



## DETERMINAÇÃO DA REMOÇÃO DE COLIFORMES FECAIS EM UM SISTEMA DE FILTRO DE AREIA

Ariston Silva Melo Júnior, Patricia Cacho Nascimento, Abrão Chiaranda Merij, Kleber Aristides Ribeiro, Buno Rossetti Bento, Thiago Maciel Cassanha

### RESUMO

A engenharia sanitária é um braço importante no desenvolvimento sustentável do planeta. Para solucionar os problemas ambientais gerados pelo crescimento desenfreado das cidades e dos sistemas de produção e abastecimento esse ramo da engenharia vem estudando novas metodologias e criando novas tecnologias de combate à poluição ambiental. Um dos ramos de poluição mais preocupantes na atualidade é o dos recursos hídricos, pois, não existe vida sem água e com isso torna-se importante a manutenção dos corpos d'água no planeta. Frente a esse desafio a engenharia sanitária vem estudando novas ferramentas de controle do bioma aquático, sendo conhecidas como sistemas alternativos de tratamento de esgoto. Entre os sistemas que compõe esse seguimento tem-se o sistema de filtro lento. Os filtros lentos são tecnologias baseadas na utilização de areia e pedregulho de dimensões distintas que quando unidas numa única câmara formam um sistema que por meio de processos físico-químicos possibilita a remoção de agentes poluentes da água contaminada. A presente pesquisa utilizou um sistema piloto desenvolvida na UNICAMP para analisar o grau de remoção de coliformes fecais. O sistema possui dois filtros convencionais com uma camada adicional de carvão ativado em um deles para potencialização do processo de depuração. O estudo foi implantado do dia 2 de janeiro de 2019 até 2 de março de 2019 com retirada e análise de amostras semanais em cada filtro lento. O que permitiu a obtenção de resultados percentuais médios para os filtros lentos com camada adicional de carvão ativado e sem carvão ativado nos valores percentuais médios de 26,52% e 22,17%, respectivamente. Tais valores permitiram verificar a eficiência do sistema de filtração lenta, bem como na relevância da adoção de uma camada de carvão ativado para melhora do potencial de depuração.

**Palavras chaves:** Sistema Alternativo, sustentabilidade, esgoto doméstico e saneamento básico.

**ABSTRACT**

Sanitary engineering is an important arm in the sustainable development of the planet. To solve the environmental problems generated by the unbridled growth of cities and production and supply systems, this branch of engineering has been studying new methodologies and creating new technologies to combat environmental pollution. One of the most worrying branches of pollution today is that of water resources, as there is no life without water and with that it becomes important to maintain water bodies on the planet. Faced with this challenge, sanitary engineering has been studying new tools to control the aquatic biome, known as alternative sewage treatment systems. Among the systems that make up this segment there is the slow filter system. Slow filters are technologies based on the use of sand and gravel of different dimensions that when joined in a single chamber form a system that, through physical-chemical processes, allows the removal of polluting agents from contaminated water. The present research used a pilot system developed at UNICAMP to analyze the degree of removal of fecal coliforms. The system has two conventional filters with an additional layer of activated carbon in one of them to enhance the purification process. The study was implemented from the 2nd of January 2019 until the 2nd of March 2019 with removal and analysis of weekly samples in each slow filter. This allowed the achievement of average percentage results for the slow filters with an additional layer of activated carbon and without activated carbon in the average percentage values of 26.52% and 22.17%, respectively. These values allowed to verify the efficiency of the slow filtration system, as well as the relevance of adopting a layer of activated carbon to improve the purification potential.

**KEY WORDS:** Alternative System, sustainability, domestic sewage and basic sanitation.

## INTRODUÇÃO

A humanidade se desenvolveu graças à água, um importante recurso para a existência da vida. Como exemplo importante tem-se as civilizações egípcia, macedônia, babilônia entre outras devem seu surgimento e desenvolvimento graças aos recursos hídricos adjacentes.

Contudo, a forte industrialização atual levou à escassez desse importante recurso no planeta, principalmente em países em desenvolvimento.

No Brasil, por exemplo, muitas vezes não há condições financeiras ou informação suficiente para que haja um tratamento adequado. Como consequência, grandes quantidades de água são mal utilizadas.

A filtração lenta foi criada a partir de observações dos processos de limpidez das águas subterrâneas, as quais são realizadas pela passagem do recurso hídrico ao longo das camadas de solos naturais, tendo-se notícia do emprego da filtração para clarificação hídrica desde o século XVIII (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, sendo a população infantil a principal vítima dessas doenças (Di BERNARDO, 1989).

Os primeiros sistemas de tratamento surgiram no século XIX 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 o cólera era transmitida pela água (ainda não era conhecida a bactéria patogênica transmissora) e a solução encontrada para evitar a transmissão seria a filtração da água ou o abandono dos mananciais contaminados (PATERNIANI, 2003).

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.

### **Filtração Lenta e seu funcionamento**

A filtração lenta é um processo relativamente simples de tratamento de água onde não se utiliza equipamentos com alta tecnologia nem produtos químicos, e não se necessita de mão-de-obra qualificada para o seu monitoramento. Sabe-se que o processo de filtrar fica mais barato quando se dispensam unidades como a de mistura rápida, floculação e a de decantação dentre outras, presentes em uma estação de tratamento completa. Torna-se viável a construção desses filtros lentos principalmente no Brasil de hoje devido a grande proliferação de doenças que tem por via de transmissão a água.

A filtração lenta nada mais é que a remoção de impurezas físicas, químicas e biológicas através da passagem da água por um meio granular.

O primeiro filtro lento para fins industriais foi construído na Escócia em 1804 por John Gibb. Nessa época acreditava-se que esses filtros eram eficazes apenas para a remoção das impurezas da água através de um processo natural de peneiramento, produzindo uma água sem cor, turbidez e gosto, não se conhecendo os mecanismos e processos envolvidos (Di BERNARDO, 1989).

A filtração lenta hoje é o resultado da combinação de três ações que são: (a) Transporte das partículas da suspensão para as superfícies dos grãos; (b) Aderência das partículas aos grãos ou matéria previamente retida e (c) Atividade biológica.

### **Filtro Lento – Operação e Manutenção**

Paterniani (2003) relata que o 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 10 cm, nesse ponto admitindo a entrada de água bruta, de modo que não haja turbulência e conseqüentemente dano no processo de depuração.

Di Bernardo (1989) comenta que ao ser alcançado o nível de projeto, a válvula de entrada do afluente é aberta passando o filtro a funcionar com uma taxa de filtração que deve ser compreendida entre os valores de 2 e 5  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ , durante o período de maturação, com descarte de efluente.

É no período de maturação que ocorre o processo de estabilização da água residuária de modo a permitir que as partículas presentes no efluente quando aderidas aos grãos de areia em um leito filtrante, através dos mecanismos já descritos formem uma estrutura bastante sólida (Di BERNARDO, 1989).

A areia que deve ser utilizada nos filtros lentos deve ser limpa das impurezas por meio 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).

Di Bernardo (1989) observou que 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. A areia retirada durante a limpeza deve ser lavada e realizada uma raspagem, evitando condições anaeróbias, devido ao consumo de oxigênio pelos microrganismos, produzindo substâncias causadoras de gosto e odor, que são de difícil remoção.

### **Parâmetros de Qualidade da Água na filtração lenta**

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 formazina é um polímero heterocíclico produzido pela reação de hexametilenotetramina com sulfato de hidrazina. A estrutura em forma de gaiola tetraédrica de hexametilenotetramina, similar a adamantano, serve como bloco de construção molecular para formar uma rede polimérica tridimensional (PATERNIANI, 2003).

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 e menor a turbidez, maior a eficiência de remoção de agentes virais (PROSAB, 1999).

### **Ação biológica no 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 a formação dos precipitados desses metais, que acabam participando, também, da formação dessa camada (Di BERNARDO, 1993).

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, 1993).

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).

### **Importância no Reuso de águas residuárias tratadas**

Segundo Carvalho *et al.* (2014) o reuso de águas residuárias consiste na reutilização, após tratamento adequado, do esgoto tratado composto por efluentes provenientes, por exemplo de: tanques; banheiras; chuveiros; lavatórios e máquinas de lavar roupas, entre outros.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) a utilização das águas residuárias tratadas para usos com finalidades não potáveis é uma alternativa promissora, e que deve ser desenvolvida e incentivada. Contudo, recentemente, a reutilização de efluente tratado passou a ser empregada para fins menos nobres como: abastecimento das caixas de bacias sanitárias; lavagem de pisos; irrigação de jardins, entre outras. Tal uso ocasiona numa diminuição dos valores de uso da água potável e conseqüentemente na preservação da água potável.

De acordo com a CETESB (2012), pode-se explicar que esse processo ocorre por meio de reutilização direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não, assim as formas de usos de águas residuárias são:

- Reuso indireto não-planejado da água: Ocorre quando a água utilizada é descarregada no meio ambiente e novamente aproveitada, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.
- Reuso indireto planejado da água: Processo de descarrega dos efluentes de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, que por

sua vez são utilizadas de maneira controlada, no atendimento de alguma necessidade.

- Reuso direto planejado da água: Os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso.
- Reciclagem de água: Reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Funciona como uma fonte suplementar de abastecimento do uso original. A reciclagem da água é um caso particular do reuso direto planejado.

### **Coliformes fecais e sua influência nas águas residuárias**

Segundo Bitton (2005) e Cabral (2010) os coliformes fecais ou também denominados termotolerantes são bactérias exclusivas de origem fecal, entre elas: *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Proteus*.

Os coliformes fecais são bactérias Gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase negativas, que podem fermentar a lactose em 44,5°C e forma colônias quando expostos ao meio de Ágar que é um meio gelatinoso utilizado para formar grânulos de colônias bacterianas (BITTON, 2005; CABRAL, 2010).

Segundo Buma (2017) dentre os microrganismos pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, *E. coli* é o indicador mais confiável na identificação da contaminação de origem fecal humano e animal porque é o único do grupo coliforme que é exclusivamente de origem fecal. Diferente das espécies pertencentes aos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citobacter* que não são de origem exclusivamente fecal. No entanto, podem ser facilmente isolados no solo, em águas ambientais ricas em nutrientes, nas plantas, na matéria orgânica em decomposição e outras matrizes ambientais. Deste modo, a presença de coliformes termotolerantes em águas ambientais não significa categoricamente que tenham sido proveniente de origem fecal.

A *E. coli* é caracterizada pelas técnicas laboratoriais por apresentar uma expressão da enzima  $\beta$ -glucuronidase quando exposta em meios de substratos específicos, produz indol a partir do aminoácido triptofano, sendo a única espécie do

grupo coliforme termotolerante cujo habitat exclusivo e primário é o intestino de mamíferos e aves (CERQUEIRA *et al.*, 1999; CABRAL, 2010; COSTA *et al.*, 2011).

Assim, *E.coli* termotolerante é a enterobactéria utilizada mundialmente como indicador mais preciso de contaminação fecal em águas ambientais e, portanto, está presente nas normas de análise de qualidade da água (BUMA, 2017).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de remoção de coliformes fecais existentes na água residuária (esgoto) de um sistema piloto de filtro lento desenvolvido no campus da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## **MATERIAL E MÉTODO**

### **Estudo de Caso**

O estudo foi realizado num sistema de filtração lenta montado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em que foram coletadas amostras de água residuária de esgoto doméstico local da instituição no período de 2 de janeiro de 2019 até 2 de março de 2019.

As coletas foram semanais com retiradas de amostras antes da água residuária entra no sistema e após o tratamento no conjunto dos dois filtros propriamente ditos, totalizando 27 amostras que foram preservadas em garrafas PET de capacidade 250 ml e congeladas a -5°C para manutenção de suas características.

### **Sistema de Filtro Lento**

O mecanismo de filtração lenta possui um conjunto de três reservatórios em plástico, constituídos por: (a) Pré-filtro, (b) Filtro de areia e brita, e (c) Filtro de areia, brita e camada adicional de carvão ativado.

Na Figura 1 observa-se uma visão geral do complexo de filtração lenta montado.



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

A partir da Figura 1 nota-se a presença de um reservatório que funciona como pré-filtro para o processo de estabilização inicial e dois reservatórios subsequentes para o tratamento final. O primeiro reservatório possui filtro composto de areia e brita de granulometria distinta. Enquanto o segundo reservatório além da composição usual possui uma camada interna adicional formada por carvão ativado.

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

### **Tempo de detenção hidráulico do Sistema de filtração lenta**

Cada reservatório do complexo de filtração lenta tem uma altura útil ( $h$ ) de 1,20 metros e diâmetro ( $D$ ) de 60 centímetros. Com as dimensões apresentadas, utilizando os conceitos da geometria espacial determinados pela equação 1, resulta num volume de  $0,34 \text{ m}^3$ .

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

A determinação da característica do volume dos filtros é importante para se estimar o tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) que representa o comportamento da estabilização da água residuária.

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. A captação da vazão regulada de esgoto que passa pelo complexo de filtro lento vale  $5.10^{-5} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ . Com o valor do volume (V) obtido pela equação 1 e da vazão (Q) pode-se determinar o tempo de detenção intercâmara através da equação 2.

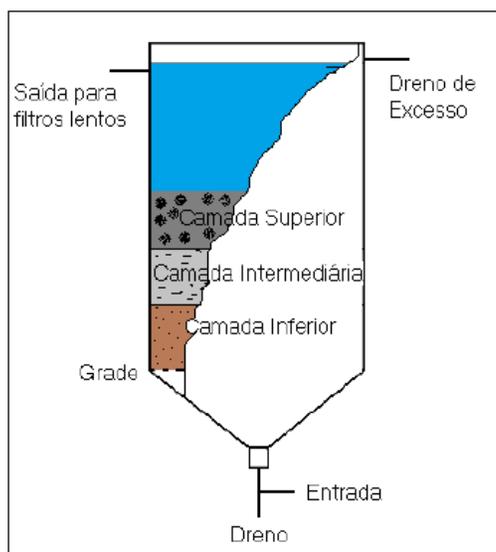
$$\theta_h = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação 2}$$

A partir da equação 2 tem-se que o tempo de detenção ( $\theta_h$ ) foi  $7,87.10^{-2}$  d. Tal valor se for normalizado pelo processo de análise dimensional tem-se que o valor de detenção é de 2 horas.

### Composição do Pré-Filtro

O pré-filtro instalado no início do sistema de filtração lenta tem como função iniciar o processo de depuração de forma preliminar.

A Figura 2 apresenta um esboço em corte da divisão interna do pré-filtro, onde se observa as camadas compostas.



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

O pré-filtro, conforme a Figura 2 apresenta funciona com camadas estratificadas, em que cada região possui um material suporte de granulometria distinta (MELO JÚNIOR 2005).

A tabela 1 apresenta a constituição do pré-filtro com as divisões de cada camada distinta.

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

	<b>Material Suporte (mm)</b>	<b>Espessura (cm)</b>
<b>Camada superior</b>	3,2 a 6,4	25 cm
<b>Camada intermediária</b>	6,4 a 19,0	25 cm
<b>Camada Inferior</b>	19,0 a 31,0	25 cm

O sistema de válvulas coletoras de amostras pode ser observado na Figura 3, sendo constituído em PVC e que permite no pré-filtro e nos filtros subsequentes retiradas de água residuária e também para processo de descarte de água quando há necessidade de limpeza nos três filtros.



**Figura 3** - Visão do pré-filtro.

### **Composição dos Filtros Lentos**

Os filtros foram desenvolvidos adotando as recomendações de Ferraz e Paterniani (2002), onde cada filtro possui composição característica.

A tabela 2 mostra as dimensões e composição de filtro.

**Tabela 2** – Variabilidade de camadas com granulometria e espessura distinta.

	Material suporte	Granulometria	Espessura (cm)
<b>Camada superior</b>	Areia	0,05 mm	40
<b>Camada intermediária</b>	Brita 1	5,0 mm	20
<b>Camada Inferior</b>	Brita 2	31,5 mm	20

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

### **Método – Cartela Colillert para detecção de coliformes fecais**

O método Colillert consiste na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma dada amostra, através da mistura entre a amostra e o reagente Colillert patenteado, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 ml), a qual é selada e mantida incubada a  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas (1ª leitura) e 48 horas (2ª leitura-confirmação).

Os resultados foram obtidos pela relação de valores positivos entre os quadrados maiores e menores da cartela, com aqueles verificados na tabela padrão para o teste Colillert.

Para a aplicação do método foram utilizados: (a) Seladora para cartelas Colillert; (b) Autoclave vertical; (c) Câmara escura equipada de radiação UV; (d) Incubadora termo-regulável ( $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ); (e) Balão de fundo chato (esterilizado\*); e (f) Proveta 100 ml.

O tempo de utilização em autoclave foi de 15 minutos, onde os frascos foram totalmente vedados com tampões (preparados com gases), papel alumínio e papel *Kraft* (camada dupla).

Durante o procedimento de análise de coliformes fecais pelo método Colillert foram utilizados 50 ml de amostra de água residuária que passaram pelas etapas abaixo:

- Transferiu-se o volume de amostra num balão volumétrico de 100 ml de fundo chato estéril para diluição pretendida, de modo que o volume final fosse de 100 ml;

- Em cada amostra, adicionou-se uma cartela do reagente Colillert e agitou-se até a dissolução completa;
- Transferiram-se os 100 ml finais para uma cartela Colillert estéril, colocando sobre o suporte da seladora e selando-se a mesma;
- Manteve-se a cartela em incubadora termo-regulável a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ;
- Após 24h na incubadora, anotaram-se os valores positivos nos quadrados grandes (49 espaços) e pequenos (48 espaços). Os valores positivos foram aqueles nos quais uma coloração amarela forte se desenvolveu;
- O mesmo procedimento foi realizado observando-se as cartelas em uma câmara escura equipada de luz UV, de modo que, para este caso, os quadrados grandes e pequenos a serem anotados foram aqueles que desenvolveram uma luminescência azul característica (Figura 4);
- Anotaram-se os valores registrados; e repetiu-se o procedimento após 48 horas para confirmação dos resultados;



**Figura 4** – Colônias características de *E. coli* em 4a e em 4b diferença de poços positivos e negativos de *E. coli*. (OLIVEIRA, 2013)

### **Cálculo do número mais provável**

Os resultados são obtidos a partir da cartela padrão do método que correlaciona os valores observados nos quadrados grandes com aqueles observados nos quadrados pequenos (OLIVEIRA, 2013).

### **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Os valores obtidos pelo método de Colillert foram analisados na relação logarítmica de base decimal com o número de microrganismos (N/g) detectados

para o período de coleta de amostras que foi de 2 de janeiro de 2019 até 2 de março de 2019.

A tabela 3 apresenta os valores obtidos pelo procedimento para as nove semanas de estudo de amostras de afluente (entrada) e efluente (saída) dos filtros com e sem carvão ativado como camada adicional.

**Tabela 3** – Resultados pelo método Colilert (log N/g) para as amostras de água residuária.

<b>Data</b>	<b>Afluente</b>	<b>Efluente COM carvão ativado</b>	<b>Efluente SEM carvão ativado</b>
02/01/19	2,37	1,70	1,80
09/01/19	2,30	1,72	1,82
16/01/19	2,30	1,69	1,81
23/01/19	2,32	1,71	1,80
30/01/19	2,30	1,72	1,80
06/02/19	2,32	1,70	1,81
13/02/19	2,35	1,70	1,80
20/02/19	2,34	1,71	1,82
27/02/19	2,31	1,69	1,80
02/03/19	2,31	1,72	1,81

A tabela 3 revela que o sistema de filtração lenta teve um papel de relevância para a remoção de coliformes fecais presentes nas águas residuárias.

Tal constatação fica mais notável se forem analisados os valores percentuais de desempenho nos filtros lentos em relação à água residuária no pré-filtro.

A tabela 4 apresenta a análise percentual de eficiência que pode ser notada.

**Tabela 4** – Percentual de eficiência de remoção de coliformes fecais.

<b>Data</b>	<b>Efluente COM carvão ativado</b>	<b>Efluente SEM carvão ativado</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>
02/01/19	28,27	24,05
09/01/19	25,22	20,87
16/01/19	26,52	21,30
23/01/19	26,29	22,41
30/01/19	25,22	21,74

06/02/19	26,72	21,98
13/02/19	27,66	23,40
20/02/19	26,92	22,22
27/02/19	26,84	22,08
02/03/19	25,54	21,65
<b>MÈDIA</b>	<b>26,52</b>	<b>22,17</b>

A tabela 4 apresenta que o desempenho médio para as nove semanas de estudo tiveram valores de 22,17% de remoção de coliformes fecais das águas residuárias para o filtro lento convencional sem a camada adicional de carvão ativado. Enquanto que para o filtro lento com camada adicional de carvão ativado os valores médios chegaram á 26,52% de remoção de coliformes fecais.

Ao se comparar os valores obtidos pelo sistema alternativo de filtração lenta com valores médios percentuais em estações de tratamento de esgoto (ETEs) convencionais, segundo FONTES e ARAUJO (2008) os valores para ETEs devem ser em torno de 99,95% de remoção. Claro que tais valores são altos para o tratamento de um resíduo líquido de modo a permitiir sua potabilidade para consumo humano.

Para o projeto científico desenvolvido, o objetivo final foi a geração de um resíduo que possa ser utilizado em situações de não potabilidade como por exemplo, lavagem de maquinário. Ainda permitindo que esse efluente tratado por filtração lenta possa ser empregado ou descartado em rios de classe III e IV de modo a não gerar impacto ambiental conforme a regulamentação brasileira de classificação de rios (CONAMA, 2005).

Além de que o sistema de filtração lenta tem um custo de implantação muito menor do que um sistema convencional de ETE (PATERNIANI, 1991).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa permitiu verificar a eficiência na utilização do sistema alternativo de filtração lenta para o tratamento do esgoto captado no local de estudo.

Os valores de remoção percentual foram consideráveis, uma vez que mesmo aplicando um filtro lento convencional com apenas areia e brita de camadas granulométricas distintas houve uma eficiência em torno de 20%.

O filtro lento diferenciado que além das camadas convencionais utilizadas para filtração lenta, utilizou a camada adicional de carvão ativado houve uma eficiência de quase 30% no desempenho da depuração para coliformes fecais.

Técnicas como a filtração lenta se mostram importantes para utilização, uma vez que promovem uma melhora considerável nas águas residuárias e trazem uma alternativa para uso desse efluente em reuso aplicável nas atividades que não demandem água potável.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527 dispõe: Água de chuva, Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2007.

BITTON, G. **Microbial indicators of fecal contamination: Application to microbial**. Florida Stormwater Association, p. 7. 2005.

BUMA, E. L. L. **Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia Hidrográfica Ribeirão João Leite por metodologias moleculares**. Dissertação. Universidade Federal de Goiás. 2017.

CABRAL, J. P. S. **Water microbiology. Bacterial pathogens and water**. Environ. Res. Public Health, v. 7, p. 3657-3703, 2010.

CARVALHO, N. L.; HENTZ, P.; SILVA, J. M.; BARCELLOS, A. L. **Reutilização de águas residuárias**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. 2014.

CERQUEIRA, D.A. *et al.* **Perfis de ocorrência de coliformes termotolerantes e Escherichia coli em diferentes amostras de água.** 1999.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 07 de janeiro de 2019.

COSTA, R. **Coagulase-positive Staphylococcus and enterobacteria in fresh shrimp Litopenaeus vannamei**, p. 566-571, 2011.

CONAMA Nº 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.

FONTES, I. B. e ARAÚJO, Q. R. **Eficiência na remoção de coliformes na estação de tratamento de esgoto de ilhéus (Bahia).** Revista Geografia. Volume 17, n. 1, jan./jun. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. 2008.

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

OLIVEIRA, C. F. P. M. **Aplicação do Colillert® à enumeração de Escherichia coli em alimentos.** Dissertação. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche. Instituto Politécnico de Leiria. 2013.

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.

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