

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

UTILIZAÇÃO DE FILTRO BIOLÓGICO COM DIFERENTES MEIOS DE SUPORTE PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIOS

Rúbia Lemos Ferreira Carneiro ³

Anne Caroline Simpliciano ¹

Tamara Daiane de Souza ²

* Múcio André dos Santos Alves Mendes ¹

Eduardo Morgan Uliana ³

Nuria Pérez Gallardo ⁴

USE OF BIOLOGICAL FILTER WITH DIFFERENT SUPPORT MEDIA FOR TREATMENT OF WASTEWATER OF DAIRY PRODUCTS

Recibido el 4 de mayo de 2021. Aceptado el 8 de diciembre de 2021

Abstract

The dairy industry has a prominent role in the Brazilian scenario, lacking alternatives that combine a good cost / benefit ratio in the management of its effluents. Thus, the objective of this work was to experimentally analyze the biological filter (BF) with two different media, sugar cane bagasse and wood sawdust, in the biological treatment of dairy effluent, in order to evaluate the effectiveness of the treatment and to identify which of the materials is more efficient. Analyzes of pH, BOD, turbidity, total solids, sediment solids, total dissolved solids, electrical conductivity (EC), nitrogen and phosphorus were performed. There were superior results of removal of BOD, nitrogen and turbidity for the filter filled with wood sawdust. The bagasse filter presented better results on average in the reduction of phosphorus concentration and total solids, which are 91.7% and 59.8, respectively. The reduction of TDS concentration and EC reduction, both filters demonstrated equivalence. The results of sediment solids indicate the need to implement the secondary settler to the system. It is recommended to use FB filled with wood sawdust for treatment of dairy wastewater.

Keywords: effluent of dairy products, organic filters, sugarcane bagasse, wood sawdust.

¹ Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais. Minas Gerais, Brasil.

² Departamento de Engenharia Urbana, Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais, Brasil.

³ Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICAA), Universidade Federal de Mato Grosso. Mato Grosso, Brasil.

⁴ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Pará, Brasil.

* *Autor Correspondente:* Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Campus Universitário Morro do Cruzeiro - Bauxita, Ouro Preto, Minas Gerais. CEP.:35400-000. Brasil. Email: mucio.mendes@ufop.edu.br

Resumo

A indústria de laticínios possui papel de destaque no cenário brasileiro, carecendo de alternativas que aliem uma boa relação custo/benefício na gestão de seus efluentes. Assim, objetivou neste trabalho analisar experimentalmente o filtro biológico (FB) com dois diferentes meios de suportes, bagaço de cana de açúcar e serragem de madeira, no tratamento biológico do efluente de laticínio, a fim de avaliar a efetividade do tratamento e identificar qual dos materiais é mais eficiente. Foram realizadas análises de pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), turbidez, sólidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos dissolvidos totais (SDT), condutividade elétrica (CE), nitrogênio e fósforo. Verificou-se resultados superiores de remoção de DBO, nitrogênio e turbidez para o filtro preenchido com serragem de madeira. O filtro de bagaço apresentou melhores resultados médios na redução da concentração de fósforo e sólidos totais, sendo estes de 91.7% e 59.8%, respectivamente. A redução na concentração de SDT e redução de CE, em ambos os filtros demonstraram equivalência. Os resultados de sólidos sedimentáveis indicaram a necessidade de implementação do decantador secundário ao sistema. Recomenda-se a utilização do FB preenchido com serragem de madeira para tratamento de água residuária de laticínio.

Palavras chave: efluente de laticínios, filtros orgânicos, bagaço-de-cana, serragem de madeira.

Introdução

O Brasil figura dentre os maiores produtores de leite do mundo, com uma produção superior a 33.8 bilhões de litros no ano de 2018, valor 1.6 % superior ao ano anterior, de acordo com dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,2020). Dentre os estados produtores, Minas Gerais se destaca como o maior produtor do país, com produção igual a 8.9 bilhões de litros. Em detrimento ao crescimento da produção, tem-se o aumento da produção de resíduos provenientes de laticínios, a qual requer atenção de modo a viabilizar a continuidade da produção, frente às legislações ambientais vigentes.

A indústria de laticínios gera um grande volume de resíduos líquidos. Estima-se que para cada dois litros de leite processado, são gerados cerca de 5 litros de resíduo (Begnini; Ribeiro, 2014). Este resíduo apresenta alto teor de matéria orgânica, o que torna imperativo o controle ambiental adequado. O lançamento desses compostos poluidores, sem o devido tratamento, no curso d'água afeta a qualidade da água, altera seus parâmetros originais e pode ocasionar eutrofização, morte da fauna e flora nativas e limitação do uso da água para atividades humanas.

Entre as maneiras viáveis para o tratamento de efluentes da indústria de laticínios, destaca-se o filtro biológico (FB), que consiste em um sistema de tratamento preenchido com material poroso, no qual os microrganismos se aderem e formam uma camada de biofilme. O efluente proveniente da indústria goteja sobre o meio suporte e as bactérias consomem a matéria orgânica biodegradável do resíduo (Von Sperling, 2014).

Os materiais usualmente utilizados para meio suporte do FB são brita, anéis plásticos e argila expandida. Entretanto, dada às dificuldades de pequenos produtores, juntamente com a busca por simplificação do tratamento e utilização de subprodutos descartáveis de outros processos, o bagaço de cana-de-açúcar e a serragem de madeira surgem como alternativa promissora. O bagaço de cana é um subproduto proveniente do processo de compressão da cana-de-açúcar para retirada da seiva, geralmente encontrado em destilarias como resíduo. A serragem de madeira é o resíduo do processo de manejo e tratamento de madeira encontrado em serrarias e indústrias de fabricação de móveis. Ambas são alternativas sustentáveis, com baixo custo de aquisição e alta disponibilidade. Além disso, os materiais filtrantes orgânicos são compostos reutilizáveis provenientes de outras atividades econômicas, sendo também reutilizáveis após sua função como filtro, na produção de fertilizantes.

Diante da relevância dos laticínios no Brasil e em função do grau de poluição dos seus efluentes, é de grande importância que se encontre técnicas alternativas para realizar o tratamento desses efluentes. Portanto, com o presente trabalho objetivou-se analisar experimentalmente dois diferentes meios suportes, bagaço de cana de açúcar e serragem de madeira, no tratamento biológico de efluentes de indústria de laticínios no que se refere a eficiência e potencial de remoção de matéria orgânica, sólidos e nutrientes.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de análise ambiental da Universidade Estadual de Minas Gerais, campus João Monlevade. De acordo com a classificação Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw – Clima tropical (Martins *et al.*, 2018).

Para o desenvolvimento do trabalho foram construídos dois filtros biológicos em escala de bancada. A estrutura experimental destes foi construída em tubos de PVC (0.15 m de diâmetro e 1.20 m de altura), em que 0.20 m do tubo foram utilizados como borda livre, perfazendo uma altura útil de 1.00 m.

A granulometria dos materiais utilizados foi de 1.4 a 8.0 mm e 1.4 a 12.5 mm para bagaço de cana de açúcar e serragem de madeira, respectivamente. O bagaço de cana de açúcar foi triturado e passado por peneiras para remoção das partículas finas e grosseiras. A serragem de madeira utilizada foi a do tipo lascas, a qual já apresentava partículas dentro da granulometria adequada.

O efluente sintético foi baseado em uma formulação descrita no trabalho de Carvalho *et al.* (2018), a qual demonstrou ser, após revisão bibliográfica, um valor representativo para esse tipo de indústria. Para a produção do efluente sintético foram adicionados 10 ml de leite integral tipo A a 990 ml de água

destilada, esta mistura resultou em valores próximos a 2000 mg L^{-1} de demanda química de oxigênio (DQO), valor este considerado representativo para indústrias de laticínio.

Os principais componentes para a construção do protótipo de filtro biológico foram: recipiente de armazenamento do efluente, dispositivo de distribuição do efluente, camada suporte, sistema de drenagem e dispositivos de coleta e saída da água tratada.

Para o armazenamento do efluente sintético, foram utilizados dois galões de água de 20 L, nos quais foram conectados um equipo com o intuito de gotejar o efluente sobre o sistema, e controlar a vazão do efluente. Os galões e os equipos foram pintados com tinta preta para evitar a entrada de luz e conseqüente surgimento de algas. O dispositivo de distribuição foi constituído de um vasilhame de polietileno de 150 mm de diâmetro e 5 cm de altura, perfurado na parte inferior para distribuição uniforme do efluente.

As camadas suportes foram acondicionadas em 1 m do tudo PVC, a qual foi perfurada em 1% da área longitudinal para manter a oxigenação do sistema, como proposto por Chernicharo (2016). Para o sistema de drenagem foram utilizadas canaletas de PVC (Figura 1).



Figura 1. Dispositivos de coleta e saída da água tratada.

Para a estabilização dos sistemas, estes operaram por 60 dias com vazão constante do efluente (5 L d^{-1}), a fim manter a umidade e possibilitar o estabelecimento das bactérias decompositoras. Após este período a vazão foi aumentada (10 L d^{-1}) e iniciou-se a coleta de amostras para análises em laboratório.

As análises foram realizadas no efluente bruto e no efluente tratado dos dois filtros. As análises realizadas foram: turbidez, pH, condutividade elétrica, sólidos sedimentáveis, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio e fósforo. Estas foram realizadas de acordo com a metodologia *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). As análises foram realizadas com intervalo de 15 dias após estabilização do sistema, exceto as análises de nitrogênio e fósforo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com repetição no tempo. As variáveis resposta para todos os parâmetros avaliados será a eficiência de redução na concentração, dada pela Equação 1:

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Equação 1

Em que:

C_i : Concentração inicial do parâmetro

C_f : Concentração final do parâmetro

Resultados e discussão

Na Figura 2 estão apresentados os valores de DBO das quatro análises feitas no efluente sintético e no efluente tratado pelo filtro preenchido com bagaço de cana de açúcar.

O leite utilizado em todas as reposições foi leite de vaca integral tipo A, in natura e pasteurizados. A variação nos resultados de DBO do efluente sintético ocorreu devido à composição e diferença de concentração do leite in natura para os demais leites pasteurizados, os quais apresentam variações entre os lotes.

Conforme demonstrado na Figura 2, a DBO apresentou redução em todas as amostragens em relação ao efluente sintético, em média 68.4% (± 34.2). Em relação a legislação federal, resolução CONAMA 430/11, que preconiza uma eficiência média de 60% de remoção de DBO, este filtro atenderia aos padrões exigidos neste quesito.

O filtro de serragem apresentou redução satisfatória de DBO, em média 88.9% (± 15.9), demonstrando eficiência superior ao FB preenchido com o bagaço de cana (Figura 3).

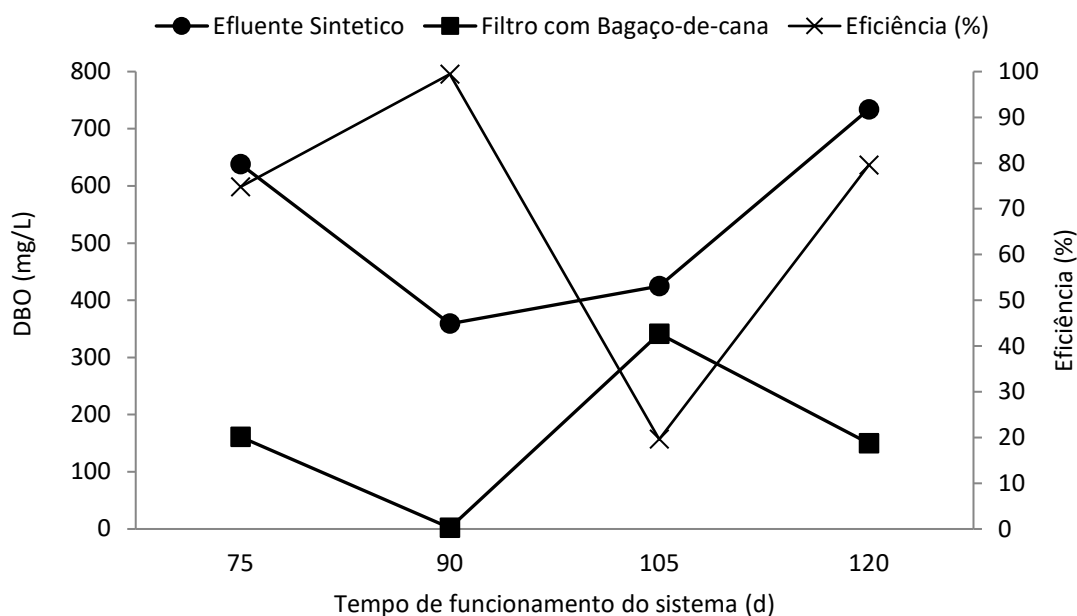


Figura 2. Aferições de DBO no FB preenchido com bagaço de cana-de-açúcar.

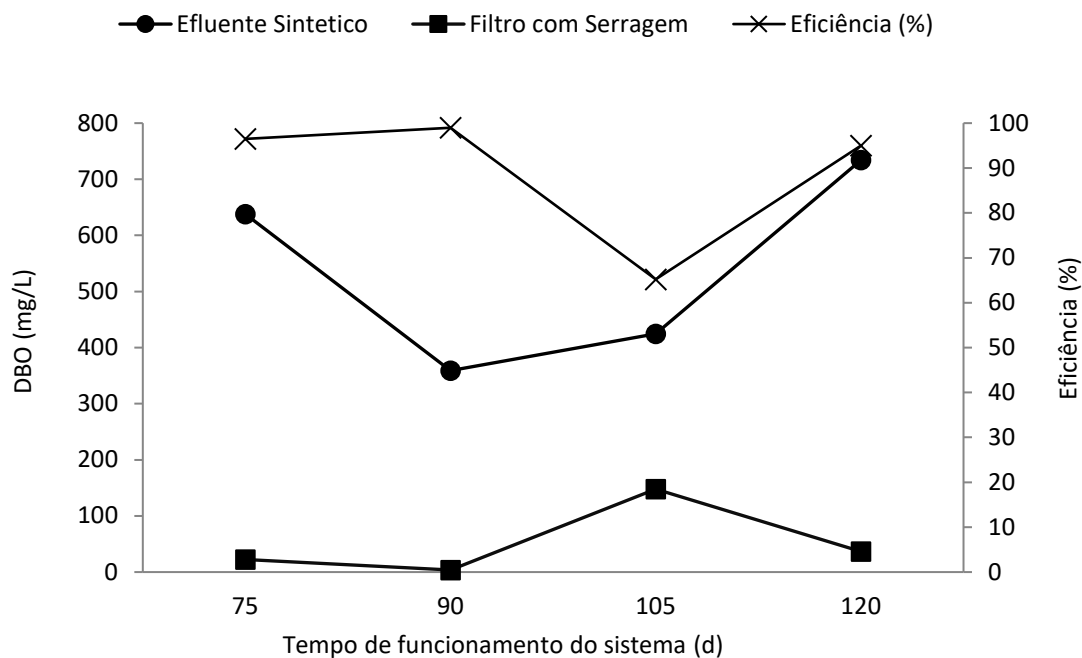


Figura 3. Aferições de DBO no FB preenchido com serragem de madeira.

Resultados inferiores foram encontrados por Lo Monaco *et al.* (2002) em tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro, onde obteve-se uma redução na concentração de 40% no filtro de bagaço-de-cana e 70-80% no filtro de serragem. Em outro estudo também realizado por Lo Monaco *et al.* (2004) para o qual utilizou-se serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias de suinocultura, foi encontrada a eficiência de 70-80%.

Na Figura 4 representa-se a eficiência dos sistemas no que tange a redução da concentração de DBO com relação à temperatura ambiente. Pode-se observar uma correlação entre estes parâmetros. O filtro de bagaço apresentou maior sensibilidade a variações de temperatura, com valores de eficiência entre 99.44% no dia de maior temperatura (29°C) e 19.61% no dia de menor temperatura (24°C). Já o filtro de serragem obteve maior constância em seus resultados e valores mais elevados na maior parte das amostras, com variações entre 98.96% no dia de maior temperatura e 65.20% no dia de menor temperatura.

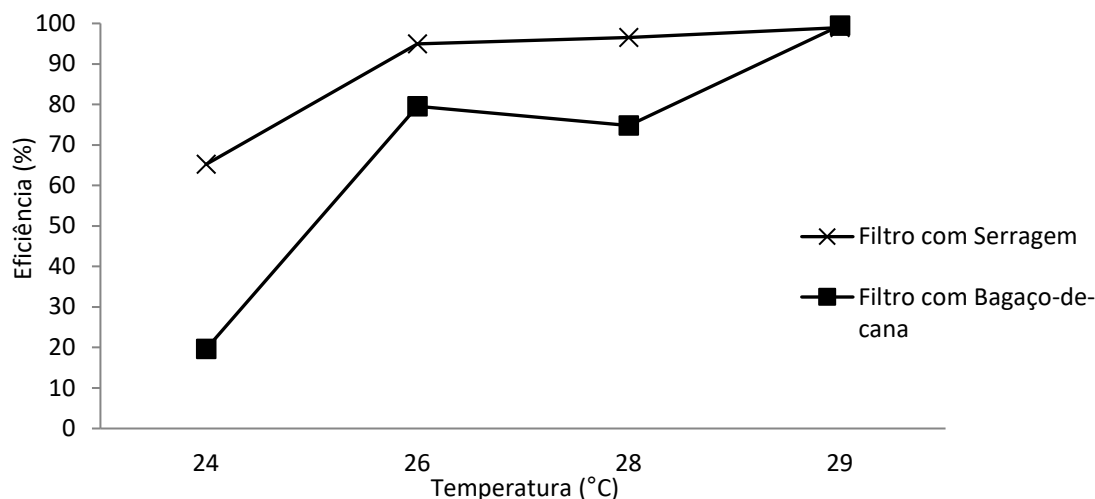


Figura 4. Eficiência dos sistemas com relação à temperatura ambiente.

Observa-se que em temperaturas mais elevadas, ambos os filtros obtiveram melhor redução na concentração de matéria orgânica. Esse fato deve-se ao aumento da atividade bacteriana que compõe o biofilme, sendo estas sensíveis às baixas temperaturas, reduzindo assim os seus metabolismos. Deste modo, pode-se inferir que a utilização alternativa do meio suporte orgânico deve ser priorizada em locais onde as temperaturas sejam elevadas, preferencialmente acima de

25°C. Em consonância com valores apontados por Von Sperling (2014), o qual apresenta como faixa ótima para remoção de matéria orgânica, valores entre 25°C e 40°C.

As análises de fósforo foram realizadas apenas na primeira e última amostras. Os filtros de bagaço e serragem apresentaram redução na concentração média de 91.7% e 62.1%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Redução da concentração de Fósforo no FB preenchido com Bagaço e Serragem.

Dia	Efluente Sintético	Concentração após Tratamento		Eficiência Filtro (%)	
		Serragem	Bagaço-de-cana	Serragem	Bagaço-de-cana
75	99.0	19.5	4.0	80.3	95.9
120	5.5	3.1	0.7	43.8	87.5
Média	52.2	11.3	2.3	62.1±25.8	91.7±5.9

Pode-se observar por meio da Tabela 1, uma maior redução na concentração de fósforo no filtro preenchido por bagaço de cana. Já os resultados apresentados por Lo Monaco *et al.* (2002), demonstram redução na concentração de Fósforo superior no filtro preenchido com serragem quando comparado ao bagaço. No entanto, as porcentagens de redução na concentração do filtro de serragem foram similares em ambos os estudos, próximo a 70% de redução na concentração. No filtro biológico utilizado fibra de coco como meio suporte por Lo Monaco *et al.* (2009), a remoção de P foi em média de 58%, sendo inferior aos dois filtros do estudo em questão. Cabe salientar que a remoção de nutrientes em meios filtrantes ocorre tanto por processos físico-químicos quanto biológicos. Assim, o tipo de superfície, rugosidade, cargas de superfície e temperatura influenciam expressivamente nesta dinâmica.

Assim como o Fósforo, as análises de Nitrogênio foram realizadas na primeira e última amostras. A Tabela 2 apresenta os dados de redução na concentração de Nitrogênio nos filtros preenchidos com bagaço e serragem, os quais atingiram redução média de 25.1% e 28.3%, respectivamente.

Tabela 2. Redução na concentração de Nitrogênio nos sistemas avaliados.

Dia	Efluente Sintético	Concentração após Tratamento		Eficiência Filtro (%)	
		Serragem	Bagaço-de-cana	Serragem	Bagaço-de-cana
75	4.6	2.5	2.8	45.4	39.1
120	5.0	4.5	4.5	11.1	11.1
Média	4.8	3.5	3.6	28.3±24.3	25.1±19.8

De acordo com o estudo de Lo Monaco *et al.* (2009) o filtro biológico propiciou uma remoção média de N de 28%, valor próximo ao encontrado neste trabalho. De acordo com von Sperling (2014), os tratamentos biológicos apresentam médias de remoção de nitrogênio na ordem de 20%, o que condiz com o protótipo estudado. Já a legislação vigente não preconiza valores para lançamento de nitrogênio total.

A diferença de redução na concentração de nitrogênio entre a primeira e segunda análise possivelmente se dá devido à variação de temperatura entre esses dois dias. Como descrito anteriormente, as bactérias possuem maior taxa de desenvolvimento em temperaturas mais elevadas. Ademais, pode-se considerar que parte do Nitrogênio foi removido do afluente, por meio de síntese celular bacteriana (Biesterfeld *et al.*, 2003; Cui *et al.*, 2019).

Com relação ao parâmetro pH, pode-se observar de acordo com a Figura 5, que ambos os filtros apresentaram valores de 6 a 8.

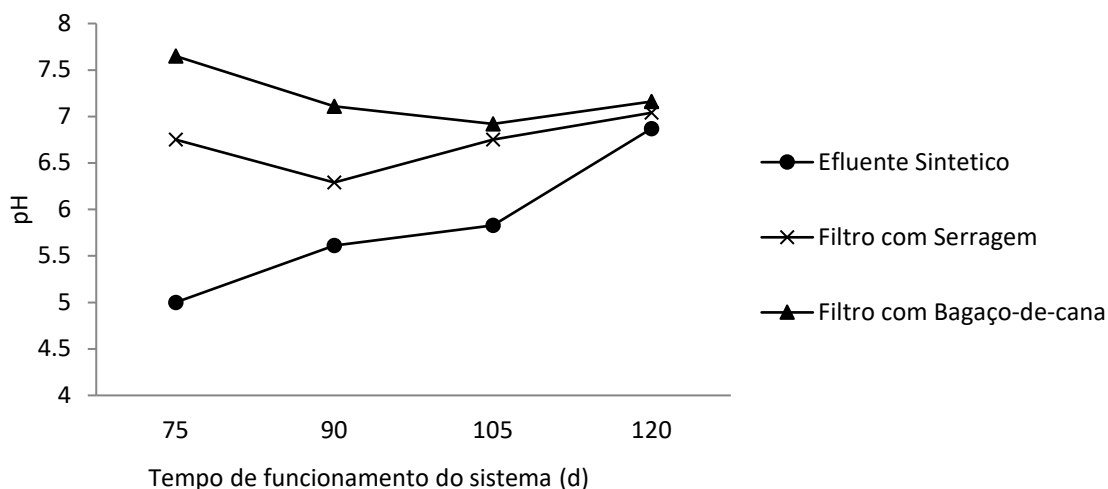


Figura 5. Monitoramento do pH.

Os resultados obtidos demonstram que o Filtro 1 e o Filtro 2 possuem os parâmetros de pH adequados ao desenvolvimento e crescimento bacteriano, o qual é um dos principais parâmetros para avaliação do bom desempenho do sistema de tratamento. Estudos apontam que os microrganismos envolvidos na degradação orgânica em sistemas biológicos apresentam melhor desempenho em pH em torno da neutralidade (Quadros *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2019). Diversas indústrias, em que se insere a indústria de laticínios, possuem efluentes que necessitam de

correção de pH antes do tratamento, aumentando o custo e diminuindo a sustentabilidade do mesmo. De acordo com o estudo apresentado, mesmo com pH do efluente na ordem de 5, o sistema apresentou capacidade de tamponamento e eficiências satisfatórias de redução de matéria orgânica, o que o torna ainda mais promissor.

Em relação a turbidez houve redução satisfatória em ambos os filtros, apresentando média de $75.9 \pm 22.1\%$ no filtro preenchido com bagaço de cana e $92.1 \pm 5.2\%$ no filtro preenchido com serragem de madeira (Figura 6).

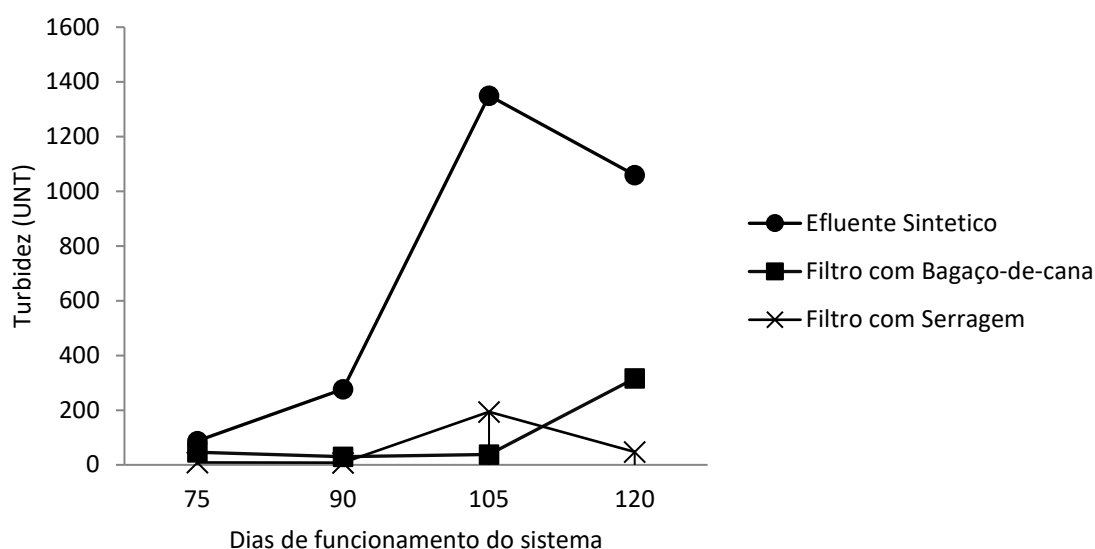


Figura 6. Valores de turbidez nos sistemas avaliados.

Entre os fatores que influenciam a turbidez do sistema está a presença de sólidos suspensos como fragmentos desprendidos do biofilme e resíduos do meio suporte presentes nas amostras coletadas. Os microrganismos presentes no biofilme se desprendem do meio filtrante devido ao nível de estabilidade, à ausência de oxigênio para os microrganismos que se encontram mais próximos ao meio e ao ciclo de vida das bactérias, que quando morrem, se desprendem do meio suporte. Ademais alguns resíduos do meio suporte conseguem passar pelo fundo falso juntamente com a água tratada. De acordo com Zhou e Xu (2020) os filtros biológicos de baixa taxa apresentam um arraste de biofilme intermitente, e de acordo com sua densidade pode causar variações no decorrer das análises de turbidez, sólidos totais e sedimentáveis. A densidade dos remanescentes do meio suporte também pode interferir nestes fatores.

A redução na concentração de sólidos totais apresentou valores próximos para os dois filtros, sendo média de 59.5% para o filtro de bagaço e 52.3% para o filtro de serragem (Figura 7). Nota-se aumento dos sólidos totais nas duas últimas análises do efluente sintético, aumento este também verificado na turbidez, o qual é devido à fermentação do efluente sintético e formação de coágulos.

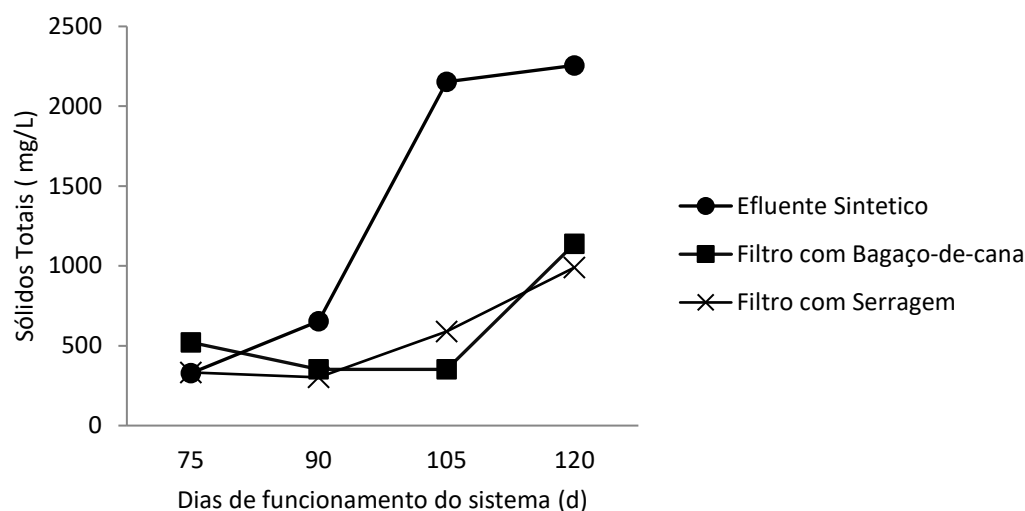


Figura 7. Medições de Sólidos Totais.

Com relação ao parâmetro sólidos totais, possivelmente o aumento de 15% na primeira análise do filtro preenchido com bagaço se relaciona à saída da coloração do bagaço, bem como possível lavagem de sais, como Ca, Mg, K, dentre outros e açúcares, conforme pode ser corroborado no monitoramento dos sólidos dissolvidos (Figura 9). Adicionalmente, verificou-se coloração escura nas águas iniciais. Em outros estudos, resultados superiores foram encontrados. Lo Monaco *et al.* (2004) obteve redução na concentração de ST em média 60-70% utilizando a serragem de madeira. Magalhães *et al.* (2006) encontrou resultados próximos ao presente estudo, aproximadamente 43-57% para o filtro constituído de serragem e 50-56% para o filtro preenchido com bagaço no tratamento de água residuária de suinocultura.

Para os sólidos sedimentáveis, a legislação federal estabelece que os valores para lançamento em corpos de água devem ser até 1mL/L em teste *Imhoff* (Brasil, 2011). Conforme as análises, os dois filtros apresentaram valores superiores ao estabelecido (Figura 8). Tal fato pode ser corrigido por meio da implantação de um decantador secundário ao sistema, estrutura usual em sistemas constituídos por FB.

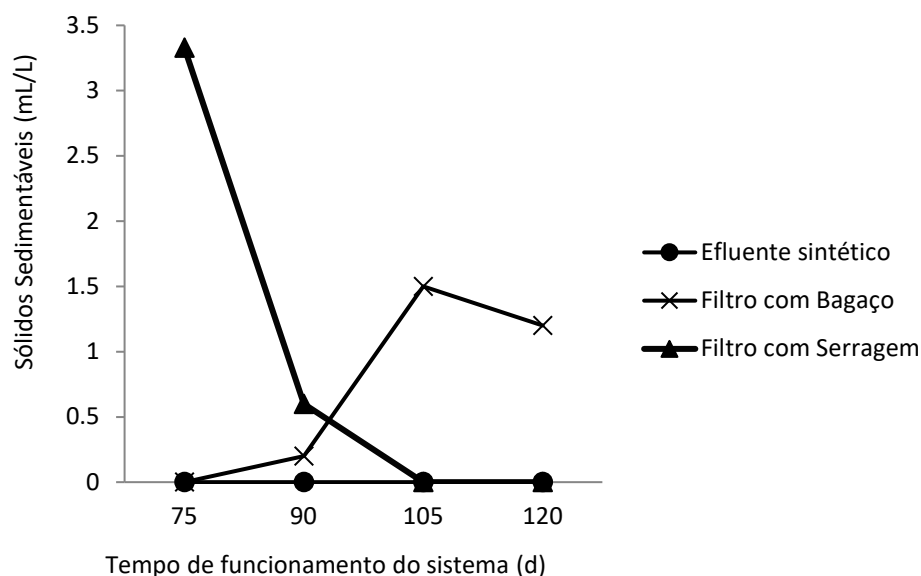


Figura 8. Medições de Sólidos Sedimentáveis.

O monitoramento de sólidos dissolvidos totais (SDT) e condutividade elétrica (CE) estão dispostos nas Figuras 9 e 10, respectivamente. Acredita-se que a elevação dos valores de SDT e CE nas primeiras amostras está relacionada com a lixiviação de compostos inorgânicos presentes no meio suporte. Adicionalmente, a degradação orgânica propicia o desprendimento de sais, tais como N, P, K, Na, Mg, Mn, Ca dentre outros, que antes estavam ligados à matéria orgânica, estão dissolvidos no meio.

Como pode ser observado nos dados, os SDT e a CE apresentaram proporcionalidade em seus valores, tanto no filtro de serragem quanto no filtro de bagaço. Comportamento semelhante é relatado na literatura neste sentido (Almeida *et al.*, 2011; Bressani *et al.*, 2018). Apesar dos sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica não serem parâmetros contemplados pela legislação para normatizar o lançamento de efluentes industriais, estudos que consorciem mais de um sistema de tratamento, tal como o consórcio UASB – Filtro, são alternativas que podem contribuir com a redução destes parâmetros no efluente tratado.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios de eficiência de redução na concentração dos principais parâmetros analisados.

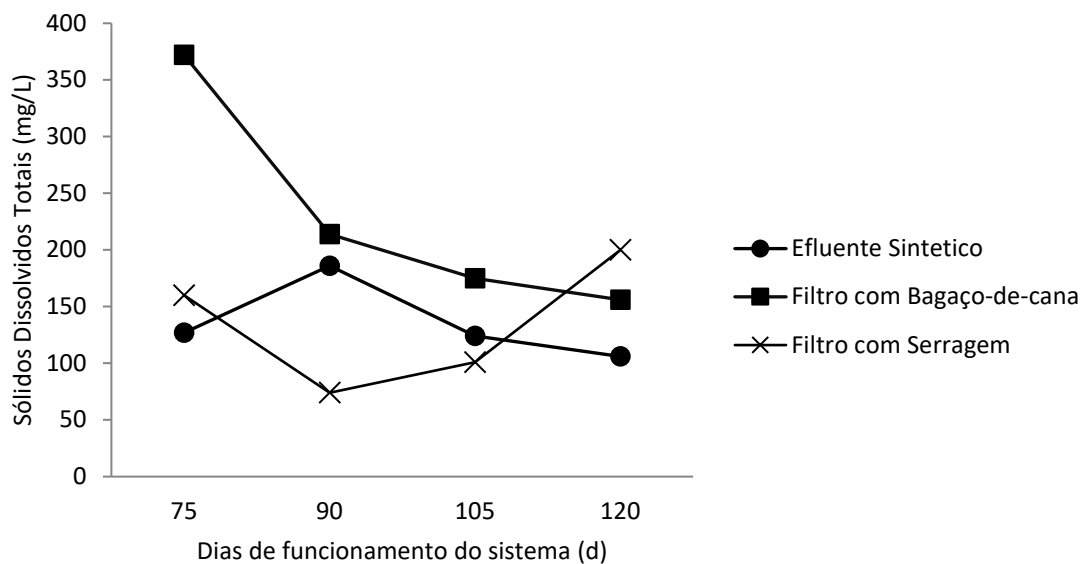


Figura 9. Medições de Sólidos dissolvidos totais.

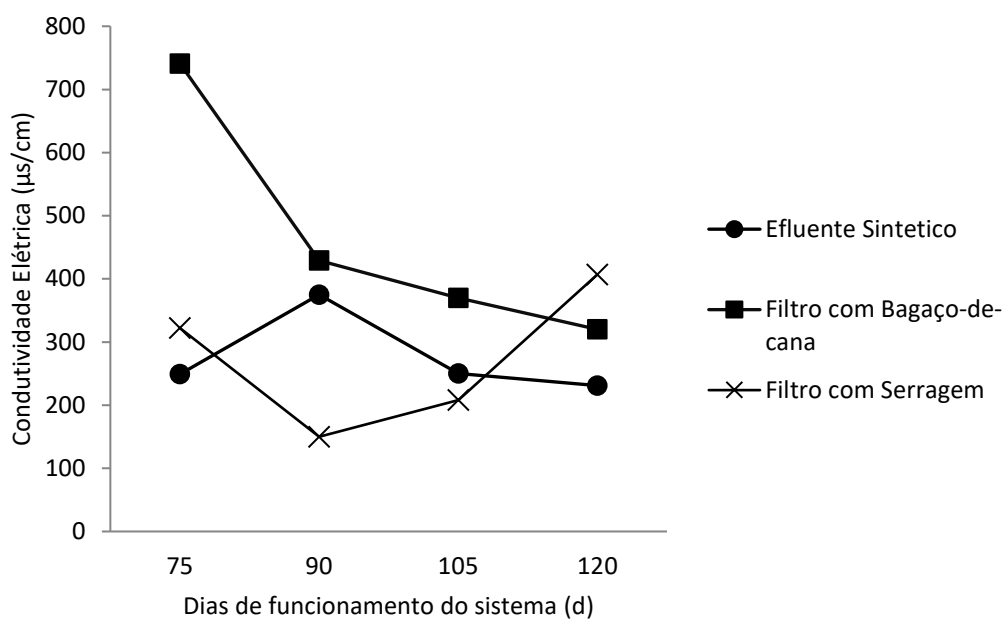


Figura 10. Medições de Condutividade elétrica

Tabela 3. Valor médio de eficiência de redução na concentração de DBO, N, P, turbidez e ST.

Parâmetro	Valor Médio Eficiência Filtro (%)	
	Serragem	Bagaço-de-cana
DBO	88.92	68.36
Nitrogênio	28.27	25.12
Fósforo	62.08	91.74
Turbidez	92.1	75.9
Sólidos Totais	60.85	59.80

Conclusões

Diante dos resultados, infere-se que o preenchimento filtros biológicos com serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar são alternativas promissoras no tratamento de águas residuárias de laticínio, principalmente para pequenos produtores.

Os resultados sugerem que o filtro preenchido com serragem de madeira é o mais eficiente, ao apresentar comparativamente melhores resultados de redução na concentração de DBO e maior estabilidade em seus resultados. Desta forma, é o mais recomendado para ter sua implantação em escala real, além de ser viável economicamente pela alta disponibilidade de seu meio filtrante e baixo valor de mercado.

O filtro preenchido com bagaço de cana-de-açúcar apresentou resultados satisfatórios, porém com elevada sensibilidade a variações da temperatura ambiente para a redução na concentração de DBO. Desta forma, recomenda-se maiores estudos com relação ao mesmo, no que tange a diminuição das cargas orgânicas e da taxa de aplicação estudadas no presente experimento.

Referências bibliográficas

- Almeida P. G. S. D., Oliveira SC, Chernicharo CADL. (2011) Operação de filtros biológicos percoladores pós-reatores UASB sem a etapa de decantação secundária. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, **16**, 281-290.
- APHA, American Public Health Association (2012) Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: *American Public Health Association*, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington.
- Biesterfeld S, Farmer G., Russell P, Figueroa L. (2003) Effect of alkalinity type and concentration on nitrifying biofilm activity. *Water Environment Research*, **75**(3): 196-204.
- Brasil (2011) *Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n 357, de 17 de março de 2005*, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Legislação Ambiental.
- Begnini, B. C., Ribeiro H. B. (2014) Plano para redução de carga poluidora em indústria de laticínios. *Saúde E Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar*, **3**(1):19-30.

- Bressani-Ribeiro T., Almeida P. G. S., Volcke, E. I. P., Chernicharo, C. A. L. (2018) Trickling filters following anaerobic sewage treatment: state of the art and perspectives. *Environmental Science: Water Research & Technology*, **11**(4):1721-1738.
- Carvalho, M. C. S., Borges, A. C., Pereira, M. D. O. S. S., Heleno, F. F., Faroni, L. R. D., Campos, L. C. (2018) Degradation kinetics of organic matter in dairy industry wastewater by flotation/ozonation processes. *Bioscience Journal*, **34**(3):587-594.
- Chernicharo C. A. L. (2016) Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Editora UFMG, 379 pp.
- Cui B., Yang Q., Zhang Y., Liu X., Wu W., Li J. (2019) Improving nitrogen removal in biological aeration filter for domestic sewage treatment via adjusting microbial community structure. *Bioresource Technology*, **293**, 122006.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020) Agricultura, pecuária e outros. Acesso em 01 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria>
- Lo Monaco P. A., Matos A. T., Martinez M. A., Jordão C. P. (2002) Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. *Revista Engenharia na Agricultura*, **10**, 1-4.
- Lo Monaco P. A., Matos A. T., Jordão C.P., Cecon P. R., Martinez M. A., (2004) Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **8**(1), 116-119.
- Lo Monaco P. A. V., Matos AT, Sarmento A.P., Júnior A. V. L., Lima, J. T. (2009) Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Revista Engenharia na Agricultura*, **17**(6), 473-480.
- Magalhães M. A. D., Matos A. T. D., Deniculi W, Tinoco IDF. (2006) Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **10**, 472-478.
- Martins, F. B., Gonzaga G, dos Santos DF, Reboita MS. (2018) Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*, **1**, 129-156.
- Quadros D. G. D., Oliver A. D. P. M., Regis U., Valladares R., Souza P. H. F., Ferreira E. D. J., (2010) Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, **14**, 326-332.
- Souza T.D., Borges A., Lopes D., Lamonaco P., Matos A. (2019) Uso de reator de leito estático granular no tratamento de águas residuárias de laticínios. *Nativa*, **7**, 407.
- Von Sperling M. (2014) Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Editora UFMG, 452 pp.
- Zhou H, Xu G. (2020) Biofilm characteristics, microbial community structure and function of an up-flow anaerobic filter-biological aerated filter (UAF-BAF) driven by COD/N ratio. *Science of the Total Environment*, **708**, 134422.