

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO EM FILTRO LENTO QUANTO A MELHORIA NO pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ESGOTO DOMÉSTICO

ARISTON SILVA MELO JÚNIOR ¹, PATRICIA CACHO NASCIMENTO, KLEBER ARISTIDES RIBEIRO, RUBENS CAMPOS, LUAN SARAIVA LUCENA, LETICIA RUFO SILVA, REGIANE OLIVEIRA

RESUMO

Com o aumento do processo industrial e da urbanização, cada vez mais se tem utilizado água para os processos industriais, e também para consumo humano. De modo a sanar essa problemática, foram desenvolvidos novos tratamentos de esgoto. Entre eles wetlands, filtros lentos, lagoas de estabilização, e outros. Tais sistemas tornam-se interessantes pela sua fácil implementação e custos baixos. Nesse estudo foi utilizado em parceria um sistema de tratamento por filtro lento desenvolvido na UNICAMP, em que possui um pré-filtro e dois filtros lentos com e sem carvão ativado. A pesquisa monitorou e analisou os parâmetros de pH e condutividade elétrica por 10 semanas, começando em 03 de janeiro de 2018 e finalizando em 05 de março de 2018. Os testes das amostras mostraram uma melhora na alcalinidade, com valores de 9,0 para o sistema sem carvão ativado e 8,5 para o sistema com carvão ativado.

Palavras chaves: Saneamento, contaminação, Reuso, Engenharia.

ABSTRACT

With the increase of the industrial process and the urbanization, more and more water has been used for the industrial processes, as well as for human consumption. In order to remedy this problem, new sewage treatments were developed. Among them are wetlands, slow filters, stabilization ponds, and others. Such systems become interesting for their easy implementation and low costs. In this study, a slow filter treatment system developed in UNICAMP was used in partnership, in which it has a pre-filter and two slow filters with and without activated carbon. The research

¹ Pós-Doutor em Materiais Cerâmicos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) da USP; Pesquisador colaborador da Universidade Estadual de Campinas e Professor do Departamento de Engenharia Civil do Complexo Educacional FMU. Contato: Ariston.junior@fmu.br

monitored and analyzed the parameters of pH and electrical conductivity for 10 weeks, beginning on January 3, 2018 and ending on March 5, 2018. Samples tests showed an improvement in alkalinity, with values of 9.0 for system with activated carbon and 8.5 for the system with activated carbon.

KEY WORDS: Sanitation, Contamination, Reuse, Engineering.

INTRODUÇÃO

Há alguns séculos mesmo sem possuir grandes conhecimentos, o ser humano já sabia diferenciar água esteticamente limpa, de outra que se apresentava turva, com sabor ou odor (Di BERNARDO 1989). A filtração, como parte do tratamento de água para consumo humano, deve ter sido criada pelo homem como resultado da observação da limpidez da água subterrânea, a qual era atribuída à sua passagem pelos solos naturais, tendo-se notícia do emprego da filtração para clarificação desde o século XVI (Di BERNARDO, 1993).

A filtração é um processo que se faz necessário devido à água ser notoriamente veículo de transmissões de doenças infectocontagiosas como, por exemplo, o cólera e a febre tifoide, e a principal vítima dessas doenças é a população infantil (Di BERNARDO 1989).

Os primeiros sistemas de tratamento surgiram no século passado por intermédio de John Gibb em Paisley (Escócia) e por James Simpson em Londres (Inglaterra). Em Londres o processo se baseava principalmente na remoção de sólidos suspensos da água bruta. Em 1850 John Snow mostrou que cólera era transmitida pela água (ainda não era conhecida a bactéria patogênica transmissora) e a solução encontrada para evitar essa transmissão e a presença de outros sólidos indesejáveis seriam a filtração da água ou o abandono dos mananciais contaminados (PATERNIANI 2003).

A prova mais concreta da eficiência desse tipo de filtração foi comprovada com a experiência compartilhada por duas cidades vizinhas alemãs em 1892, Hamburgo e Altona ambas retiravam água para o seu abastecimento do rio Elba, o tratamento em Hamburgo consistia apenas de sedimentação simples, enquanto que em Altona havia filtros lentos de areia (Di BERNARDO 1989).

Com a contaminação do rio Elba, houve uma epidemia de cólera causando a morte de 7500 pessoas em Hamburgo, o mesmo não acontecendo em Altona. Epidemias subsequentes em várias partes do mundo confirmaram a importância da filtração antes do consumo da água (Di BERNARDO, 1993).

Segundo Di Bernardo (1993), atualmente a filtração lenta vem despertando a atenção dos profissionais ligados à área pelo fato de ser um sistema de simples construção, manutenção e operação, bem como de altíssima eficiência principalmente na remoção de microrganismos e apropriado a pequenas propriedades rurais, pelo baixo custo de implantação.

Pesquisas vêm sendo realizadas no país e no mundo que atestam a viabilidade do emprego de mantas sintéticas não tecidas em combinação com areia, pois apresentam resultados satisfatórios por facilitar a operação de limpeza, aumentando a duração da carreira de filtração. É interessante notar que em pesquisas recentes feitas por membros desta instituição (STACCIARINI; MANSOR; ROSTON e PATERNIANI) na região de Campinas confirmou-se a necessidade inerente de se investir maciçamente não só em tratamento de água em comunidades rurais, mas também em saneamento básico de uma forma geral (MELO JÚNIOR, 2005).

O intuito científico para essa pesquisa foi avaliar o processo de eficiência dos parâmetros de potabilidade de potencial Hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica para um sistema de filtro lento de areia, instalado no campus da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, que cedeu as amostras e o sistema para estudo desse trabalho do corpo Discente do curso de engenharia civil das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU).

Operação e Manutenção em Filtros Lentos

No início de cada período de filtração, o filtro é cheio com água limpa através do sistema de drenagem, de modo a expulsar as bolhas de ar contidas nos poros do leito, garantindo uma completa superfície de contato dos grãos com a água, que é introduzida até cobrir o leito filtrante, a uma altura de 0,10 metros, quando passa ser

admitida a entrada de água bruta, de modo que não haja turbulência (PATERNIANI 2003).

Ao ser alcançado o nível de projeto, a válvula de entrada do afluente é aberta passando filtro a funcionar com uma taxa de filtração que deve ser compreendida entre os valores de 2 e 5 m³.m⁻².d⁻¹, durante o período de maturação, com descarte de efluente. As partículas quando aderidas aos grãos de areia em um leito filtrante, através dos mecanismos já descritos formasse-a uma estrutura bastante sólida (Di BERNARDO, 1989).

A areia que deve ser utilizada nos filtros lentos deve ser limpa das impurezas através da lavagem com água comum. Mesmo depois de várias carreiras de filtração o início da operação do sistema se caracteriza pela produção de efluente com qualidade insatisfatória por um período que pode chegar a semanas até que a camada de “amadurecimento” (*schmutzdecke*) esteja completamente desenvolvida (MELO JÚNIOR, 2005).

Outro fator de operacionalidade que deve ser considerado é a opção de cobertura dos referidos filtros a fim de que se evite a ação da luz solar na produção excessiva de algas na parte superior dos filtros (Di Bernardo 1989).

A areia retirada durante a limpeza é lavada logo após a raspagem, evitando condições anaeróbias, devido ao consumo de oxigênio pelos microrganismos, produzindo substâncias causadoras de gosto e odor, que são de Difícil remoção (Di BERNARDO, 1989).

Vantagens e Limitações da Filtração Lenta

As limitações básicas e restrições que se podem impor ao uso da filtração lenta, tais como a Disponibilidade e valor da terra, custo de matéria-prima e mão-de-obra, temperaturas muito baixas (a ponto de congelar a água), variações bruscas na qualidade do afluente e presença de resíduos industriais tóxicos são mais particularmente aplicáveis a países com uma industrialização mais avançada, e de latitudes setentrionais (HUISMAN e WOOD, 1974) e não são aplicáveis ao Brasil.

Parâmetros de Qualidade da Água

O tamanho e a Distribuição de tamanhos das partículas presentes no afluente e efluente de filtros lentos é um parâmetro relativamente novo que passou a ser utilizado, principalmente, para estimar a remoção de cistos de *Giardia lamblia* e ovos de helmintos. Embora o conhecimento do número de partículas e a Distribuição de seus tamanhos forneçam informações adicionais sobre o desempenho dos filtros lentos, pois a turbidez pode variar consideravelmente para um mesmo número total de partículas e vice-versa. Também, para cada água, parece existir uma relação entre turbidez e teor de sólidos suspensos, a qual também deve ser considerada (TATE 1990).

Segundo Di Bernardo (1993), a turbidez das águas é devida à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros microrganismos microscópicos. Sua determinação é feita em turbidímetro calibrado com soluções de formazina.

A turbidez da água bruta em geral varia de 7 a 12 UT (Unidade de Turbidez), apesar da recomendação máxima de 10 UT. Em geral, quanto menor a turbidez da água filtrada menor o número de coliformes, há indicações de que, quanto menor a turbidez, maior a eficiência de remoção de agentes virais (PROSAB 1999).

Atividade Biológica no interior de Filtro Lento

A atividade biológica é considerada a ação mais importante que ocorre na filtração lenta, sendo mais pronunciada no topo do meio filtrante, onde há a formação do biofilme (camada gelatinosa), constituída, fundamentalmente, de matéria orgânica e de uma grande variedade de microrganismos, como bactérias, algas, protozoários e metazoários. Além Disso, quando há a presença de ferro e manganês em estado solúvel na água bruta, pode ocorrer à formação dos precipitados desses metais, que acabam participando, também, da formação dessa camada (Di BERNARDO, 1991).

A atividade biológica apresenta processos de purificação interdependentes, que são geralmente descritos em combinação uns com outros. Os mais importantes

são a oxidação química e oxidação microbiológica, além de processos biológicos que envolvem formas de vida animal e vegetal (Di BERNARDO, 1991).

A matéria orgânica que é depositada no filtro é utilizada como alimento pelos microrganismos formando um verdadeiro ecossistema que foi desenvolvido com o amadurecimento da carreira de filtração. Através da oxidação microbiana, parte desse alimento proporciona material celular para o seu próprio crescimento e parte é utilizada como energia para o seu metabolismo, permitindo que a matéria orgânica morta seja convertida em organismos vivos (PROSAB 1999).

Quando esses organismos morrem, os produtos de sua decomposição são utilizados por outros organismos situados pouco abaixo no leito filtrante. Assim, toda a matéria orgânica biodegradável presente na água bruta é gradualmente convertida em água, gás carbônico e sais inorgânicos, tais como sulfatos, nitratos e fosfatos (MELO JUNIOR 2005).

Para que ocorra uma boa oxidação da matéria orgânica, são necessárias duas condições básicas: suficiente tempo de detenção na camada filtrante e oxigênio Dissolvido (OD) para manter o meio aeróbio. A primeira condição é obtida através das taxas de filtração relativamente baixas, com as quais são projetados os filtros lentos. Se o OD da água filtrada cair abaixo de 3 mg.L^{-1} , é possível ocorrerem condições anaeróbias no meio filtrante (HESPANHOL 1987).

Assim, pode ocorrer a formação de gás sulfídrico, amônia, substâncias odoríferas, ferro e manganês Dissolvidos, tornando a água imprópria para consumo humano e para Diversos outros usos. Seria necessário, então, proceder-se a aeração prévia para aumentar a concentração de OD, ou ao pré-tratamento para reduzir a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água bruta (HESPANHOL, 1987).

O meio filtrante não apresenta condições favoráveis para proliferação de microrganismos existentes como as bactérias do tipo *Escherichia coli* na água bruta. A sua multiplicação não se efetua em temperaturas inferiores a 30°C , além de não se Dispor de matéria orgânica de origem animal suficiente para as suas necessidades metabólicas. Outro fator determinante para a sustentação desse tipo

de bactéria ser ainda mais desfavorável é a predação existente por parte dos protozoários que estão na parte superior do leito filtrante (Di BERNARDO 1993).

O conjunto de condições extremamente desfavoráveis explica a elevadíssima redução de coliformes e de organismos patogênicos possibilitada pelos filtros lentos de areia (HESPANHOL, 1987).

Podemos citar agora alguns indicadores que sinalizam a possibilidade da não qualidade da água em termos biológicos, um desses indicadores é os coliformes que podem ser definidos como organismos não necessariamente patogênicos, mas que podem indicar a presença desses organismos patogênicos, são provenientes de contaminação fecal e se encontrados acima do limite de tolerância, causam problemas à saúde da população, podem ser classificados como organismos aeróbios e anaeróbios, sendo sua origem os despejos domésticos (urbano e rural) (PATERNIANI 1991).

MATERIAL E MÉTODO

Estudo de Caso

O monitoramento da pesquisa que contou com coletas semanais de amostras de entrada (afluente) e saída (efluente) do sistema de filtro lento com areia foi iniciado no Dia 03/01/18 e finalizado no Dia 05/03/18.

As amostras foram coletadas em garrafas PET de capacidade 250 ml e congeladas a -5°C para posterior estudo em laboratório.

O sistema de filtro lento é composto de três câmaras, o que resultou em 30 amostras para análise dos parâmetros físicos pH e condutividade elétrica.

Sistema de Filtro Lento

O sistema de filtração lenta utilizado na pesquisa possui três câmaras, sendo elas constituídas por:

- Pré-filtro,
- Filtro de areia, e
- Filtro de areia com carvão ativado.

A figura 1 apresenta uma visão geral do mecanismo de tratamento de esgoto da Instituição FEAGRI/UNICAMP baseado na filtração lenta.



Figura 1 – Sistema de Filtração lenta da FEAGRI/UNICAMP.

Conforme a figura 1 detalha o sistema possui 1 câmara para pré-filtração denominada câmara de entrada e duas câmaras subsequentes de tratamento denominadas de câmaras com e sem carvão ativado.

O sistema hidráulico montado com tubos de PVC de $\frac{3}{4}$ de polegadas foi desenvolvido com torneiras para retiradas de amostras para avaliação dos parâmetros de potabilidade.

Para o presente estudo se limitou a análise do potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica.

Os padrões de pH e condutividade elétrica são importantes pois o primeiro permite avaliar o grau de acidez ou alcalinidade da água dependendo de seu pH. Para potabilidade o valor deve ficar entre 6,90 a 8,00 na escala logarítmica de pH (PROSAB 1999).

O pH, em flutuações não muito afastadas do valor neutro, não oferece muito risco a saúde humana, mas interfere nas etapas de tratamento da água. Valores baixos favorecem corrosões e valores altos podem provocar incrustações. Alterações mais severas com relação ao pH neutro podem causar sério risco à vida aquática. Para valores de pH mais baixos, uma menor concentração de amônia é

necessária para ser tóxica aos peixes. Para valores de pH mais altos a presença de metais na água é maior, pois eles se tornam mais solúveis (PROSAB 1999).

Já a condutividade elétrica é o parâmetro representado por σ que é a medida da facilidade com a qual a água permite a passagem de corrente elétrica, sendo medida em $S.m^{-1}$ (Siemens por metro), é o inverso da resistividade elétrica, medida em Ωm (ohms metro). A medição da condutividade é uma maneira indireta e simples de inferir a presença de íons provenientes de substâncias polares, geralmente sais inorgânicos, Dissolvidos na água, como cloretos, sulfetos, carbonatos, fosfatos. A presença dessas substâncias aumenta a condutividade da água, pois os mesmos são eletrólitos, ou seja, se Dissolvem em íons na água e contribuem para a condução de eletricidade. Por outro lado a presença de substâncias apolares, que não se ionizam, como álcool, óleo e açúcar acarreta na Diminuição da condutividade elétrica (ANA, 2005).

A partir da medida de condutividade elétrica pode-se estimar a salinidade da água, definida como a quantidade total de sais Dissolvidos na água. Os sais se Dissolvem dando origem a íons de carga oposta e, portanto contribuem para a condutividade elétrica da solução (MELO JÚNIOR, 2005).

Determinação do Tempo de detenção hidráulico do Filtro lento

Cada câmara do sistema de filtro lento tem uma altura útil de 1,20 metros e 60 centímetros de Diâmetro (vide figura 1).

Com as Dimensões apresentadas anteriormente, utilizando a geometria espacial tem-se que o volume de cada reservatório vale $0,34 m^3$. Para tanto, utiliza-se a equação 1.

$$V = \frac{\pi.D^2}{4} . h \quad \text{Equação 1}$$

Onde: **D** – Diâmetro de base **h** – Altura Útil.

É importante o cálculo do volume do reservatório para o cálculo do tempo de detenção hidráulico (θ_h).

Segundo Porto (1999), o tempo de detenção hidráulico representa o potencial de agilidade na estabilização dos compostos orgânicos presentes no esgoto ao se realizar o tratamento residual.

O sistema utilizado possui uma vazão regulada em $5.10^{-5} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, sendo ainda que o sistema é alimentado por escoamento gravitacional, sem necessidade de sistema de bombeamento hidráulico, da caixa de Distribuição de esgoto localizada a 50 metros à montante do filtro lento. Vale ressaltar que existe um sistema adicional constituído por wetlands que também realiza tratamento de esgoto (contudo, não é foco na presente pesquisa) (PATERNIANI 1993).

Conhecendo-se a vazão de controle e o volume dos reservatórios foi possível determinar o tempo de detenção hidráulico (θ_h) intercâmara através da equação 2 de Porto (1999).

$$\theta_h = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

V – Volume de reservatório, **Q** – Vazão volumétrica de controle.

Com base nos cálculos levantados pelas equações 1 e 2 foi possível encontrar o valor do tempo de detenção hidráulico em $7,87.10^{-2} \text{ d}$. Com o auxílio da conversão de unidades para uma informação mais clara para o público leigo, determinou-se pela análise Dimensional dos resultados que o tempo de detenção hidráulico foi de aproximadamente 2 horas.

Tal informação é importante, pois revela o grau de eficiência do sistema, uma vez que significa que o esgoto no interior das câmaras leva cerca de 2 horas para realizar a estabilização local.

Visão Interna do Pré-Filtro

O sistema possui uma câmara inicial que todo esgoto afluyente fornecido passa por ela. Essa câmara funciona como um pré-filtro para o tratamento inicial do esgoto doméstico do campus.

A figura 2 apresenta um corte do pré-filtro para visualização das Divisões internas do pré-filtro em camadas.

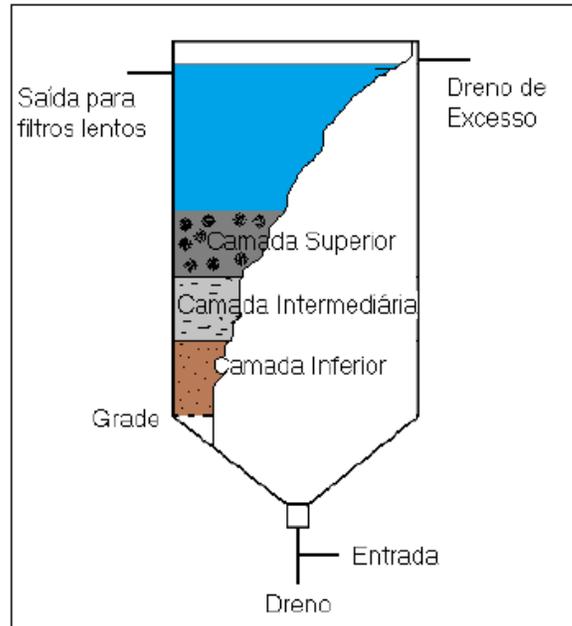


Figura 2: Corte do pré-filtro. (MELO JÚNIOR 2005).

O pré-filtro conforme a figura 2 apresenta funciona com divisões de camadas em que para cada camada, tem-se um material suporte de granulometria distinta (MELO JÚNIOR 2005).

A tabela 1 apresenta a constituição do pré-filtro com as Dimensões do material suporte e a espessura aproximada de cada camada.

Tabela 1 – Variabilidade de camadas *versus* espessura do pré-filtro.

	Material Suporte (mm)	Espessura (cm)
Camada superior	3,2 a 6,4	25 cm
Camada intermeDiária	6,4 a 19,0	25 cm
Camada Inferior	19,0 a 31,0	25 cm

A figura 3, a seguir, apresenta uma visão de destaque do pré-filtro com sua válvula de remoção de amostras.



Figura 3: Visão do pré-filtro.

Visão Interna dos Filtros

Os filtros subsequentes ao pré-filtro foram desenvolvidos adotando recomendações de FERRAZ e PATERNIANI (2002), sendo elas descritas na tabela 2, abaixo.

Tabela 2 – Variabilidade de camadas *versus* espessura do pré-filtro.

	Material Suporte	Espessura (cm)
Camada superior	AREIA (0,05 mm)	40
Camada intermeDiária	BRITA 1 (5,0 mm)	20
Camada Inferior	BRITA 2 (31,5 mm)	20

Em um dos filtros existe ainda uma camada adicional de 10 cm com carvão ativado de granulometria 8,5 mm.

Após os filtros o efluente obtido é utilizado como água de reuso para descarga de vasos sanitários e para utilização em processos de ferti-irrigação de culturas não forrageiras.

Metodologia de Análise de pH e Condutividade Elétrica

Para as análises dos parâmetros de pH e condutividade elétrica foram utilizados dois equipamentos básicos de análise Direta.

Leitura de pH

A leitura de pH das amostras coletadas nos leitos é feita de forma Direta (sem utilizar processos químicos de preparação), medindo-se as amostras na temperatura ambiente (25°C) com o uso do MB-10 MARTE (figura 4).



Figura 4: Aparelho MB-10 MARTE para leituras Diretas de pH.

Para tanto, antes da leitura das amostras calibra-se o aparelho usando-se duas soluções denominadas de solução tampão, uma com pH 7,0 e outra de pH 4,0.

Leitura de Condutividade Elétrica

A leitura de condutividade elétrica é feita de forma Direta como a de pH, usa-se para tanto a sonda modelo HD NC 06 ONDA (figura 5) que efetua as medidas das amostras de água residuária em μS .



Figura 5: Aparelho HD NC 06 ONDA de leitura Direta da condutividade elétrica para as amostras de água residuária.

RESULTADOS

Análise de pH

Os dados levantados durante as 10 semanas de estudo, mostraram que o pH afluente (entrada) do pré-filtro apresentou uma faixa de 9,5. Tal valor refletiu a alcalinidade da água afluente.

O efluente ao passar pelos filtros subsequentes do sistema com e sem carvão ativado revelaram um valor flutuante ainda alcalino, contudo com uma ligeira redução. Sendo de 9,0 para o filtro sem carvão ativado e de 8,0 para o filtro com a camada adicional de carvão ativado interna em seu filtro (figura 6).

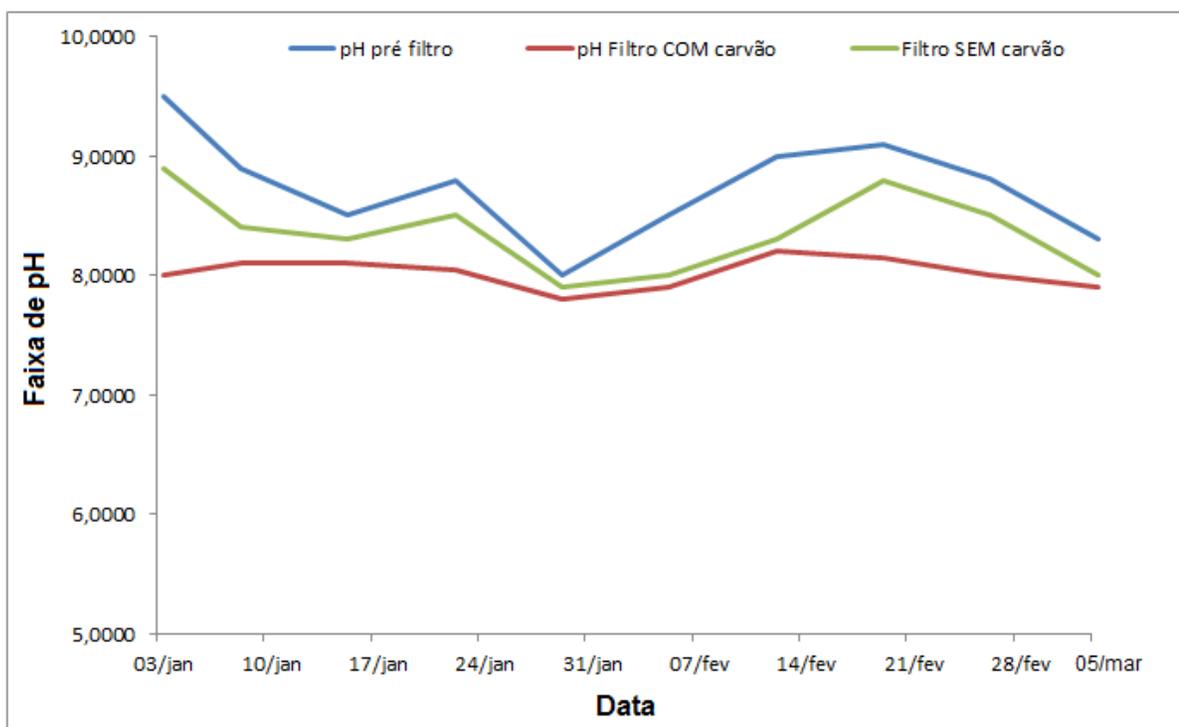


Figura 6: Variação no pH do pré-filtro e filtros lentos com e sem adição de carvão ativado.

A melhora na eficiência do padrão de alcalinidade mostrou-se benéfica, uma vez que mesmo sem a adoção de uma camada de carvão ativado e apenas as camadas normais para filtros lentos de areia, o padrão teve uma melhora considerável, conforme se observa na tabela 3 configurada a partir dos dados levantados na figura 6.

Tabela 3 – Percentual de redução da alcalinidade da água residuária.

DATA	Eficiência COM carvão	Eficiência SEM carvão
03/01/18	15,79%	6,32%
08/01/18	8,99%	5,62%
15/01/18	4,71%	2,35%
22/01/18	8,52%	3,41%
29/01/18	2,50%	1,25%
05/02/18	7,06%	5,88%
12/02/18	8,89%	7,78%
19/02/18	10,44%	3,30%
26/02/18	9,19%	3,52%
05/03/18	4,82%	3,61%

Pelos padrões alcançados pode-se avaliar que para o filtro lento com camada adicional de carvão ativado a eficiência média de abaixamento da alcalinidade chegou em 10,30%, enquanto que para o filtro sem a camada de carvão ativado o padrão de Diminuição da alcalinidade ficou em 4,97%.

Análise de Condutividade Elétrica

O padrão de condutividade elétrica das águas residuárias antes e após a passagem pelo sistema de filtração lenta demonstrou um aumento na condutividade no sistema com carvão ativado em comparação com o filtro sem carvão ativado. Contudo, ambos apresentaram perda desse padrão em relação à condutividade de entrada no pré-filtro (figura 7).

Tal queda do padrão de condutividade elétrica refletiu o sistema interno das câmaras do pré-filtro e filtros adicionais que pelos processos químicos entre o meio suporte e a água residuária, ocorreu uma queda eletrolítica.

Como forma adicional, caso não houvesse o sistema anterior de wetlands, pode-se supor que o padrão da condutividade elétrica que chegaria seria inferior, mas nesse caso fica no plano das hipóteses.

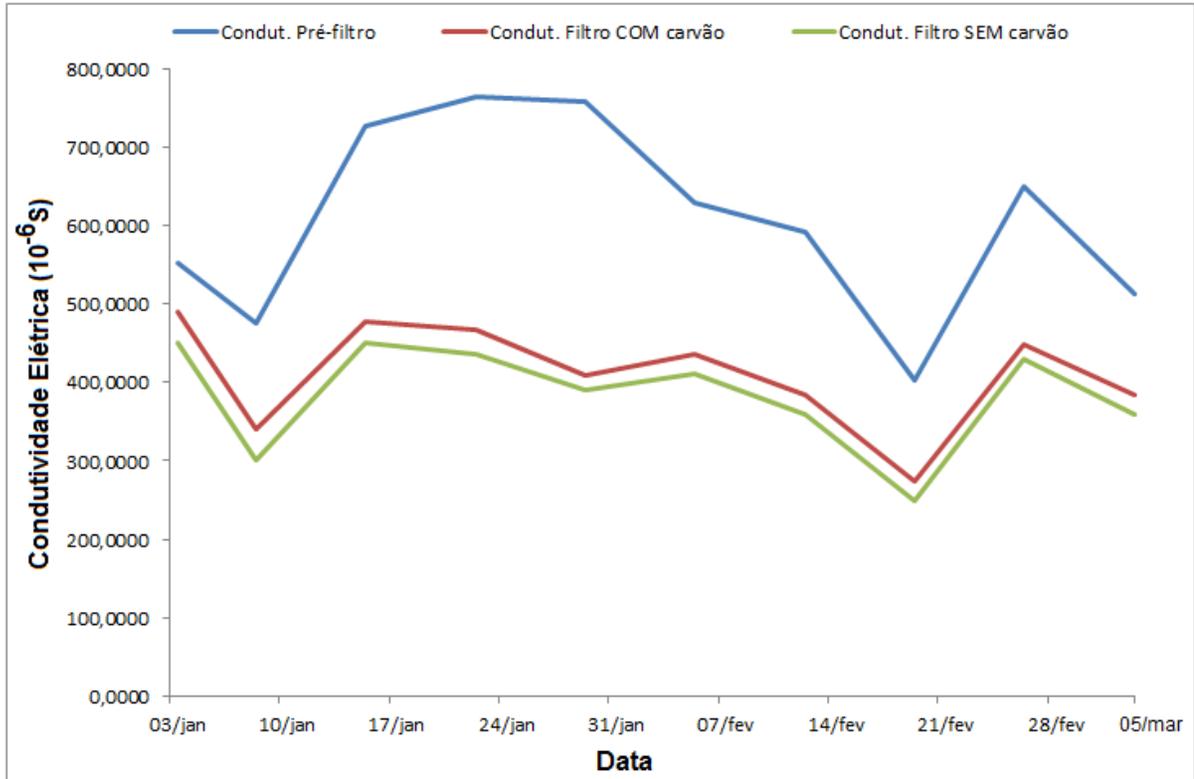


Figura 7: Variação na condutividade elétrica (μS) do pré-filtro e filtros lentos com e sem adição de carvão ativado.

CONCLUSÃO

O projeto pesquisado foi de grande importância, pois mostrou uma relação bem interessante no padrão de alcalinidade que se obtêm com a adoção de filtros lentos para tratamento, uma vez que o padrão chegou a níveis próximos da neutralidade inclusive para alguns Dias pesquisados.

Com relação à condutividade elétrica ocorreram quedas na relação eletrolítica das águas residuárias, contudo ainda assim, o padrão foi aceitável para uma água de reuso.

Pesquisas como as empregadas nesse estudo com colaboração científica por parte de uma Instituição de Pesquisa de referência no país traz grande apoio ao corpo Discente, já que coloca o estudante em aprendizado prático com um assunto importante da engenharia sanitária.

O estudo seria ainda mais relevante se fosse empregado para um período maior de análises e testes Diários, e não semanais. Assim, apresentando como uma sugestão para pesquisas futuras com o sistema de filtração lenta.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO NETO, ROSSIN, MANFRINI. **Tratamento de água**. 2ª Ed. CETESB, São Paulo, 1977.

Agência Nacional de Águas. Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade da Água – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/inDicadores-inDice-aguas.aspx> Acesso em: 02 fev. 2018.

CONAMA N° 357. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e Diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

Di BERNARDO, L. **Filtração lenta e pré-filtração de águas de abastecimento**. Apostila, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1989.

Di BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Vol. 2 Rio de Janeiro: ABES, 1993.

HESPANHOL, I. Filtração lenta. **In: Técnicas de abastecimento e tratamento de água**, vol. 2. 3ª ed. São Paulo, CETESB, 1987.

HUISMAN, L & WOOD, W.E. **Slow sand filtration**. Geneva, World Health Organization, 1974.

MBWETTE, T.S.A. e GRAHAM, N.J.D. Improving the efficiency of slow sand filtration and separation with non-woven synthetic fabrics. **In: Filtration and separation**, vol. 24. 1987.

MELO JÚNIOR, A. S. **Projeto de Filtro Lento**. Apostila. UNICAMP. 2005.

PATERNIANI, J.E.S. **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento**. Tese de doutoramento, EESC - USP, 1991.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro, ABES, 1999. 114p.

SPERLING, M.V., **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, DESA/UFMG, Belo Horizonte, vol.1, 243p, 1996.

TATE, C.H. et al. Health and aesthetic of water quality. **In: Water quality treatment**, 4th ed., AWWA, McGraw-Hill Book Co. 1990.