



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

FILTRO DE AREIA PARA ÁGUA DA CHUVA COM FLUXO REVERSO¹

Hilton Ruoso Junior²; Pedro Daniel da Cunha Kemerich³; Afrânio Almir Righes⁴

RESUMO

O uso de água potável em atividades que não necessitam de água tratada é um desperdício de recursos que poderiam ser evitados usando água limpa, como a água da chuva. Esse procedimento economiza o volume gasto em descargas sanitárias, lavagens de carros, calçadas, roupas e em irrigação em geral, bem como, na redução de enchentes, contribuindo para minimizar impactos ambientais em zonas urbanas. O objetivo deste trabalho foi projetar, desenvolver e testar um filtro de areia para reter resíduos sólidos presentes na água da chuva, possibilitando a melhoria de sua qualidade. O trabalho experimental foi desenvolvido no laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano, utilizando-se como filtro de areia uma caixa d'água de 250 litros, com materiais filtrantes como brita, areia, geotêxtil e uma moto-bomba para testar o sistema de retrolavagem. Pelos resultados obtidos a capacidade máxima de vazão de filtragem estimada foi de 11.800 L h⁻¹. O filtro controlou 100% das partículas maiores do que 0,15 mm. Na água filtrada 75% das partículas não eliminadas no processo de filtragem apresentava diâmetro menor do que 0,075mm. A filtragem apresentou também eficiência de 79,12% na remoção da turbidez, 77,04% na cor, 55,86% na condutividade elétrica e 85,96% nos sólidos totais.

Palavras-chave: precipitação pluviométrica, material filtrante, auto-lavagem

SAND FILTER FOR RAINFALL WATER WITH REVERSE FLOW

ABSTRACT

The use of drinking water in activities that require no potable water is a waste of resources that could be avoided by using clean water, as the rainfall water. This procedure saves the amount spend on toilet discharges in washing cars, sidewalks, clothes and general irrigation as well as on the reduction of floods, helping to minimize environmental impacts on urban areas. This work aims to design, develop and test a sand filter to retain solid waste material from the rain water, allowing the improvement of their quality. The experimental work was developed in the laboratory of Environmental Engineering at the "Centro Universitário Franciscano", using sand as a filter for a water reservoir of 250 liters, with filter materials such as gravel, sand, and geotextil and a electrical water-pump to test the system of reverse flow. By the results obtained the maximum flow filtration rate estimated is 11,800 L h⁻¹. The filter controls 100% of particles larger than 0.15 mm. Filtered water in 75% of particles not removed by the filter has diameter less than 0.075 mm. The filter also provides efficiency of 79.12% in the removal of turbidity, 77.04% of color, electrical conductivity and 55.86% in 85.96% of total solids.

Keywords: rainfall, filter material, self-washing

Trabalho recebido em 06/01/2010 e aceito para publicação em 12/03/2010.

¹ Trabalho Final de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental

² Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, e-mail: hiltonruoso@hotmail.com

³ Orientador. Professor do Centro Universitário Franciscano, e-mail: eng.kemerich@yahoo.com.br

⁴ Co-orientador. Professor do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, e-mail: righes@unifra.br

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água no planeta está diretamente relacionada ao aumento populacional, os recursos hídricos são finitos e estão cada vez mais escassos. Os mananciais estão mais poluídos e degradados, a dificuldade em conseguir-se água de boa qualidade é crescente no Mundo inteiro. A água existente no planeta é e será sempre a mesma, mudando apenas seu estado que pode ser líquido, sólido ou gasoso. Logo, com o aumento populacional a demanda torna-se cada vez maior.

Uma visão global da água do planeta revela que 3/4 da superfície da Terra são cobertos por água, dos quais 97% são de água salgada, e apenas, aproximadamente, 3% de água doce. Já os rios e lagos, que são as principais fontes de abastecimento de água para a população, correspondem a apenas 0,01% desse percentual (CETESB, 2007).

A água desempenha um papel fundamental no desenvolvimento sócio econômico de qualquer civilização. Sua disponibilidade em quantidade e qualidade compatíveis com a demanda é um dos fatores que determinam o nível de qualidade de vida em um agrupamento humano (CARVALHO, 1994). A civilização ainda não se conscientizou que dependem extremamente da água e tem que conservá-la, pois, trata-se de um

recurso limitado e vulnerável (SZÖLLÖSI-NAGY, 1993).

O aproveitamento indevido da água no mundo de hoje é uma preocupação constante, muita água potável é desperdiçada para certos fins onde poderia ser utilizada água não potável mas sim, água limpa de boa qualidade como a água da chuva. Com isso, destaca-se a importância da conscientização da população mundial, para reduzir o consumo de água potável para fins que não a necessitam. Esse procedimento tem vários benefícios como: redução do consumo de água potável da rede pública; redução tarifária do fornecimento da mesma; menor demanda de águas subterrâneas e de superfície; minimiza o uso de água potável onde não é necessário como em descargas sanitárias, na lavagem de carros, calçadas, roupas e em irrigação em geral. Outro benefício que a captação de água proveniente das precipitações pluviométricas é a redução de enchentes, contribuindo para reduzir os problemas ambientais em zonas urbanas represando parte desta água que seria drenada para os coletores fluviais, galerias e rios. A captação e uso adequado da água da chuva ajudam a proteger o meio ambiente. Faz sentido financeiramente e ecologicamente não desperdiçar esse recurso natural disponível com abundância em todos os telhados em dias de chuva.

Muitas cidades brasileiras têm a preocupação de preservar os recursos hídricos. Muitas já estabeleceram leis para a captação de águas pluviais. A norma NBR-15527, “Água de chuva” – Aproveitamento da água da chuva proveniente de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – instituída em setembro de 2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, (2007), fornece os requisitos para o aproveitamento da precipitação pluviométrica, coletada em coberturas de casas em áreas urbanas e utilizadas para fins não potáveis em que as águas podem ser utilizadas após o tratamento adequado. Essa água em grande volume é captada de maneira rápida e em um período de tempo reduzido dos telhados de casa, prédios, galpões ou até mesmo pátios pavimentados e armazenando-a em cisternas ou em reservatórios para ser usada para fins não potáveis.

Uma alternativa para implementar o uso da água da chuva com mais qualidade é filtrar a água em filtros de areia. Esse filtro é composto de materiais de fácil obtenção como brita, areia, pedregulho, manta geotêxtil e uma caixa de água que serve como base do filtro. O desenvolvimento deste filtro para a retirada de resíduos sólidos proveniente do arraste da água da chuva é pioneiro na utilização dessa água para fins não potáveis e não

necessita de mão-de-obra especializada para seu manejo. Segundo CISAM (2006), esse filtro tem como valores de taxa de infiltração de 3 a 6 m³ m⁻² dia, essa variação de infiltração é devido à quantidade de resíduos sólidos presentes no efluente. Nesse filtro é utilizado areia com granulometria que varia de 0,104 a 1,00 mm de diâmetro com uma camada de areia de 0,6 a 0,9 m de espessura.

Cabelo (1996), trabalhando com filtros de areia, recomendou espessura de camada entre 0,4 e 0,6 m. Afirma que existe um valor crítico para a espessura do meio filtrante a partir do qual a qualidade da água filtrada não apresenta melhora, mas somente aumenta o tempo de contaminação total, requerendo limpezas mais frequentes. Além disso, espessuras excessivas de areia podem dificultar a retrolavagem do filtro. Mas segundo Vermerein & Jobling (1984) a espessura da camada filtrante, a vazão e a pressão que a água exerce sobre a superfície da areia, afetam a eficiência de remoção desse equipamento. Recomendam que a altura da camada filtrante dentro do filtro não deve exceder de 0,5 a 1,0 m, de forma a impedir, após a retrolavagem, a formação de espaços com agregados de maior tamanho, reduzindo a eficiência de remoção das impurezas do filtro.

O filtro de areia é um método de tratamento bastante antigo, inicialmente

adotado na remoção de turbidez da água potável. A partir do século XIX, na Europa e nos Estados Unidos, passou a ser aproveitado na depuração de esgotos (MICHELS, 1996). Os filtros de areia são efetivos para a retenção de materiais sólidos em suspensão, como algas, outros materiais orgânicos, areias finas e partículas de silte (DASBERG; BRESSLER, 1985). Esses filtros podem remover quantidades significativas de sólidos suspensos com diâmetros equivalentes de até 20 μm , sendo o seu uso também recomendado para o tratamento de águas residuárias que contêm materiais orgânicos em suspensão (VERMEREIN & JOBLING, 1984). O filtro de areia consiste em fazer a água passar por um meio granular de areia grossa, areia fina e brita com a finalidade de reter nesses materiais seus resíduos sólidos. É necessário levar em conta o tamanho das partículas de areia na construção deste filtro, pois é o meio granular que afetará a vazão. Segundo Keller & Bliesner (1990), afirmam que, para uma dada qualidade de água e tipo de meio poroso, o tamanho das partículas que passam pelo filtro sem serem retidas, aumenta com o aumento da vazão.

A vazão é definida anteriormente, para saber certo o dimensionamento do filtro, pois se não for definida poderá ser usado areia muito fina que poderá sujar, entupir muito rapidamente o filtro e não

vencerá a vazão, com isso acabará transbordando água pelo filtro ou se for usado areia muito grossa talvez o filtro não seja eficiente o suficiente para separação dos resíduos sólidos. De acordo com Cabelo (1996), o projeto de um filtro envolve a determinação das seguintes características: superfície filtrante ou diâmetro do filtro, tipo de areia ou meio poroso e espessura da camada.

Outros parâmetros levados em conta é a condutividade hidráulica da areia saturada que representa a proporcionalidade entre o gradiente e o fluxo do meio granular poroso do filtro, o que influência nessa condutividade é o tamanho das partículas da areia escolhida, índice de vazios do solo e a temperatura da água. De acordo com Beltrán (1986), condutividade hidráulica do solo saturado depende da fluidez da água, que é proporcional a sua viscosidade e densidade, e da macroporosidade do solo que, por sua vez, é função da textura e da estrutura. O outro parâmetro é a determinação da escolha da vazão é a diferença de pressão causada pela água no interior do filtro ou pode ser chamada de perda de carga. Esta perda é resultado da resistência das partículas do filtro pelo movimento da água. As partículas de resíduos sólidos aumentam a perda de carga, reduzindo a vazão do filtro. Sendo necessário fazer uma limpeza para a

remoção dessas partículas de resíduos sólidos. De acordo com Cabelo (1996), a perda de carga, quando os filtros de areia estão limpos, é da ordem de 10 a 20 kPa, dependendo do tipo de areia e da velocidade média de filtração. À medida que ocorre a filtração, as partículas vão acumulando-se na superfície e no meio filtrante, determinando aumento na perda de carga, cujo valor pode chegar de 40 a 60 kPa, quando se deve proceder a limpeza do filtro (CABELO, 1996).

Essa limpeza se realiza pelo método de retrolavagem, pela inversão da direção do fluxo da água, isto é, a passagem reversa da água pelo meio granular do filtro. Silva et al. (2003), recomendam que a retrolavagem deve ser realizada a cada aumento de 10 a 20% da perda de carga correspondente ao filtro limpo.

Para viabilizar o uso dessa água proveniente de chuvas com mais qualidade esse trabalho teve como objetivo: (i) Determinar em laboratório a condutividade hidráulica saturada para diferentes diâmetros das partículas do material filtrante; (ii) Projetar e montar uma unidade de filtragem experimental, determinar a eficiência de filtragem e estimar a vazão máxima do filtro e (iii) Dimensionar, desenvolver e testar a eficiência do sistema de retrolavagem do material filtrante.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano, situado na Rua Silva Jardim, sem número, na cidade de Santa Maria – RS.

2.1 Caracterização dos Materiais

Foram selecionados aleatoriamente três granulometrias diferentes de areia para determinar a condutividade hidráulica saturada ($K_{(0)}$) pelo método do permeâmetro de carga constante. Para a determinação da condutividade hidráulica saturada foram utilizadas cinco repetições para cada tipo de areia, estas amostras de areia foram separadas após peneiramento em um conjunto de peneiras de malhas que variavam de 0,6 mm a 2,36 mm para identificação de suas granulometrias. Para a determinação da $K_{(0)}$ foram utilizados cilindros Uhland, com 00,72 m de altura e 00,69 m de diâmetro, preenchidos com areia. No laboratório, precedeu-se a saturação das amostras nos cilindros de Uhland, colocando-os em contato com água numa bandeja até ocorrer a saturação completa de toda porosidade. Após a saturação completa das amostras foram retiradas da bandeja e encaixadas no permeâmetro de carga constante, conforme a Figura 1.



Figura 1 – Aparelho de Permeâmetro de Carga Constante

No aparelho permeâmetro de carga constante foram determinadas valores de condutividade hidráulica saturada das amostras (Tabela 2). A condutividade hidráulica saturada das amostras de areia com diferentes granulometrias foram calculadas utilizando-se a Equação de Darcy para determinar a $K_{(0)}$.

$$Q = -K \frac{h_2 - h_1}{z_2 - z_1} A t$$

sendo, Q a vazão, K a condutividade hidráulica saturada, $(h_2 - h_1)$ a diferença de carga piezométrica, A a área da secção transversal da amostra, t o tempo e $(z_2 - z_1)$ o comprimento da amostra.

2.2 Montagem do Filtro

Na montagem do filtro de areia foi utilizado uma caixa cilíndrica de fibra de

vidro com capacidade de 250 litros, diâmetro de 0,76 m e 0,60 m de altura. No fundo da caixa foi realizado um furo de 100 mm de diâmetro (Figura 2a) no qual foi colocado na parte inferior uma curva de 100 mm (tubo de esgoto) para receber água filtrada. Na parte superior foi instalado uma luva de 100 mm de diâmetro que serviu como base para instalação radial dos tubos de PVC, coletores de água filtrada, com diâmetro de uma polegada. Os tubos foram perfurados com broca de dois mm de diâmetro, totalizando cinco canos coletores, dispostos radialmente. Na parte superior dessa luva foi colocada uma tampa perfurada com a mesma broca dos canos (Figura 2b).



Figura 2 – (a) Vista superior da caixa de 250 litros com seu furo adaptado de 100 mm e (b) canos coletores de água acoplados em uma luva de 100 mm no fundo da caixa.

Após montado o sistema com os canos coletores de água a caixa foi preenchida de água para ser estimada a vazão dos canos. Esta vazão foi estimada pelo volume escoado por unidade de tempo, cuja vazão foi de 23.040 L h^{-1} .

O filtro foi montado por camadas de materiais filtrantes uma sobreposta em cima da outra dentro da caixa de fibra e em cima dos canos coletores de água. Na camada de base foi colocada brita tipo 1 com 0,11 m de espessura até cobrir a tubulação dos canos (Figura 3).

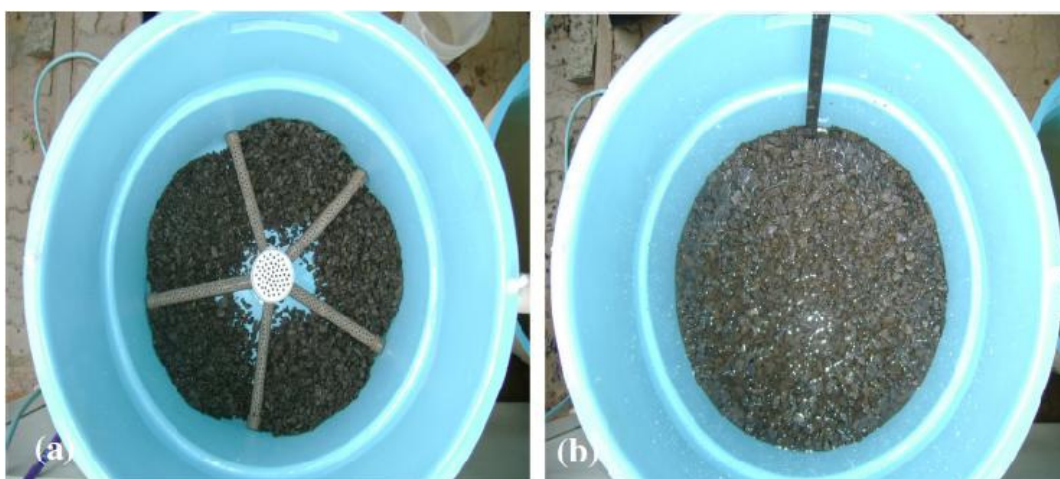


Figura 3 – Visualização da camada de 0,11 m de brita tipo 1 sobre os canos coletores de água.

Em seguida foi colocada uma manta geotêxtil (bidin) no formato cilíndrico (Figura 4a) cobrindo toda a camada de brita para que não houvesse contato entre a areia e a brita e sobreposta a manta

geotêxtil (bidin) foi colocado uma camada de areia lavada com o diâmetro de 1 à 2,36 mm e com a espessura de 0,32 m (Figura 4b).

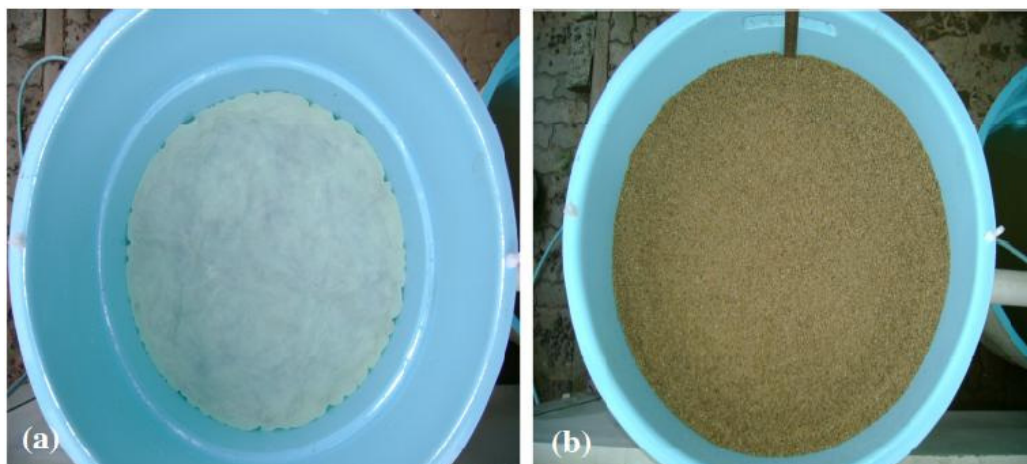


Figura 4 – (a) Manta geotêxtil sobreposta à camada de brita e (b) camada de 0,32 m de areia sobreposta à manta

Na camada superior a de areia foi colocado uma camada de 0,05 m de brita tipo 1 (Figura 5) para evitar que o fluxo da

água ao entrar ao filtro não provocasse deslocamento de areia.



Figura 5 – Vista superior da última camada de 0,05 m do material filtrante de brita tipo 1.

Na parte inferior da caixa foi instalada uma tubulação de 100 mm que capta a água filtrada que a leva até uma caixa de 500 litros que serve de reservatório montado ao lado (Figura 6).

Na parte superior da caixa entre a areia e calha coletora de resíduos sólidos pelo método de retro-lavagem ficou uma borda de 0,10 m que serve para aumentar carga hidráulica em cima da areia, quando usada

em sua vazão máxima, desprezando a última camada de brita.



Figura 6 – Vista Frontal do sistema montado.

2.3 Filtragem

Depois da montagem o filtro por completo realizado o teste de filtragem, usando-se uma caixa com 120 litros de água da torneira e diversos tipos de

materiais sólidos nela misturados, entre eles: matéria orgânica, material vegetal e argila (Figura 7).



Figura 7 – Água da torneira com diversos materiais sólidos misturados.

Após misturar materiais sólidos na caixa simulando o escoamento superficial foi coletada uma amostra antes e depois da água passar pelo filtro para ser determinado em laboratório seus principais parâmetros físicos (Tabela 1). A

determinação da eficiência (%) na remoção de condutividade elétrica, turbidez, cor e sólidos totais foi realizada comparando-se a água da torneira com materiais sólidos com a água após passagem pelo sistema.

Tabela 1 – Parâmetros, métodos de análise e equipamentos adotados.

Parâmetro	Método utilizado para análise	Equipamento, marca e modelo
Condutividade Elétrica		Condutímetro DM-32, Digimed
Turbidez	Macêdo, (2003)	Turbidímetro DM – TU, Digimed
Cor		Colorímetro DM – COR, Digimed
Sólidos Totais		Chapa aquecedora , Analion

Após a filtragem, a água foi conduzida ao reservatório, onde ficou por três horas para sedimentação das partículas sólidas remanescentes. Logo em seguida, as amostras de água foram coletadas na parte inferior da caixa, secas em estufa a

2.4 Retrolavagem

Depois da filtragem da água com os materiais sólidos foi testada a retrolavagem do filtro de areia sujo. Foi acoplado um redutor de ¾ de polegada no final do cano de 100 mm que conduzia a água filtrada

110°C para determinar a concentração dessas partículas. Após a secagem as amostras passaram por uma seqüência de peneiras para a determinação da granulometria mínima das partículas que ficam retidas no filtro. até o reservatório. Conectado a essa tubulação usou-se uma moto-bomba de 1 CV para realizar a reversão do fluxo com água limpa do reservatório ao lado. Na Figura 8 pode-se observar antes e durante a retrolavagem.



Figura 8 – Material sólido antes e durante a retrolavagem.

Conforme Figura 9, na parte superior da caixa foi adaptada uma calha coletora

dos resíduos sólidos no momento de retrolavagem. Com o refluxo as impurezas

contidas no material filtrante, foram deslocadas até a superfície do filtro e

carreadas para fora do sistema, sendo conduzidas pela calha coletora de resíduos.



Figura 9 – Vista frontal e lateral da calha coletora de resíduos sólidos.

A determinação da eficiência (%) da retrolavagem foi realizada através da comparação dos parâmetros físicos (condutividade elétrica, turbidez, cor e sólidos totais) da água da torneira com a água que saiu do sistema de retrolavagem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios de cinco repetições da condutividade hidráulica saturada $K(0)$ determinadas em amostras de areia pelo método do permeâmetro de carga constante (Figura 1). Para proporcionar uma maior vazão no filtro a granulometria da areia escolhida foi a que apresentou maior condutividade hidráulica saturada, com

$19,86 \text{ m h}^{-1}$. Esse valor obtido com a granulometria de 1 à 2,36 mm, que correspondem aos números 18 à 8 nas peneiras granulométricas conforme NBR NM ISO 3310/1 (ABNT, 1997), pode ser interpretado como velocidade ou seja, espaço percorrido por unidade de tempo. Nesse caso a água percorre 19,86 m em uma hora. Aplicando-se a Equação de Darcy para os valores de $K(0)$ de $19,86 \text{ m h}^{-1}$ do material filtrante, gradiente hidráulico de 1,31 e as dimensões do filtro (diâmetro de 76 cm), estimou-se que a vazão máxima do filtro é de 11.800 L h^{-1} .

Tabela 2 – Valores médios da condutividade hidráulica saturada de cinco repetições realizadas em amostras de areia com diferentes granulométricas pelo método do permeâmetro de carga constante.

Amostra	Granulometria da areia (mm)	Condutividade hidráulica saturada $K_{(0)}$
A	0,6 à 0,85	4,96
B	0,85 à 1,18	9,93
C	1 à 2,36	19,86

3.1 Eficiência de Filtragem do Filtro

A avaliação da eficiência do filtro de areia foi determinada em duas etapas. Na primeira foram avaliadas as principais características físicas da água. Foi usada como parâmetro de referência à água da torneira. Também foram avaliados os parâmetros da água da torneira com materiais sólidos misturados e a água filtrada. Na segunda etapa realizou-se uma classificação por diâmetro das partículas não retidas pelo filtro.

3.1.1 Avaliação dos parâmetros físicos da água

Foram avaliados os parâmetros de turbidez, cor, condutividade elétrica e sólidos totais da água da torneira, com a adição de materiais sólidos uniformemente misturados e também a água após a passagem pelo filtro para determinar a variação de cada parâmetro (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios de quatro repetições dos parâmetros físicos obtidos da água da torneira, com materiais sólidos antes da filtragem, pós filtragem e percentagem de remoção.

Parâmetros	Água da torneira	Água antes da filtragem	Água pós filtragem	Remoção (%)
Turbidez (NTU)	0,13	134,13	28	79,12
Cor (uH)	15	374,28	85,95	77,04
Condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	69	236,43	104,36	55,86
Sólidos totais (mg/L)	0	3047	427,75	85,96

Conforme demonstrado na Tabela 3, nota-se que após a filtragem da água com materiais sólidos obteve-se uma redução de

79,12% na turbidez e 77,04% na cor. Em tratamento de água a turbidez não é usada como forma de controle, mas pode ser determinada para caracterizar a eficiência

do tratamento, uma vez que pode ser relacionada à concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO & PESSÔA, 1995). Nota-se que a maior redução entre os parâmetros foi o dos sólidos totais que chegou a 85,96%. O teste de sólidos totais foi concebido para se interpretar, quantitativamente, a presença total de matéria que não seja água, seja na forma de substâncias dissolvidas, em forma coloidal ou em suspensão. Seu teor é obtido pela pesagem do resíduo da evaporação de uma amostra correspondendo a sua fase seca (BRAILE, 1979). Segundo Galvis et al (1997), a filtração em areia é uma tecnologia de tratamento de água eficiente, que pode produzir efluentes com baixa turbidez, cor e baixa quantidade de impurezas suspensas e/ou dissolvidas. Nota-se ainda que a condutividade elétrica apresentou uma redução de 55,86%, isto pode ser atribuído a redução dos sólidos presentes na amostra, pois a condutividade elétrica é a capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica por meio de íons.

3.1.2 Classificação das partículas não retiradas pelo filtro

Conforme se verifica na Tabela 4, o filtro de areia apresenta uma eficiência maior em reter partículas com diâmetros maiores de 0,075 mm, isto pode ser atribuído pela escolha da granulometria da areia. Segundo Pizarro (1996), O processo de retenção de sólidos no meio granular ocorre pelo fenômeno superficial que retém partículas de tamanho superior aos poros. O autor afirma ainda, que o contato entre uma partícula em suspensão com o grão do material filtrante ou sedimentos cria forças de atração elétrica, o que explica como os filtros retêm partículas muito menores que o tamanho dos poros. Nota-se ainda que o filtro é 100% eficiente para partículas que são maiores de 0,15 mm, pois todas as partículas que passaram pelo meio filtrantes foram menores.

Tabela 4 - Resultados dos diâmetros das partículas que restaram na água após passarem pelo filtro de areia.

Granulometria das partículas (mm)	Quantidade (%)
0,15 - 0,30	6,87
0,075 - 0,15	18,02
<0,075	75,11

A Figura 10 evidencia a variação da qualidade da água antes do uso do filtro e depois da passagem pelo filtro,

demonstrando a eficiência do processo de filtragem na redução da turbidez.



Figura 10 – Visualização da água antes e depois da filtragem

3.2 Eficiência da retrolavagem

Para analisar a eficiência do sistema de retrolavagem foram utilizados como testemunha os principais parâmetros físicos de qualidade da água da torneira,

que serviram como valores de referência, em comparação aos parâmetros da água resultantes do sistema de retrolavagem, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Comparação da água torneira com a água que saiu do sistema de retrolavagem.

Parâmetro	Água da torneira	Água da retrolavagem
Turbidez (NTU)	0,13	23,83
Cor (uH)	0,15	99,88
Condutividade elétrica (µS/cm)	69	96,72
Sólidos totais	0	1680,75

Nota-se que, conforme os resultados da Tabela 5, todos os parâmetros analisados após a realização da retrolavagem tiveram um grande aumento em comparação com os valores da água da

torneira, isto demonstra a eficiência no método, que modifica o fluxo da água para retirar os sólidos que ficaram retidos no filtro. Nakayama & Bucks (1986), afirmam que não existe uma regra universal para

predizer com precisão o momento da limpeza do filtro ou da retrolavagem. Vermerein & Jobling (1984), afirmam que a frequência de retrolavagem pode variar de algumas horas até vários dias, dependendo do material filtrante e da concentração de materiais em suspensão na água. Silva et al. (2003), recomendam que a retrolavagem deve ser realizada a cada aumento de 10 a 20% da perda de carga correspondente ao filtro limpo. Dasberg & Bressler (1985) indicam que o filtro deve ser retrolavado quando atingir perda de 100 kPa.

4 CONCLUSÕES

- a) O filtro de areia com fluxo reverso, desenvolvido para filtragem da água proveniente de precipitações pluviométricas tem uma vazão de aproximadamente 11.800 L h^{-1} ;
- b) O filtro apresenta uma eficiência de 100% para reter partículas maiores do que 0,15 mm e 75% das partículas não eliminadas no processo de filtragem têm diâmetro menor do que 0,075mm;
- c) O sistema filtrante tem eficiência de 79,12% na remoção da turbidez, 77,04% na cor, 55,86% na condutividade elétrica e 85,96% nos sólidos totais;
- d) O dispositivo de retrolavagem desenvolvido é uma solução eficiente e

permite a remoção de resíduos sólidos do meio filtrante na limpeza do filtro de areia.

5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM ISO 3310/1:** Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR15527:** Água de chuva – Aproveitamento de coberturas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- BELTRÁN, J. M. **Drenaje agrícola.** Madrid: Ministerio da Agricultura, Pesca y Alimentacion, 1986, v.1, 239p.
- BRAILE, P. M. Manual de tratamento de águas residuárias industriais In BRAILE, P. M.;
- CAVALCANTE, J. E. W. São Paulo, CETESB, 1979.
- CARVALHO, N. de O. - **Hidrossedimentologia prática** - CPRM - Rio de Janeiro: Interciência, 1994.
- CETESB-SP. **Água, rios e reservatórios.** Secretaria de Estado do Meio Ambiente. CETESB, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>>. Acesso em 14/09/2007.
- CISAM/AMVAP - Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental. **Manual de Saneamento Ambiental.** Uberlândia/MG, CISAM, 2006.
- DASBERG, S.; BRESSLER, E. **Drip irrigation manual.** Bet Dagan: International Irrigation Information Center, 1985, 95 p.

- GALVIS, G.; LATORRE, J.; VISSCHER, J.T. **Filtración en múltiples etapas, tecnología innovativa para el tratamiento de agua.** Versión Preliminar, Serie Documentos Técnicos, Colômbia, CINARA, 1997, 89p.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** - 3.ed. - Rio de Janeiro: ABES, 1995, 720p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1990, 652 p.
- MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Métodos laboratoriais de análises: físico-químicas e microbiológicas.** 2.ed. Belo Horizonte: CRQ, 2003.
- MICHELS, C. J. System suited for small communities. **Water Environmental & Technology**, Washington, v. 7, n. 8, p. 45-48, 1996.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1986. 383 p.
- PIZARRO CABELO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia.** Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996, p. 511.
- SILVA, L.G. F.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Irrigação localizada. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação.** Piracicaba: SBEA, 2003. v.2, Cap.12, p.259-309. (Série Engenharia Agrícola)
- SZÖLLÖSI-NAGY, András. **A ação da UNESCO.** Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, 1993, p. 38 (Correio da UNESCO, v. 21, n. 7).
- VERMEREIN, L.; JOBLING, G. A. **Localized irrigation.** Rome: FAO, 1984. 203 p. (Irrigation and Drainage, Paper 36).