcamada 0-10 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

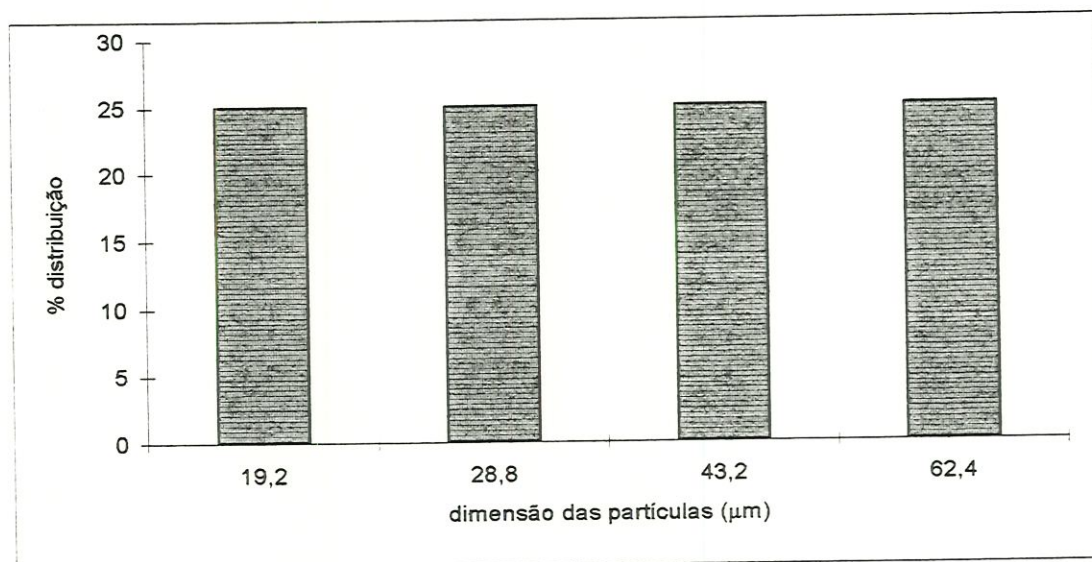


FIGURA 181: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 0-10 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

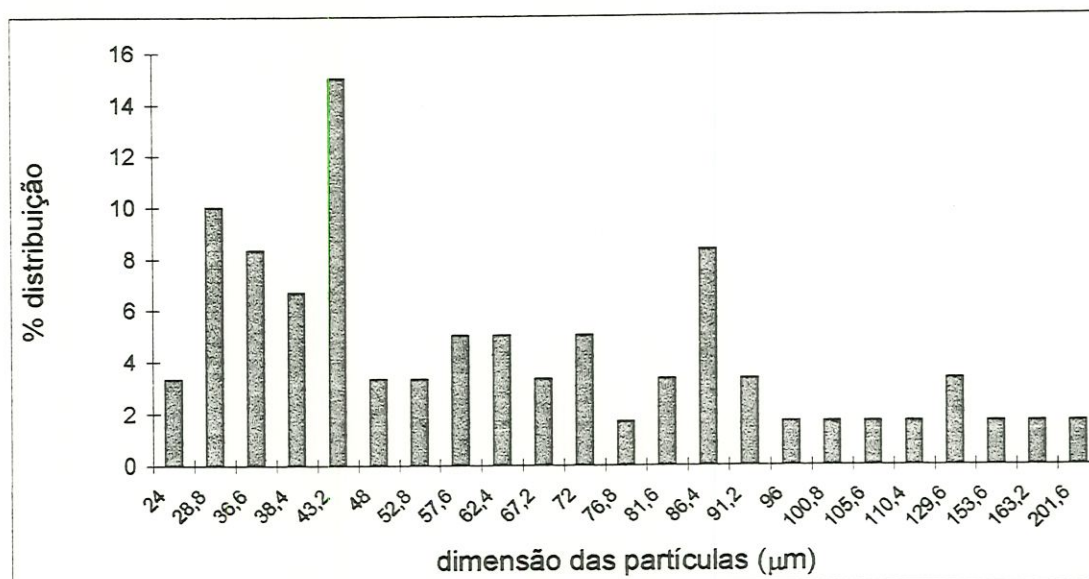


FIGURA 182: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) - Subcamada 10-25 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

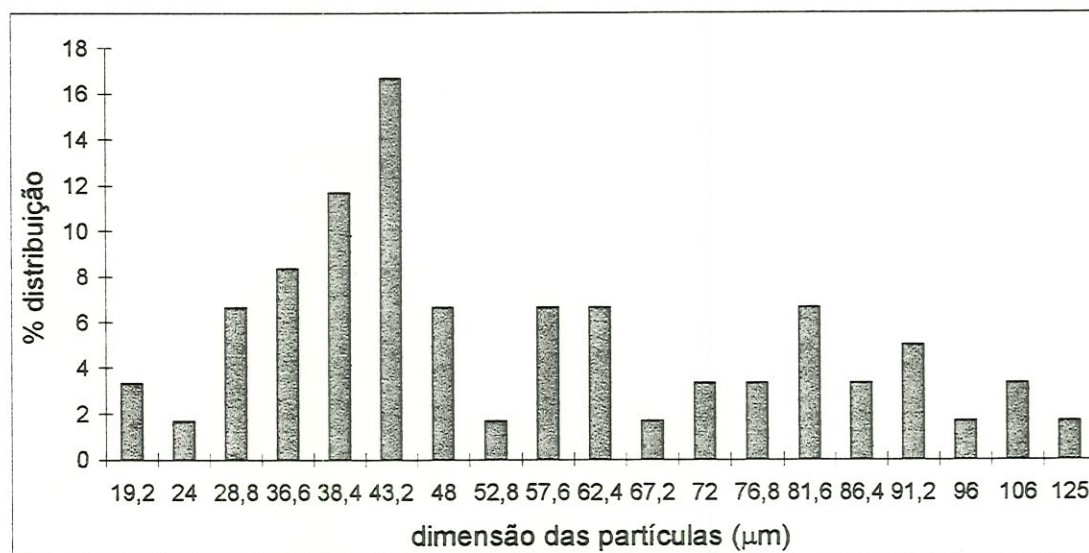


FIGURA 183: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro sem manta (PFSM) - Subcamada 10-25 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

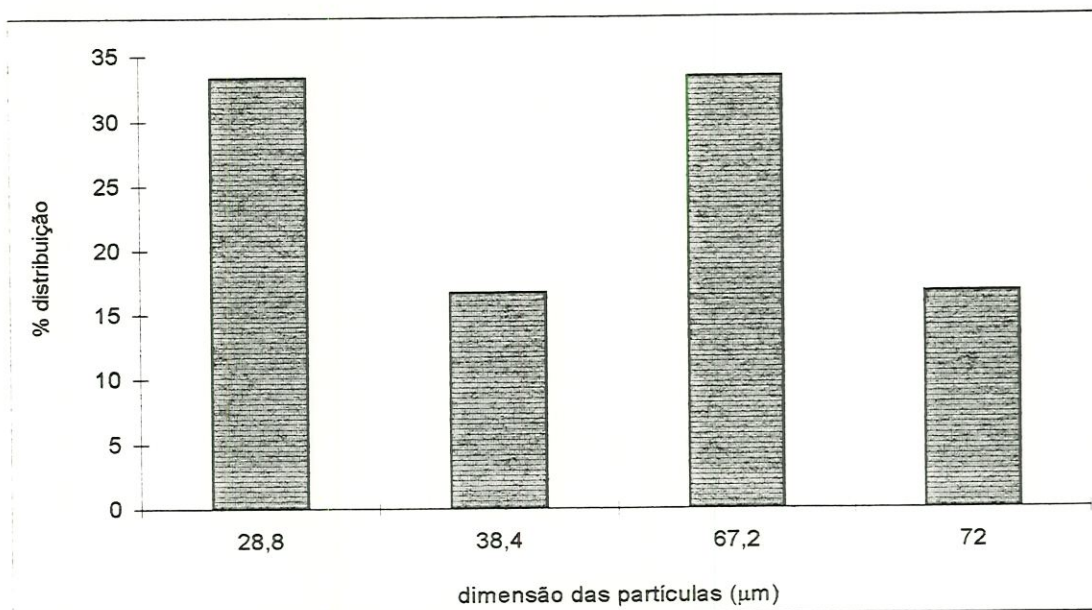


FIGURA 184: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) - Subcamada 10-25 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

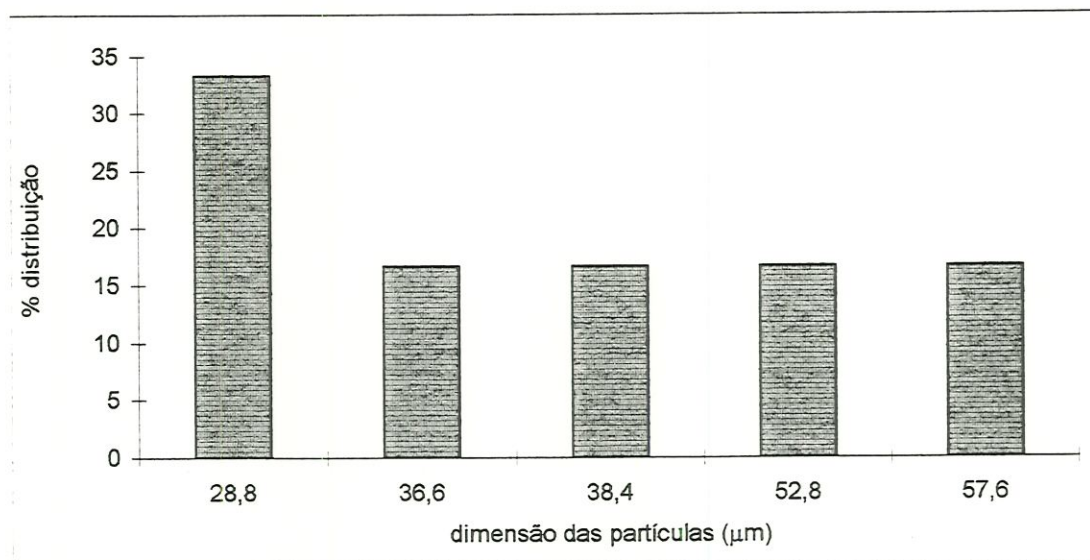


FIGURA 185: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro sem manta (PFSM) - Subcamada 10-25 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

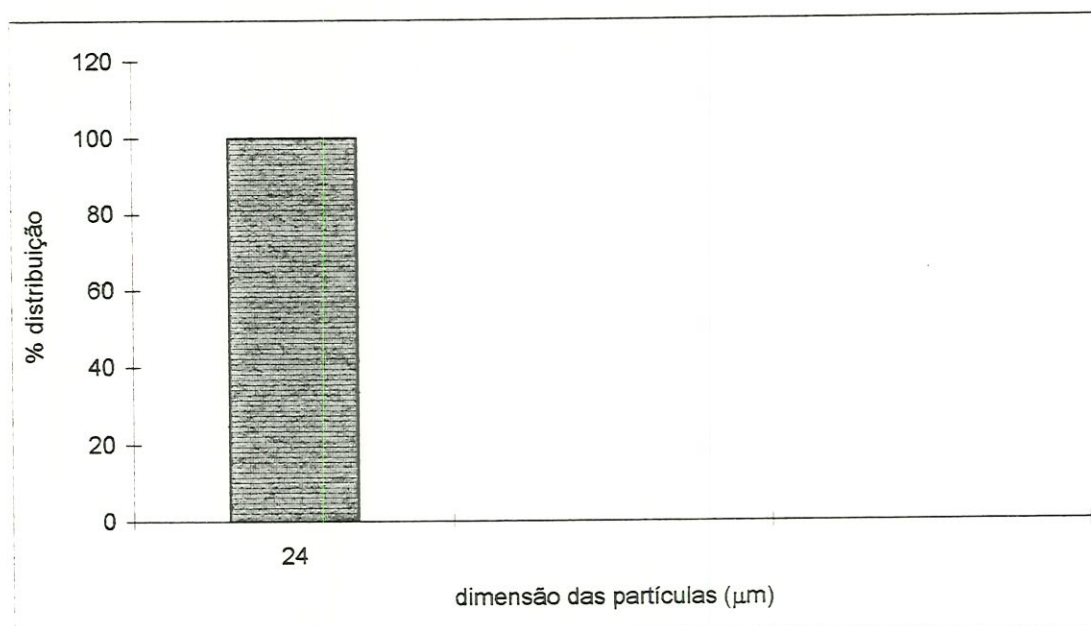


FIGURA 186: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica.

Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) - Subcamada 10-25 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

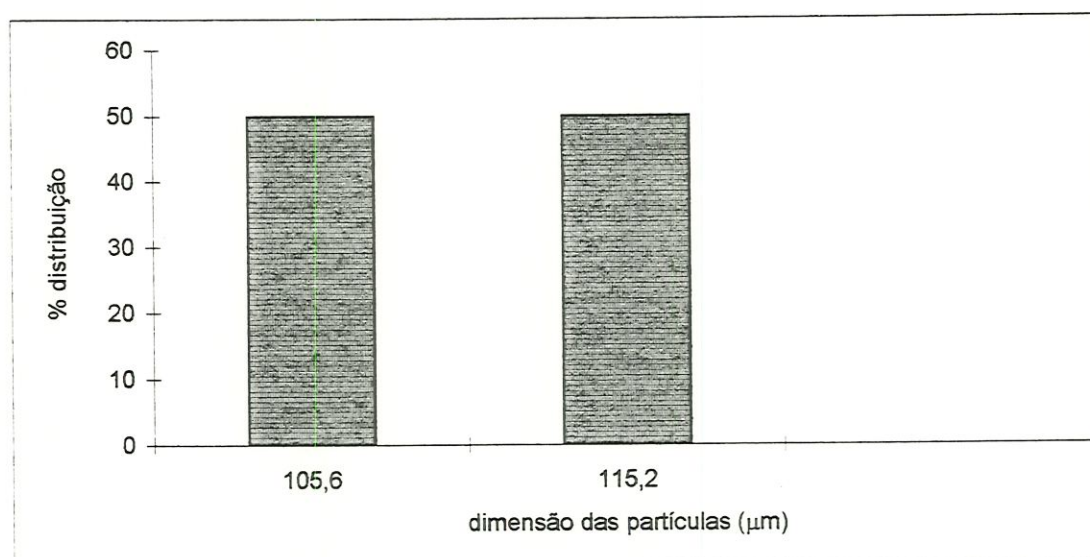


FIGURA 187: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos.

Amostra dos coletores do pré-filtro sem manta (PFSM) - Subcamada 10-25 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

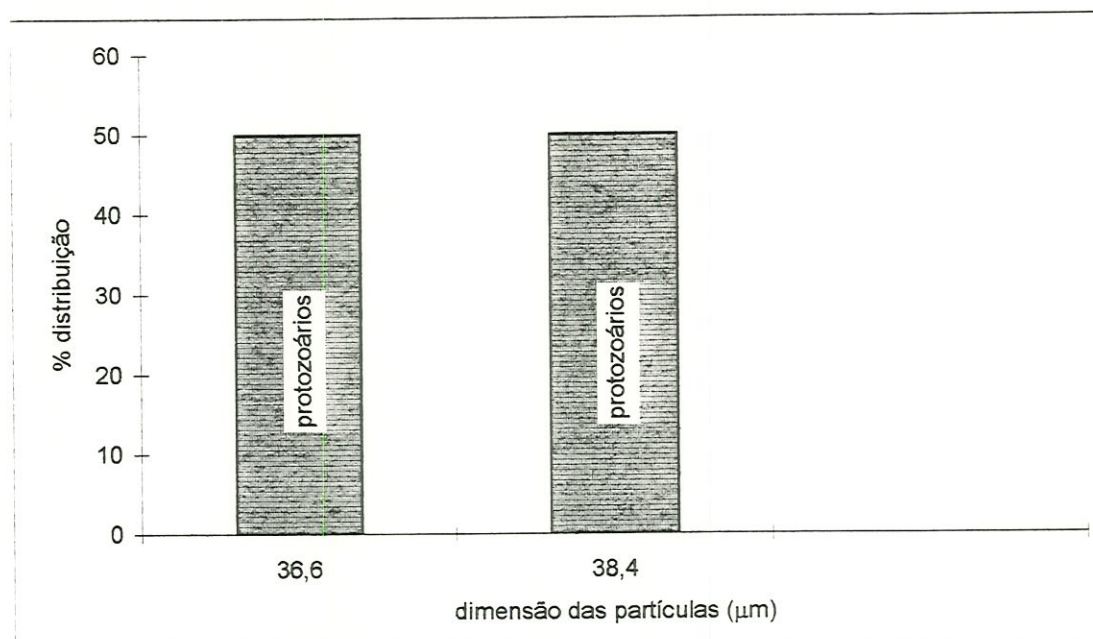


FIGURA 188: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros.
Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) - Subcamada 10-25 cm.
Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

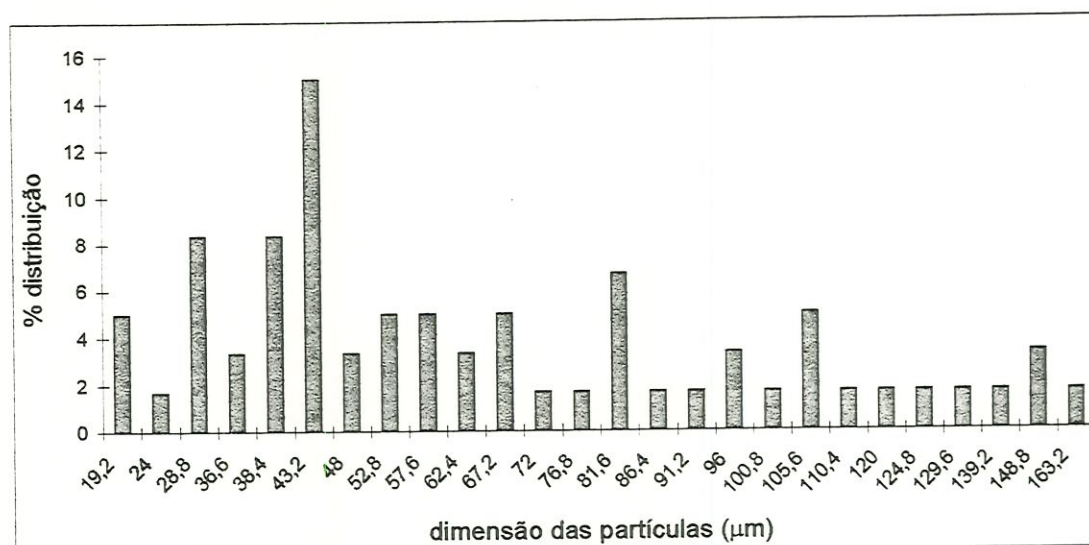


FIGURA 189: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) - Subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

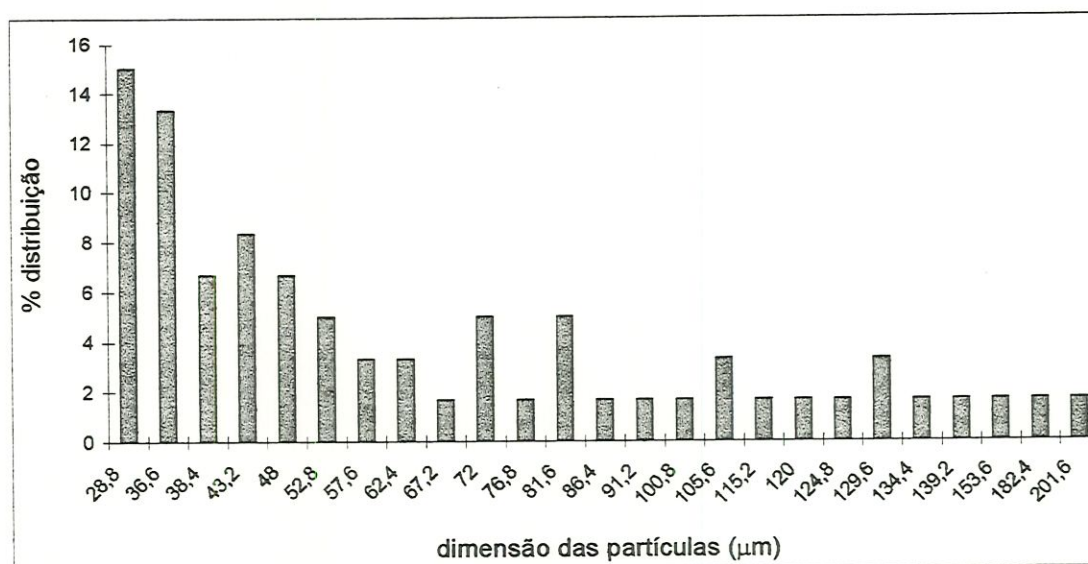


FIGURA 190: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro sem manta (PFSM) - Subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

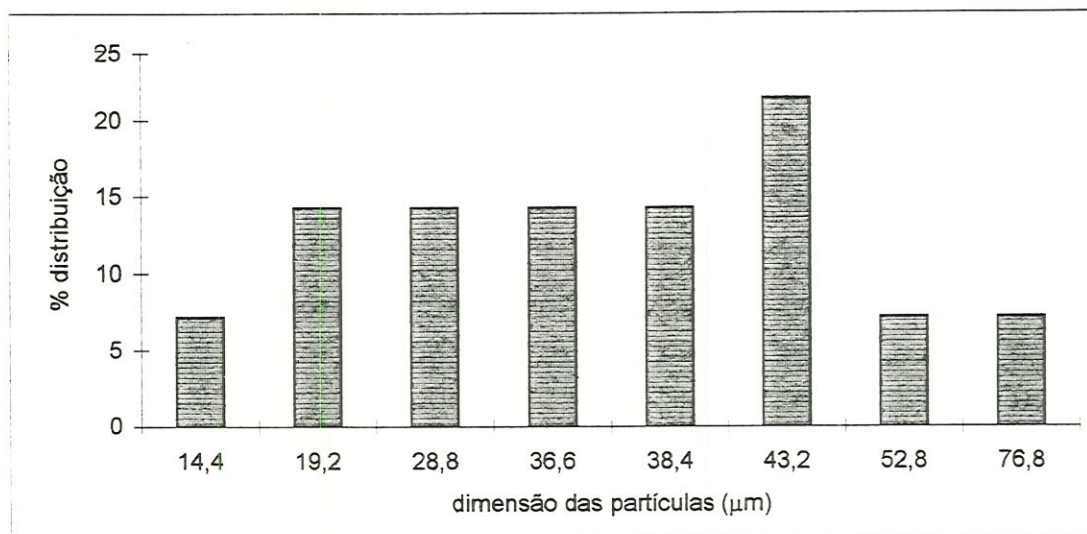


FIGURA 191: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscópica óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro com manta (PFCM) - Subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

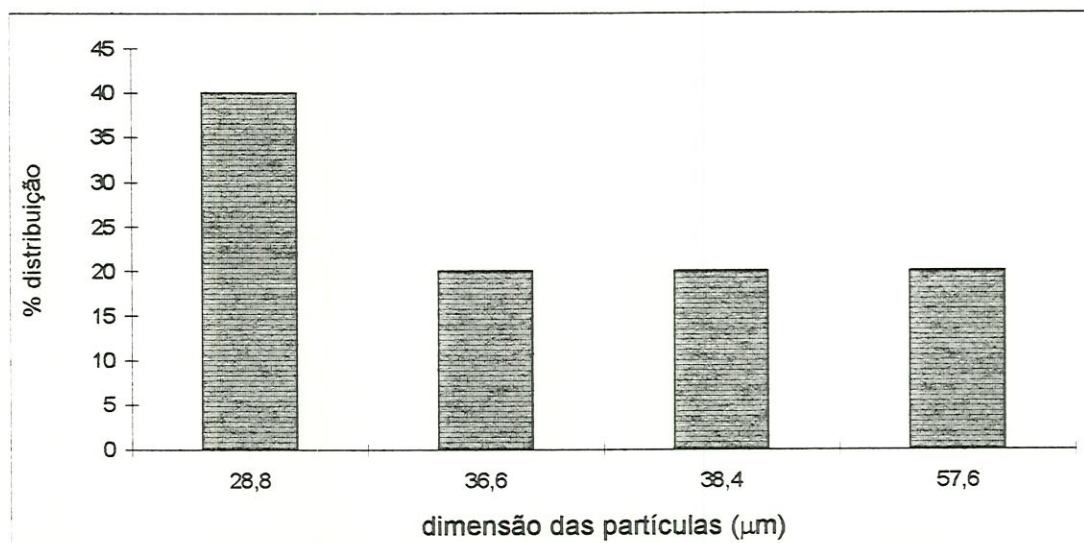


FIGURA 192: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscópica óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos coletores do pré-filtro sem manta (PFSM) - Subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.

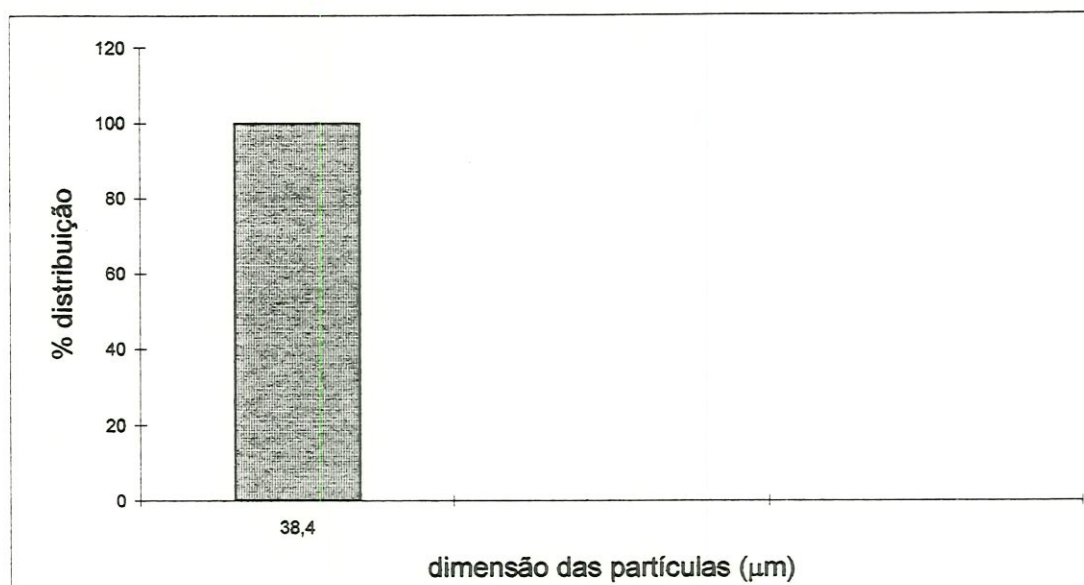


FIGURA 193: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como restos vegetais. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

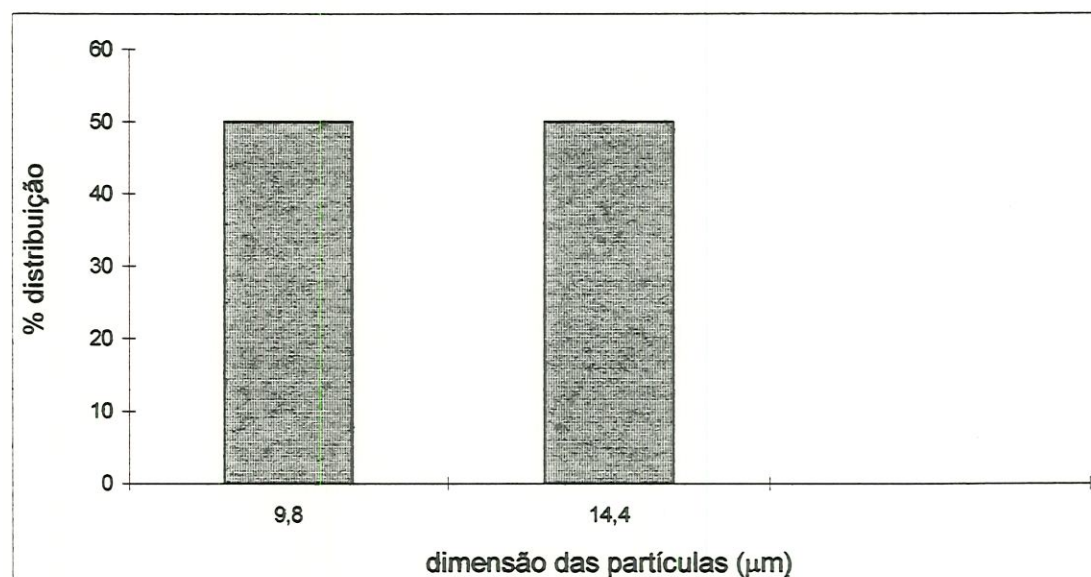


FIGURA 194: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

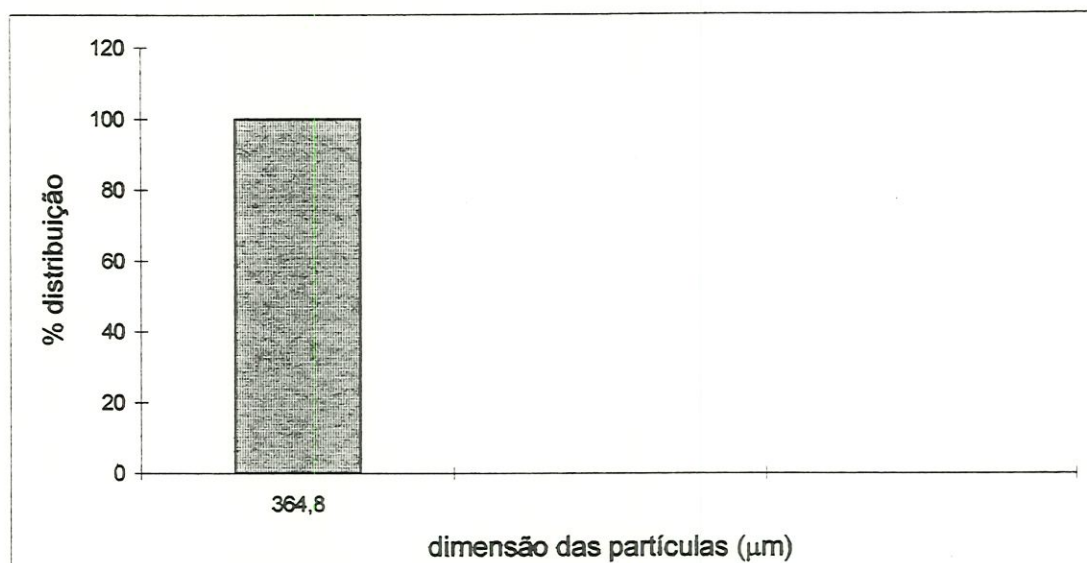


FIGURA 195: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

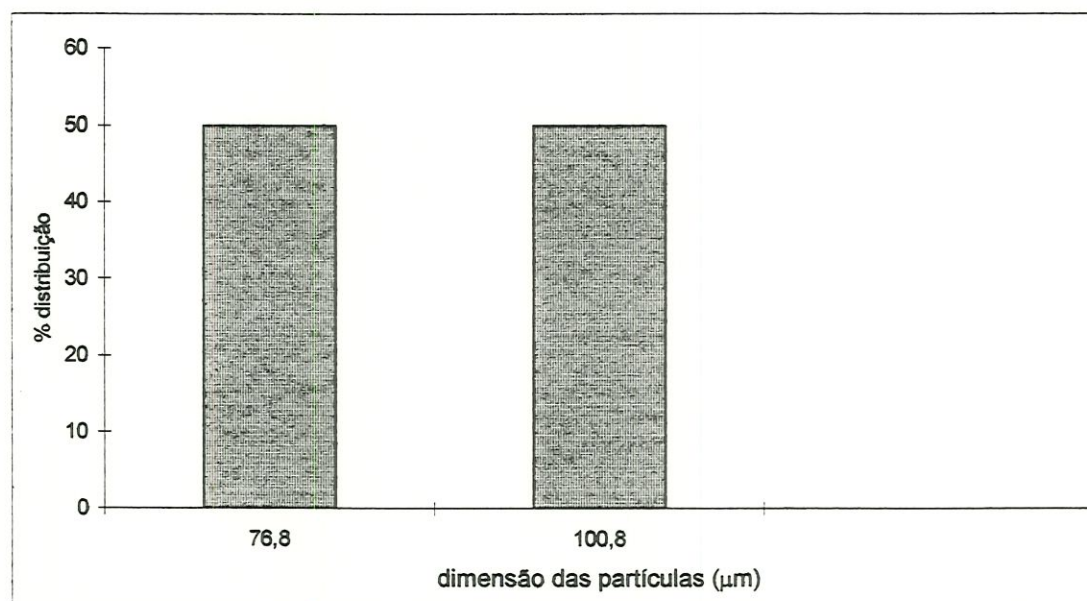


FIGURA 196: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como fungos. Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

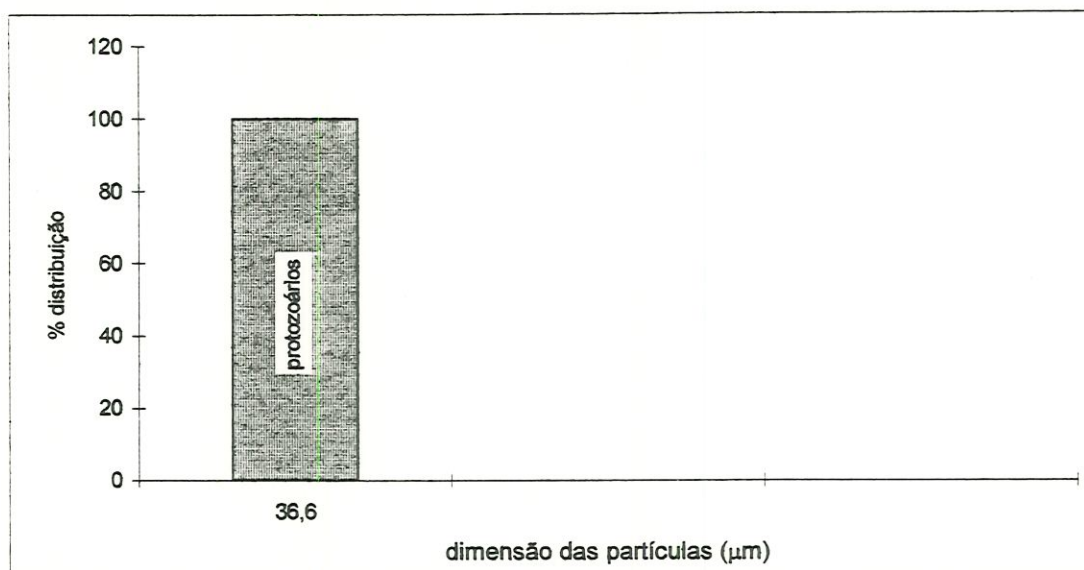


FIGURA 197: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros.
Amostra do leito de areia do pré-filtro com manta (PFCM): subcamada 25-40 cm.
Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

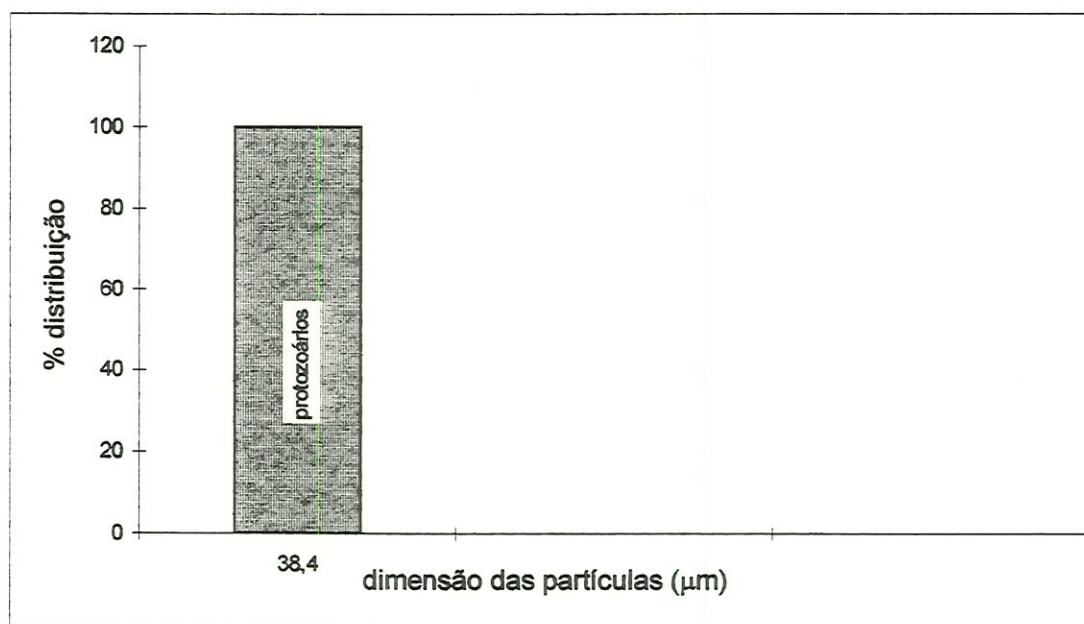


FIGURA 198: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como outros.
Amostra do leito de areia do pré-filtro sem manta (PFSM): subcamada 25-40 cm.
Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

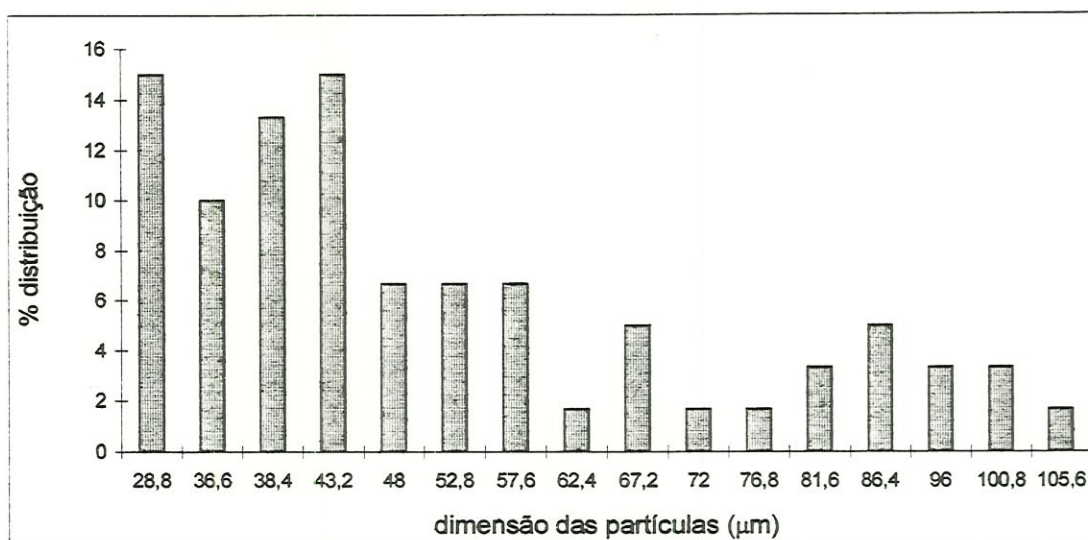


FIGURA 199: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

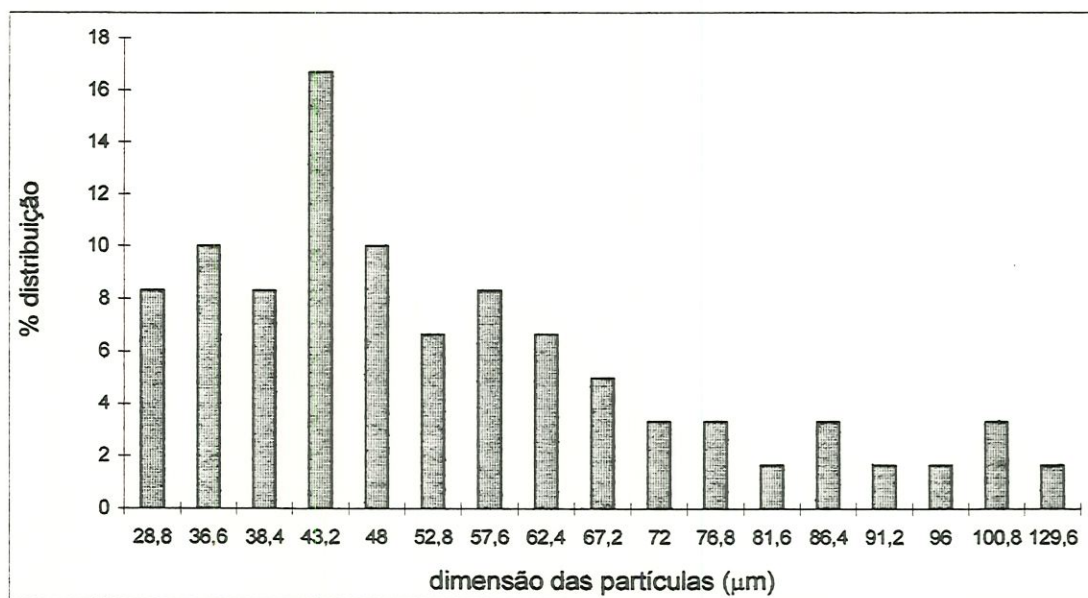


FIGURA 200: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria orgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face inferior. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

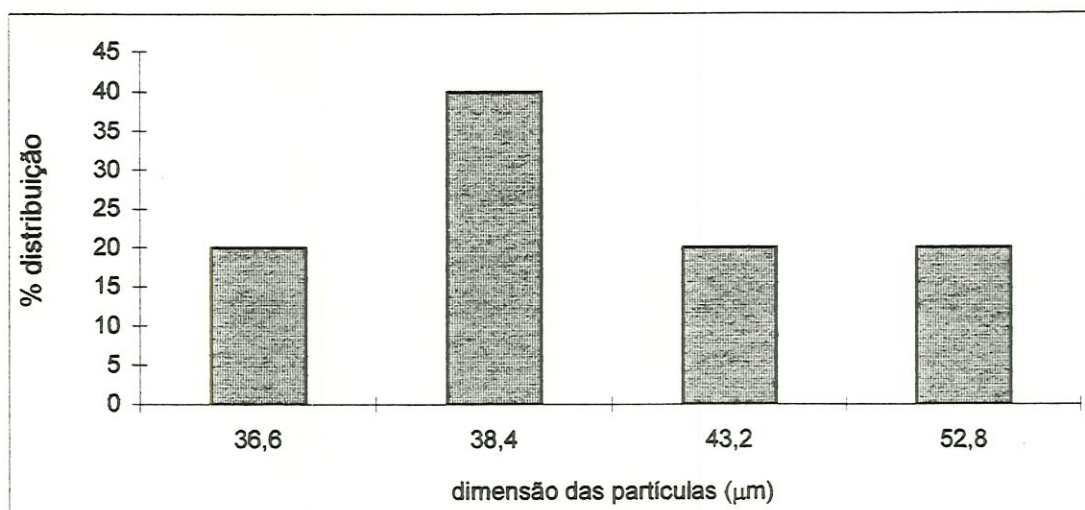


FIGURA 201: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

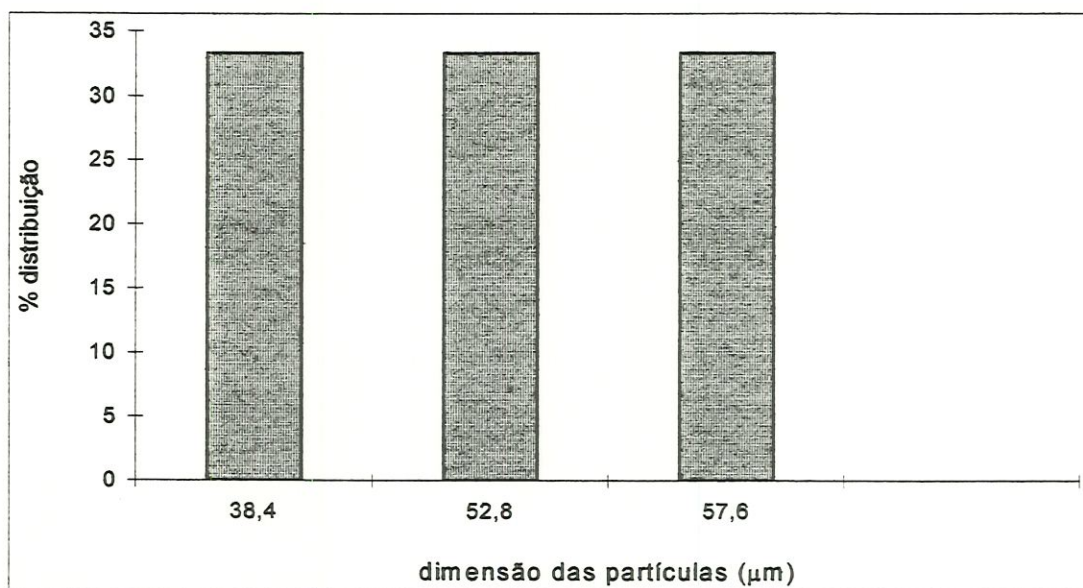


FIGURA 202: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica com bactérias. Amostra dos quadrados da manta branca (M5)1 - face inferior. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de $24 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

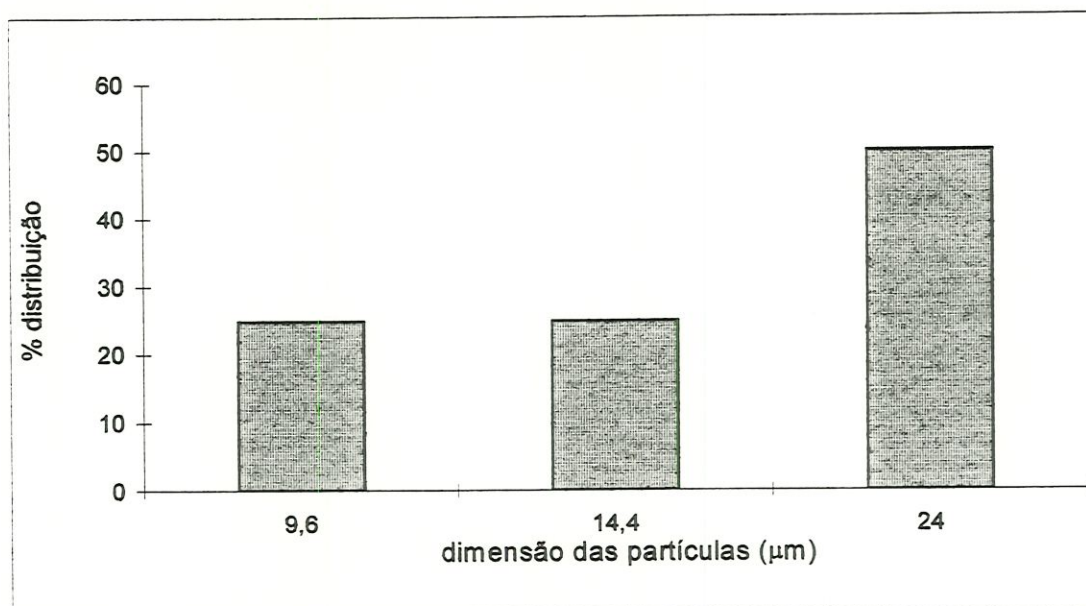


FIGURA 203: Distribuição do tamanho das partículas caracterizadas por microscopia óptica como matéria inorgânica. Amostra dos quadrados da manta preta (M3)1 - face inferior. Término da quarta carreira de filtração, operada com a taxa de 24 m³/m².dia.