


UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA NA DEPURAÇÃO COM RELAÇÃO À DQO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9331124270910>

Data de aceite: 22/10/2024

Ariston da Silva Melo Júnior

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Departamento de Saneamento Básico, Campinas, SP, Brasil

Evelyn Pereira de Azevedo

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, São Paulo, SP, Brasil

Márcio André Prudente da Silva

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, São Paulo, SP, Brasil

Monique Silva de Carvalho

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, São Paulo, SP, Brasil

Narciso de Jesus Nascimento

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, São Paulo, SP, Brasil

Rafael Rosa da Silva

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, São Paulo, SP, Brasil

Renatta Blandina Sindona Momo Lopes do Prado

Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU, São Paulo, SP, Brasil

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 com os 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 e desenvolvendo 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 através 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 parâmetro relacionado à Demanda

Bioquímica de Oxigênio (DQO). O sistema instalado possui dois filtros convencionais, em que num existe uma camada adicional de carvão ativado para potencialização do processo de depuração. Durante o período de estudo de 22 de julho até 26 de julho de 2024 os resultados alcançados em relação à melhora no parâmetro DQO foram de 59,15% e 73,51%. Tendo que os valores compreendem aos filtros lentos – convencional e com camada adicional de carvão ativado, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, esgoto, impacto ambiental, meio ambiente.

USE OF SLOW FILTRATION SYSTEM IN PURIFICATION IN RELATION TO DQO

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 fields of pollution today is with water resources. Well, 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 and developing new tools to control the aquatic biome, known as alternative sewage treatment systems. Among the systems that make up this segment 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 parameter related to Biochemical Oxygen Demand (COD). The installed system has two conventional filters, in which there is an additional layer of activated carbon to enhance the purification process. During the study period from July 22 to July 26, 2024, the results achieved in relation to the improvement in the COD parameter were 59.15% and 73.51%. Since the values include slow filters – conventional and with an additional layer of activated carbon, respectively.

KEYWORDS: Reuse, sewage, environmental impact, environment.

INTRODUÇÃO

A humanidade teve seu recrudescimento graças à água, um importante recurso para a existência da vida.

Não é por menos que as grandes civilizações do passado: egípcia, macedônia, babilônia entre outras devem seu surgimento e desenvolvimento graças aos recursos hídricos adjacentes.

Contudo, a forte industrialização atual levou ao problema da 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, acontece um mau aproveitamento de grandes quantidades de água que poderiam ser reutilizadas.

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 à 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).

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 (Di BERNARDO, 1989).

O intuito da pesquisa foi avaliar o desempenho da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO) presente em 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).

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, unidades essas 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;
- (c) Atividade biológica.

Filtro Lento – Operação e Manutenção

Paterniani (20003) 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 forma-se 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).

Di Bernardo (1989) informa 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. Sendo que a areia retirada durante a limpeza é lavada logo após e realizado 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 hexametileno tetramina com sulfato de hidrazina. A estrutura em forma de gaiola tetraédrica de hexametileno tetramina, similar a adamantano, serve como bloco de construção molecular para formar uma rede polimérica tridimensional.

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).

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, 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).

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.

Conforme a ABNT NBR 15527/2007 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 utilização do reuso de efluente tratado passou a ser utilizado 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 descarga 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 das águas: É aquele cujos 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.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Segundo SOUZA (2018) a Demanda Química de Oxigênio (DQO) é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, ela avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) consumido em meio ácido que leva à degradação de matéria orgânica.

A análise dos valores de DQO em efluentes e em águas de superfície é uma das mais expressivas para determinação do grau de poluição da água, esta análise reflete a quantidade total de componentes oxidáveis, seja carbono ou hidrogênio de hidrocarbonetos, nitrogênio (de proteínas, por exemplo), ou enxofre e fósforo de detergentes (SOUZA, 2018).

A demanda química de oxigênio pode ser considerada como um processo de oxidação química, onde se emprega o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$).

Durante o processo o carbono orgânico de um carboidrato, por exemplo, é convertido em gás carbônico e água.

Deve-se salientar que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos.

Com isso, a resistência de substâncias aos ataques biológicos levou à necessidade de fazer uso de produtos químicos, sendo a matéria orgânica neste caso oxidada mediante um oxidante químico (SOUZA, 2018).

Por isso que a DQO se diferencia da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), onde é medida a quantidade de oxigênio necessária para ocorrer à oxidação da matéria orgânica biodegradável, ou seja, na DBO não é necessário fazer uso de produtos químicos, enquanto na DQO há necessidade (SOUZA, 2018).

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 no período de 22 de julho de 2024 até 26 de julho de 2024.

As coletas foram semanais com retiradas de amostras antes (afluente) da água residuária entra no sistema e após (efluente) o tratamento no conjunto dos dois filtros propriamente ditos, com e sem carvão adicionado ao sistema granular.

As amostras foram acondicionadas e preservadas em garrafas PET de capacidade 500 ml deionizadas e congeladas a $-5^{\circ}C$ para manutenção de suas propriedades iniciais.

Sistema de Filtro Lento

O mecanismo de filtração lenta possui um conjunto de três reservatórios em plástico, constituídos por:

- Pré-filtro,
- Filtro de areia e brita, e
- 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, em que num o filtro é constituído por sua composição usual de projeto composto de areia e brita de granulometria distinta. Enquanto o outro reservatório além da composição usual existe uma camada interna adicional formada por carvão ativado.

O sistema hidráulico montado com tubos de PVC de ¾ de polegadas foi desenvolvido com torneiras para retiradas de amostras de água residuárias (esgoto) 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 m³.

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4}$$

Equação 1

A determinação da característica do volume dos filtros é importante para se estimar o tempo de detenção hidráulico (θ_h) que representa o comportamento da estabilização da água residuárias (esgoto).

Segundo Porto (1999), o tempo de detenção hidráulico (θ_h) 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.

$$\theta_h = \frac{V}{Q} \quad \text{Equação 2 (PORTO, 1999).}$$

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

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.

Na figura 2 tem-se um esboço em corte da divisão interna do pré-filtro, onde se observa as camadas compostas.

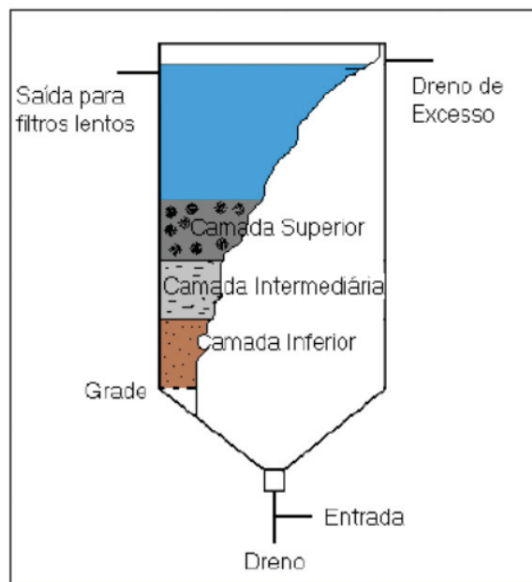


Figura 2 - Corte do pré-filtro. (MELO JÚNIOR 2005).

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.

	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

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

O sistema de válvulas coletoras de amostras pode ser observado pela 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 destarte 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 recomendações de Ferraz e Paterniani (2002), onde cada filtro possui composição característica.

A tabela 2 mostra as dimensões e composição de filtro.

	Material suporte	Granulometria	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

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

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

Metodologia DQO

O teste de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DQO é uma análise indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e industriais.

A metodologia adotada utilizou a norma NTS 004 da SABESP, com os seguintes ingredientes:

- Sulfato de prata (Ag_2SO_4);
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4);
- Fenantrolina;
- Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$);
- Sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$);
- Biftalato de potássio ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$);
- Sulfato de mercúrio (HgSO_4).

Procedimento de Preparação (DQO)

Adicionar 10 g de sulfato de prata (Ag_2SO_4) a 1 litro de ácido sulfúrico (H_2SO_4). A dissolução do Ag_2SO_4 pode ser feita deixando-se a solução em repouso por 1 a 2 dias ou então com o auxílio de um agitador magnético, até se verificar a dissolução total.

Em seguida dissolve-se 12,2590 g de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), previamente seco a 103°C por 2 horas, em água deionizada e diluir o volume a 1000 mL. Armazena-se em frasco âmbar.

O processo continua dissolvendo-se 1,485 g de fenantrolina monohidratada, juntamente com 0,695 g sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), em água deionizada e diluir a 100 mL, o produto é armazenado em frasco âmbar sob refrigeração. Depois se dissolve 98 g de sulfato ferroso amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) em água deionizada, adicionando-se conjuntamente 20 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

A solução resultante é resfriada e diluída a 1000 mL com água deionizada e armazenada.

A solução de sulfato ferroso amoniacal é obtida diluindo 100 mL da solução sulfato ferroso amoniacal, aproximadamente 0,25M, com água deionizada até aproximadamente 500 mL. Adiciona-se em seguida 20 mL de ácido sulfúrico e resfria-se a solução.

Para o padrão de biftalato de potássio pesa-se 0,425 g de biftalato de potássio ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$), previamente seco até peso constante a 120°C .

Os padrões são adicionados à amostra de água em balão volumétrico de 500 mL e espera-se a reação de dissociação ocorrer para posterior análise das concentrações de oxigênio liberadas.

RESULTADOS

Análise das concentrações de DQO obtidas

A partir da metodologia adota pela norma NTS 004 da SABESP para as amostras do sistema de tratamento alternativo de esgoto de entrada (afluente) antes do tratamento e após o processo de depuração (efluente) para os filtros com adição complementar de carvão ativado e sem a adição de carvão ativado foi possível compreender a dinâmica na eficiência no ganho de concentração de DQO.

A tabela 3 apresenta a seguir revela o comportamento das concentrações analisadas para o afluente (entrada) e efluente (saída) do processo de filtração lenta.

Data	Afluente	Efluente COM carvão ativado	Efluente SEM carvão ativado
22/07/24	180	309,5	281,5
23/07/24	175	311,9	281,9
24/07/24	181	307,5	280,5
25/07/24	169,5	303,52	280,52
26/07/24	179	301,45	282,45
MÉDIA	176,9	306,77	281,37

Tabela 3 – Demanda Química de Oxigênio no sistema de filtração lenta (mg.L⁻¹).

A tabela 3 revela que o sistema de filtração lenta teve um papel de relevância para a elevação da demanda bioquímica de oxigênio (DQO).

Tal reflexo está ao se mensurar os valores médios durante o estágio de análise científica que foi empregado.

Pela tabela 3 pode-se notar que a média de entrada do esgoto a ser tratado tinha um valor de 176,9 mg.L⁻¹, enquanto após o tratamento em cada filtro lento individualizado os valores médios de concentração de DQO foram para 306,77 mg.L⁻¹ para o filtro com adição extra de carvão ativado e de 281,37 mg.L⁻¹ para o filtro sem a camada extra de carvão ativado.

Relação percentual de eficiência do sistema de filtração lenta

A partir dos dados obtidos pela tabela 3, pode-se ainda verificar a eficiência no processo de modo percentual quanto a sua eficiência, o que é apresentado na tabela 4, a seguir.

Data	Efluente COM carvão ativado %	Efluente SEM carvão ativado %
22/07/24	71,94	56,39
23/07/24	78,23	61,09
24/07/24	69,89	54,97
25/07/24	79,07	65,50
26/07/24	68,41	57,79
MÉDIA	73,51	59,15

Tabela 4 – Percentual de elevação da DQO no sistema de filtração lenta.

A tabela 4 mostra que o aumento da eficiência na presença da demanda bioquímica de oxigênio foi em média de 59,15% de ganho em DQO para o filtro lento constituído pelo processo convencional de construção baseado em areia e brita.

Enquanto que o filtro lento com adição de camada adicional de carvão ativado obteve um ganho médio percentual de 73,51%.

Tal mecanismo permite avaliar que o incremento de uma camada adicional nos testes iniciais se mostra promissora com uma elevação na eficiência no tratamento e melhora da qualidade da água residuárias.

CONCLUSÃO

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

Os valores de elevação da concentração da demanda bioquímica de oxigênio foram promissores e satisfatórios para o início de operação do sistema de filtração lenta, sendo obtidos valores de 59,15% (sem carvão) e 73,51% (com carvão) de incremento na presença de DQO no estado final da água residuárias tratada.

Deve-se atentar que conforme os mecanismos de tratamento empregados em que pelo processo de detenção hidráulico, juntamente com os processos biológicos (aeróbicos) e químicos (adsorção) o sistema já realiza um processo de melhora significativo conforme o valor de 59,15% apresentou.

Contudo, com a inclusão de um mecanismo adicional como o carvão ativado ao sistema próprio de tratamento, os valores de tratamento tem uma melhora significativa chegando aos 73,51%.

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 em água nobre, ou seja, água potável.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETO, ROSSIN, MANFRINI. **Tratamento de água**. 2ª Edição. 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-inDica-aguas.aspx> Acesso em: 02 agosto de 2024.
- 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.
- 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.
- 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.
- CABRAL, J. P. S. **Water microbiology. Bacterial pathogens and water**. Environ. Res. Public Health, v. 7, p. 3657-3703, 2010.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br>> . Acesso em 07 de setembro de 2024.
- CERQUEIRA, D.A. et al. **Perfis de ocorrência de coliformes termotolerantes e Escherichia coli em diferentes amostras de água**. 1999.
- COSTA, R. **Coagulase-positive Staphylococcus and enterobacteria in fresh shrimp Litopenaeus vannamei**, p. 566-571, 2011.
- COLILERT **IDEXX Quanti Tray**, 2000.
- 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.
- NTS 004 - **Norma Técnica Interna SABESP para Método de Ensaio: DQO - Demanda Química de Oxigênio**. São Paulo. 1997.

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.

OLIVEIRA, C. F. P. M. **Aplicação do Colilert® 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.

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

SOUZA, L. A. **Química Ambiental**. *Brasil Escola*. Disponível em < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/demanda-quimica-oxigenio.htm>>. Acesso em 13 de agosto de 2024.

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