

Utilização do fruto seco descascado da *Luffa cylindrica* como meio suporte em filtros biológicos percoladores: análise do desempenho quanto à redução da carga orgânica e considerações microbiológicas

*Use of dehydrated peeled fruit of *Luffa cylindrica* as support medium in biological trickling filters: analysis of performance regarding the reduction of the organic content and microbiologic considerations*

Marcos Rocha Vianna^{1*} , Gilberto Caldeira Bandeira de Melo¹ 

RESUMO

Experiências sobre o tratamento de esgoto doméstico foram realizadas em instalação piloto de filtros biológicos percoladores, em laboratório, nos quais frutos secos descascados de *Luffa cylindrica* constituíram o meio suporte para o crescimento microbiológico, com o objetivo de verificar sua capacidade de remoção da matéria orgânica, medida em termos da demanda bioquímica de oxigênio e da demanda química de oxigênio. Os resultados obtidos, quando comparados com os originários de um filtro similar que utilizava pedras como meio suporte, indicaram que a *Luffa cylindrica* pode substituir, em condições específicas, o meio suporte tradicional. Embora estudos microbiológicos detalhados não estivessem entre os objetivos deste estudo, observou-se também que o biofilme encontrado na *Luffa cylindrica* era mais rico em espécies e apresentava estágio mais evoluído do que o biofilme encontrado nas pedras. Estudos complementares são recomendados.

Palavras-chave: filtros biológicos percoladores; microbiologia dos filtros biológicos percoladores; *Luffa cylindrica*; biofilmes; meios suporte alternativos; tratamento de esgoto.

ABSTRACT

Domestic sewage treatment experiments were conducted in a pilot installation of biological trickling filters in laboratory, in which the peeled dehydrated fruits of *Luffa cylindrica* were used as a support medium for microbiological growth, in order to verify its capacity to remove organic matter, measured in terms of biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand. The results obtained, when compared to results from similar pilot plant using stones as supporting medium, indicated that *Luffa cylindrica* can substitute, under specific conditions, the traditional support media. Although detailed microbiologic studies were not among the objectives of this study, it was also observed that the biofilm found in *Luffa cylindrica* was richer in species and in a higher evolutive stage than the biofilm found in the stones. Further studies are recommended.

Keywords: trickling filters; microbiology of biological trickling filters; *Luffa cylindrica*; biofilms; alternative support media; wastewater treatment.

INTRODUÇÃO

Um filtro biológico percolador é um processo de tratamento de esgoto do tipo aeróbio, simples de construir e operar. Consiste em se fazer passar o esgoto através de um meio suporte. Um filme biológico se desenvolve sobre a superfície do meio. A atividade biológica desse filme será responsável pela estabilização dos constituintes orgânicos do esgoto,

que é aspergido sobre o meio suporte. O biofilme permanece parte do tempo em contato com o efluente e outra parte exposto à atmosfera. A Figura 1 representa uma unidade desse tipo.

É classificado por WEF (2010) como um reator do tipo de biofilme, que se desenvolve sobre o meio suporte. Quanto maior for a superfície específica oferecida pelo meio, mais eficiente será o filtro.

¹Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte (MG), Brasil.

*Autor correspondente: mmmrvianna@gmail.com

Recebido: 27/01/13 - Aceito: 02/08/16 - Reg. ABES: 110427

onde havia outra peneira de nylon, semelhante à primeira. O excesso de vazão era descartado através de um extravasor.

Antes de atingir cada filtro, o esgoto era conduzido a um alimentador que convertia o fluxo contínuo em intermitente, sendo distribuído sobre o meio suporte através de uma placa perfurada instalada 20 centímetros acima de seu topo. Cada filtro era constituído por um tubo de PVC tipo esgoto, de diâmetro interno igual a 200 mm. No interior de cada um foi introduzido o meio suporte: fruto seco descascado de *Luffa cylindrica* em três deles; e pedras (seixos) de diâmetro de 25 mm no quarto. Inicialmente, os frutos foram colocados na posição vertical. Ao longo do estudo experimental eles passaram a ser cortados e instalados de modo aleatório. Nenhum efeito foi observado em virtude dessa modificação.

O esgoto era então conduzido a decantadores secundários e descartado. A vazão média encaminhada a cada coluna filtrante era igual a $2 \text{ mL}\cdot\text{s}^{-1}$. A carga hidráulica era $5,5 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$. Amostras de esgoto bruto e tratado eram coletadas e analisadas. Maiores detalhes sobre a realização dessas análises podem ser encontrados em Vianna, Melo e Vianna Neto (2012).

RESULTADOS

Características do esgoto bruto

A Figura 3 representa graficamente os resultados para $\text{DBO}_{5,20}$, DQO e SST, expressos em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Os resultados de SSed não estão representados no gráfico.

A $\text{DBO}_{5,20}$ variou entre 61 e $387 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A média foi de $216 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Após o decantador primário, apresentou valores entre 61 e $282 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. O valor médio para todas as observações foi de $177 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A remoção percentual média no decantador primário foi igual a 18%. Por sua vez, a DQO variou entre 185 e $601 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A média foi de $451 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Após o decantador primário, apresentou valores entre 168 e $598 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. O valor médio foi de $390 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A remoção percentual média no decantador primário foi igual a 14%.

Os SST, medidos entre 20 de abril e 27 de agosto de 2004, variaram entre 90 e $752 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. A média foi de $193 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Após o decantador primário, caiu para $141 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Por sua vez, os SSed variaram de 0,10 a $11 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$. A média foi de $2,22 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$. Após o decantador primário, caiu para $0,80 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$.

Desempenho quanto à redução da carga orgânica

Os valores da $\text{DBO}_{5,20}$ a montante dos decantadores secundários são mostrados na Figura 4. Na Figura 5 são apresentados os gráficos de *box-whisker*. O valor médio a jusante dos filtros contendo *Luffa cylindrica* foi de $58 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. O valor médio a jusante do filtro contendo pedras foi de $79 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Os valores obtidos a jusante dos decantadores secundários são mostrados na Figura 6. A média a jusante dos decantadores secundários após os filtros contendo *Luffa cylindrica* foi de $43 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, enquanto a média correspondente ao filtro contendo pedras foi de $57 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Na Figura 7 são apresentados os gráficos de *box-whisker* correspondentes.

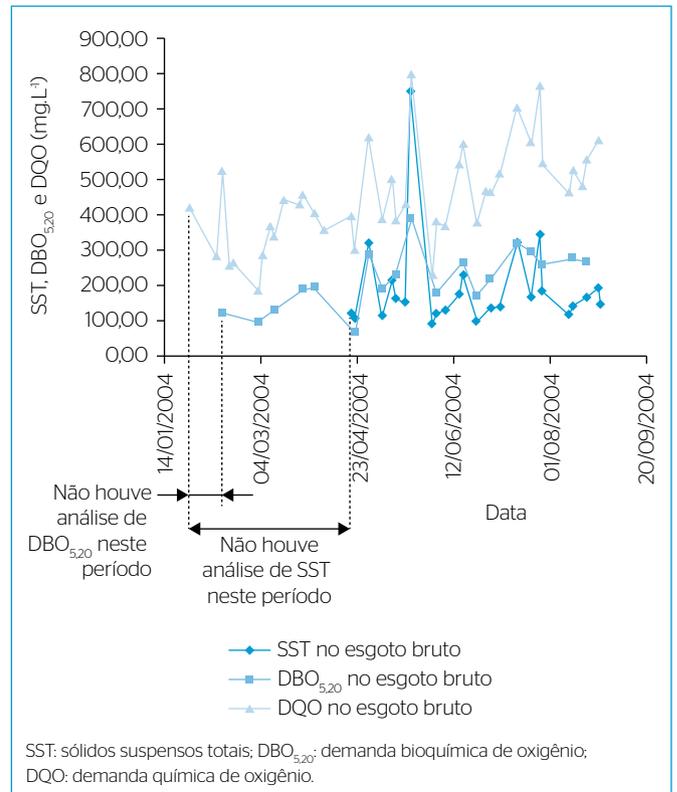


Figura 3 - Séries temporais para demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e sólidos suspensos totais no esgoto bruto.

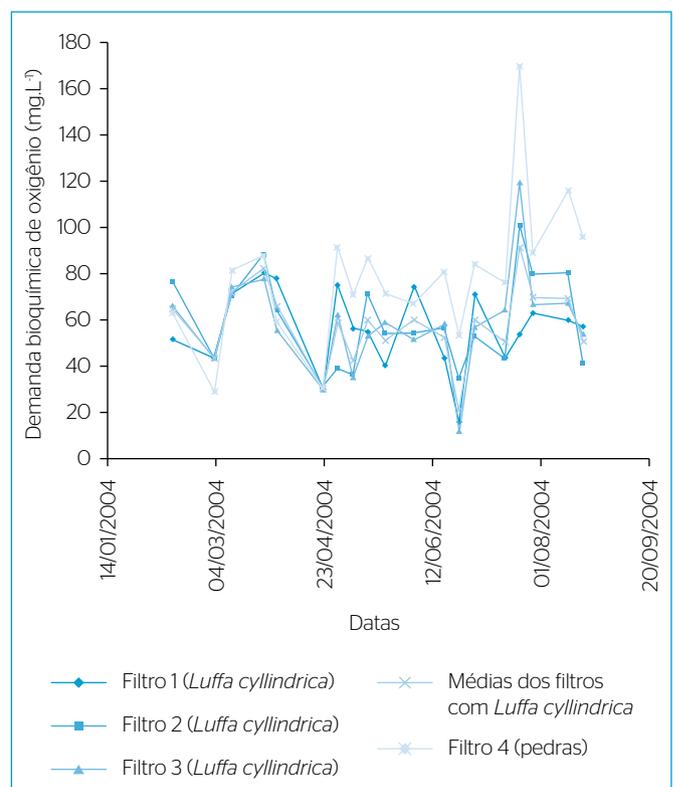


Figura 4 - Demanda bioquímica de oxigênio a montante dos decantadores secundários dos filtros preenchidos com *Luffa cylindrica* e do filtro preenchido com pedras, ao longo do trabalho experimental.

Para a DQO, e no que diz respeito aos valores obtidos a montante dos decantadores secundários, os resultados são mostrados na Figura 8, enquanto a Figura 9 apresenta os gráficos de *box-whisker* correspondentes. O valor médio a jusante dos filtros contendo *Luffa cylindrica* foi de 183 mg.L⁻¹, enquanto o valor médio a jusante do filtro contendo pedras foi de 209 mg.L⁻¹.

Quanto aos valores obtidos a jusante dos decantadores secundários, os resultados são mostrados na Figura 10, enquanto a Figura 11 apresenta os gráficos de *box-whisker* correspondentes. O valor médio a jusante dos decantadores secundários após os filtros contendo *Luffa*

cylindrica foi de 154 mg.L⁻¹, enquanto o valor médio a jusante do decantador secundário do filtro contendo pedras foi de 166 mg.L⁻¹.

Aspectos microbiológicos dos meios suporte

Foram colhidas amostras das biomassas encontradas nos filtros contendo *Luffa cylindrica* e também nos filtros contendo pedras. Elas foram retiradas dos primeiros cinco centímetros da parte superior desses meios suporte e encaminhadas ao laboratório de hidrobiologia, para análise qualitativa através de exame microscópico.

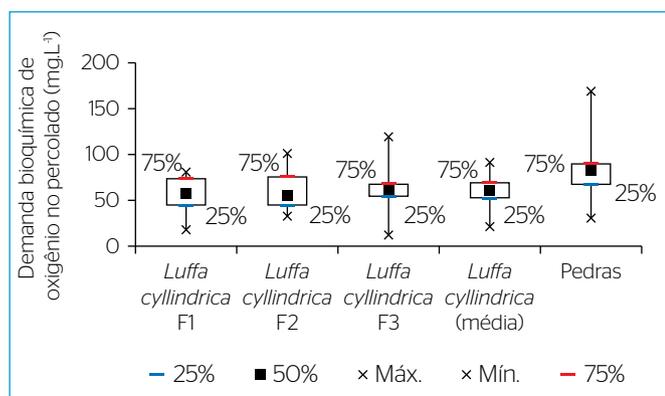


Figura 5 - Demanda bioquímica de oxigênio no percolado das quatro colunas, a montante dos decantadores secundários, ao longo do trabalho experimental: gráfico *box-whisker*.

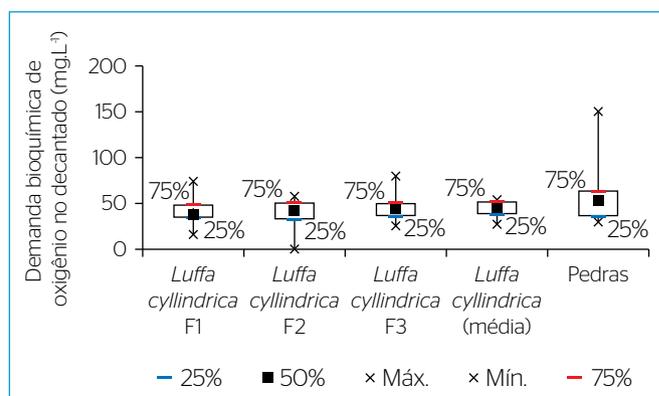


Figura 7 - Demanda bioquímica de oxigênio no percolado das quatro colunas, a jusante dos decantadores secundários, ao longo do trabalho experimental: gráfico *box-whisker*

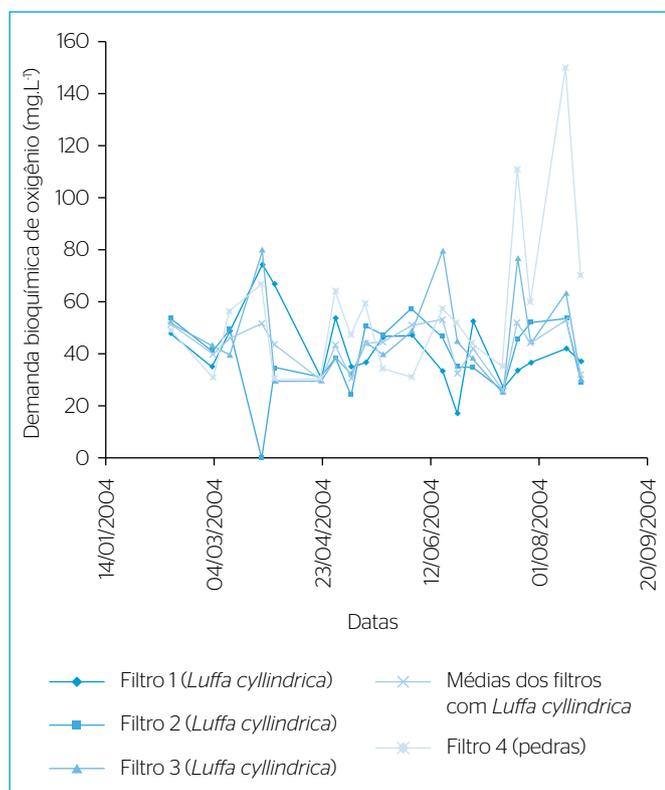


Figura 6 - Demanda bioquímica de oxigênio a jusante dos decantadores secundários dos filtros preenchidos com *Luffa cylindrica* e do filtro preenchido com pedras, ao longo do trabalho experimental.

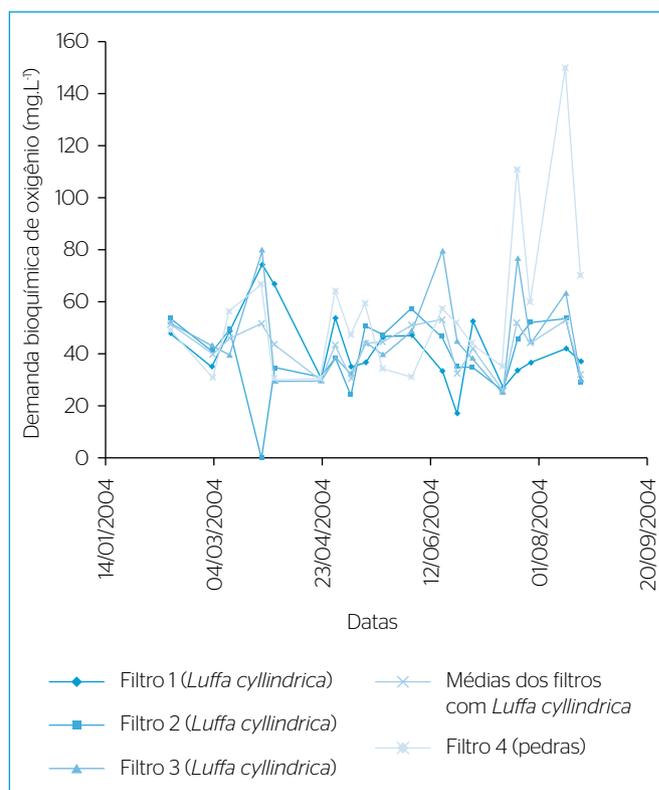


Figura 8 - Demanda química de oxigênio a montante dos decantadores secundários dos filtros preenchidos com *Luffa cylindrica* e do filtro preenchido com pedras, ao longo do trabalho experimental.

No meio suporte de *Luffa cylindrica* foram encontradas: bactérias (Figuras 12A e B), fungos (Figura 12C), ciliados pedunculares (Figuras 12D e E) e nematoda de vida livre (Figuras 12F e G). No meio suporte de pedras foram encontrados apenas fungos e bactérias (Figura 13).

DISCUSSÃO

Do exposto, e considerando os resultados médios, o esgoto bruto poderia ser classificado como de concentração média (Tabela 1).

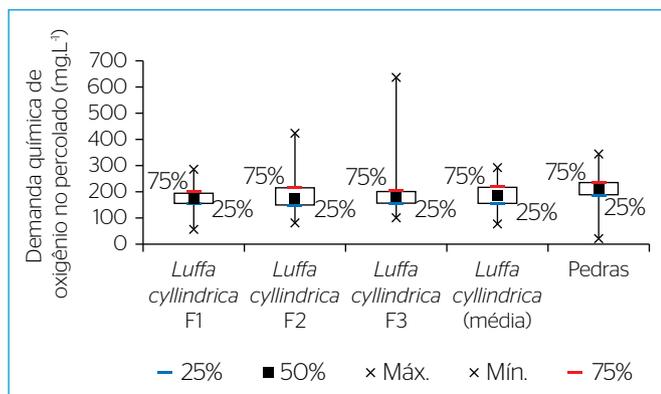


Figura 9 - Demanda química de oxigênio no percolado das quatro colunas, a montante dos decantadores secundários, ao longo do trabalho experimental: gráfico *box-whisker*.

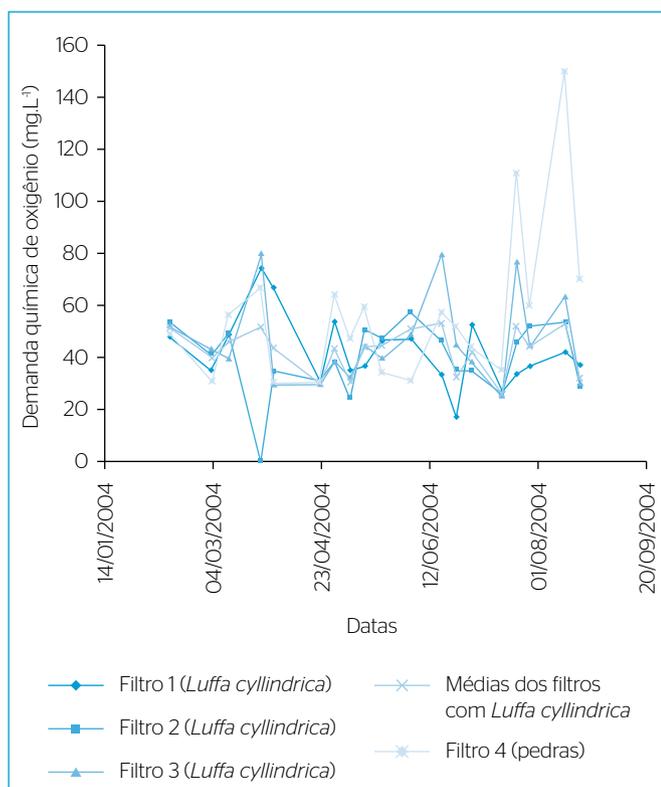


Figura 10 - Demanda química de oxigênio a jusante dos decantadores secundários dos filtros preenchidos com *Luffa cylindrica* e do filtro preenchido com pedras, ao longo do trabalho experimental.

Ao longo do estudo experimental, observou-se que a estrutura fibrosa dos frutos secos descascados perdia volume continuamente e que a altura do meio filtrante reduzia de modo análogo, sendo necessário repor mensalmente esse meio filtrante em sua parte superior. Não obstante a redução da altura do meio suporte, não foi observada redução na eficiência do tratamento.

No que diz respeito à demanda DBO_{5,20}, as eficiências médias percentuais dos filtros, tendo como referência o esgoto primário que lhes afluía, são resumidas na Tabela 2.

Na Tabela 3 são resumidas as eficiências médias percentuais quando se tem como referência as características do esgoto bruto.

Quanto à DQO, as eficiências médias percentuais dos filtros, tendo como referência o esgoto primário que lhes afluía, são resumidas na Tabela 4.

Na Tabela 5 são resumidas as eficiências médias percentuais dos filtros quando se considera o esgoto bruto.

Considerações microbiológicas

No meio suporte de *Luffa cylindrica* foi encontrada maior riqueza de espécies do que no meio suporte de seixos, podendo indicar estágio mais evoluído de estabilização da matéria orgânica. Conforme descrito, além de bactérias e fungos, foram encontrados ciliados pedunculares e nematodos de vida livre. A presença desses representantes do reino animal, ausentes nas amostras da biomassa colhida no meio suporte de pedras, parece mostrar maior complexidade da cadeia alimentar e, portanto, estágio mais avançado. Isso pode explicar o grau mais elevado de estabilização da matéria orgânica verificada no primeiro.

As bactérias, cujos gêneros não foram identificados neste trabalho, são presença obrigatória em meios onde ocorre a degradação da matéria orgânica. O mesmo ocorre com os fungos. Quanto aos ciliados pedunculares, cujo gênero não foi identificado, sua presença era esperada nas camadas superficiais dos filtros biológicos percoladores, bem como a presença dos vermes, entre eles os nematoides.

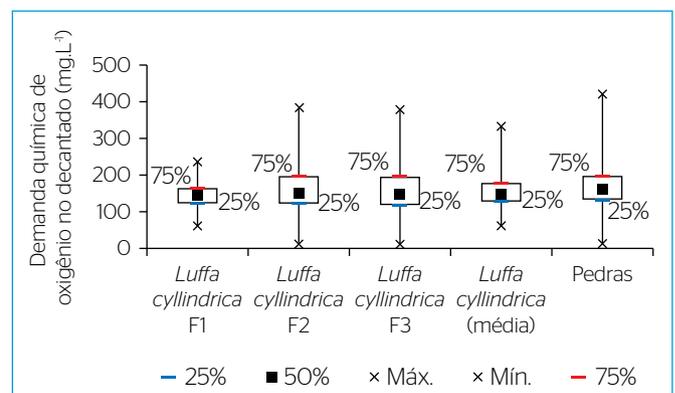
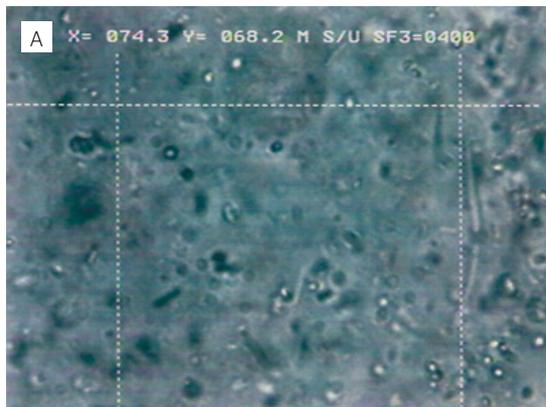
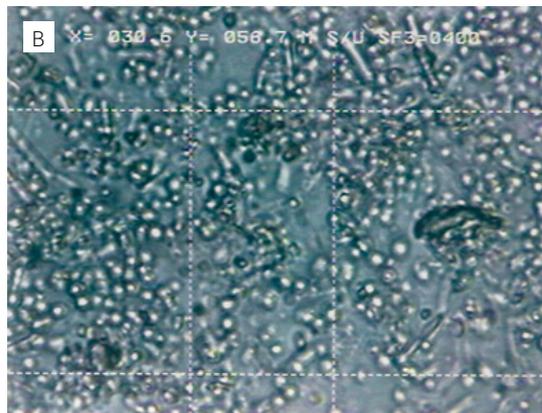


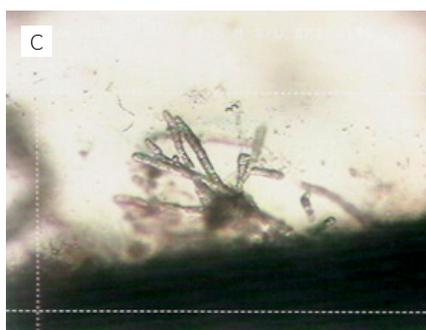
Figura 11 - Demanda química de oxigênio no percolado das quatro colunas, a jusante dos decantadores secundários, ao longo do trabalho experimental: gráfico *box-whisker*.



Bactérias



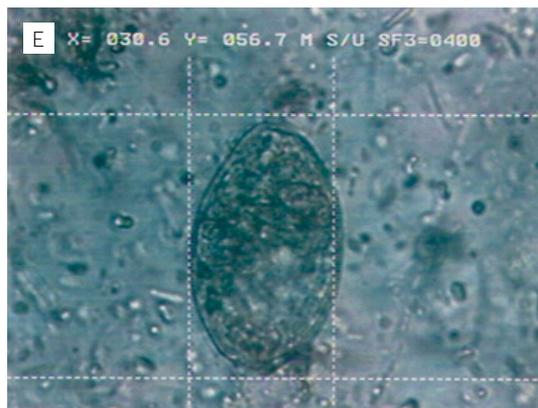
Bactérias



Fungos do gênero *Geotrichum*



Ciliados fixos ou pedunculados



Ciliado pedunculado sem pedúnculo



Nematoda



Nematoda

Figura 12 - Biomassa presente sobre *Luffa cylindrica*: bactérias (A, B), fungos (C), ciliados fixos ou pedunculados (D, E) e nematoda de vida livre (F, G).

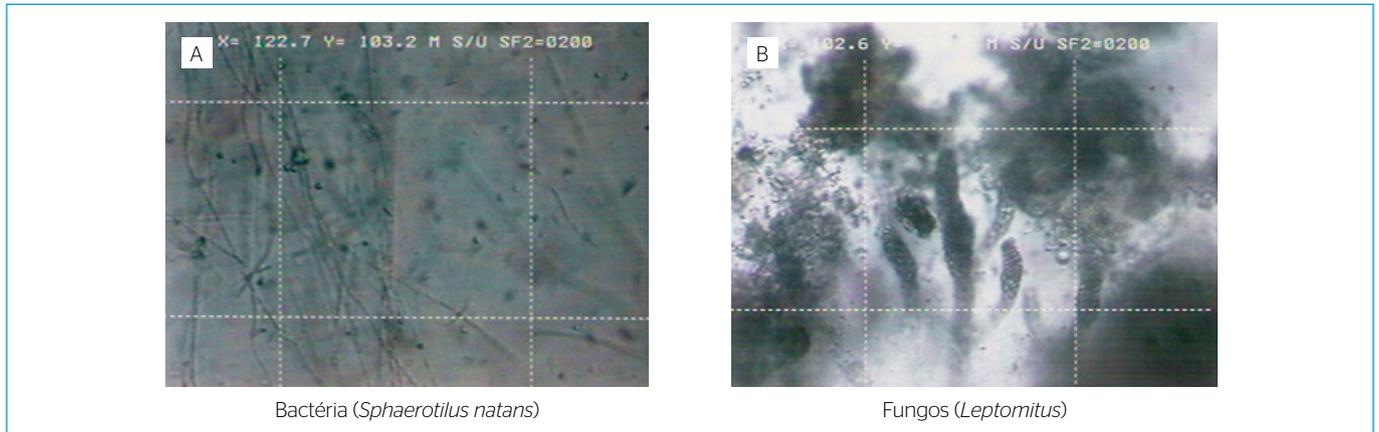


Figura 13 - Biomassa presente sobre as pedras: bactérias (a) e fungos (b).

Tabela 1 - Composição típica do esgoto doméstico comparada com os valores médios obtidos no estudo experimental para o esgoto bruto.

Parâmetro	Valores da literatura			Valores experimentais
	Esgoto forte	Esgoto médio	Esgoto fraco	
SST (mg.L ⁻¹)	389	195	130	193
Ssed (m.L.L ⁻¹)	23	12	8	2,22
DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)	400	200	133	216
DQO (mg.L ⁻¹)	1016	508	339	451

Nota: as seguintes relações podem ser obtidas a partir dos valores acima:

Relação DQO/DBO	2,5	2,5	2,5	2,1
Relação SST/DBO	0,97	0,98	0,98	0,90

Fonte: Metcalf & Eddy/AECOM (2014).

SST: sólidos suspensos totais; Ssed: sólidos sedimentáveis; DBO_{5,20}: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio.

Tabela 2 - Demanda bioquímica de oxigênio: eficiências médias percentuais dos filtros desde sua entrada.

Meio suporte	DBO _{5,20} afluente (mg.L ⁻¹)	DBO _{5,20} efluente (mg.L ⁻¹)	Eficiência (%)	DBO _{5,20} efluente (mg.L ⁻¹)	Eficiência (%)
		A jusante dos decantadores secundários		A jusante dos decantadores secundários	
<i>L. cylindrica</i>	177	58	67	43	76
Pedras	177	79	55	57	68

DBO_{5,20}: demanda bioquímica de oxigênio.

Tabela 3 - Demanda bioquímica de oxigênio: eficiências médias percentuais dos filtros a partir do esgoto bruto.

Meio suporte	DBO _{5,20} afluente (mg.L ⁻¹)	DBO _{5,20} efluente (mg.L ⁻¹)	Eficiência (%)
		A jusante dos decantadores secundários	
<i>L. cylindrica</i>	216	43	80
Pedras	216	57	74

DBO_{5,20}: demanda bioquímica de oxigênio.

Tabela 4 - Demanda química de oxigênio: eficiências médias percentuais dos filtros desde sua entrada.

Meio suporte	DQO afluente (mg.L ⁻¹)	DQO efluente (mg.L ⁻¹)	Eficiência (%)	DQO efluente (mg.L ⁻¹)	Eficiência (%)
		A montante dos decantadores secundários		A jusante dos decantadores secundários	
<i>L. cylindrica</i>	390	183	53	154	61
Pedras	390	209	46	166	57

DQO: demanda química de oxigênio.

Tabela 5 - Demanda química de oxigênio: eficiências médias percentuais dos filtros a partir do esgoto bruto.

Meio suporte	DQO afluente (mg.L ⁻¹)	DQO efluente (mg.L ⁻¹)	Eficiência (%)
		A jusante dos decantadores secundários	
<i>L. cylindrica</i>	451	154	66
Pedras	451	166	63

DQO: demanda química de oxigênio.

Em contraposição, no meio suporte de pedras não foi encontrada riqueza de espécies. Conforme descrito, apenas bactérias e fungos foram observados, o que pode indicar menor complexidade da cadeia alimentar e, portanto, estágio menos avançado do que o do meio suporte de *Luffa cylindrica*. O grau menos elevado de estabilização da matéria orgânica observado no meio suporte em consideração parece comprovar essa hipótese.

A riqueza de espécies encontrada no meio suporte de *Luffa cylindrica* pode lhe conferir maior capacidade de suportar cargas de choque. Segundo Odum e Barrett (2005), ambientes mais diversificados são capazes de assegurar redundância e resiliência ao sistema, ou seja, possibilidade de resistir a eventuais condições estressantes.

CONCLUSÕES

O estudo mostrou que, para certas condições específicas, o fruto seco descascado da *Luffa cylindrica* pode ser utilizado como meio suporte em filtros biológicos percoladores.

Uma comparação entre os resultados obtidos para os parâmetros estudados e os valores permitidos pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) — órgão ambiental do estado de Minas Gerais (COPAM, 2008) — para efluentes líquidos é apresentada a seguir. Ela mostra que filtros biológicos percoladores que utilizam a *Luffa cylindrica* como meio suporte podem ser uma alternativa adequada e sustentável para o tratamento de esgoto doméstico nesse estado.

O valor médio permitido para a $DBO_{5,20}$ é de 60 mg.L^{-1} . O valor médio no efluente dos sistemas de tratamento contendo *Luffa cylindrica* foi de 43 mg.L^{-1} . Também o valor médio no efluente dos sistemas de tratamento contendo pedras, igual a 57 mg.L^{-1} , foi inferior ao máximo permitido.

O valor médio permitido para a DQO é de 180 mg.L^{-1} . O valor médio no efluente dos sistemas de tratamento contendo *Luffa cylindrica* foi de 154 mg.L^{-1} . Também o valor médio no efluente dos sistemas de tratamento contendo pedras, igual a 166 mg.L^{-1} , foi inferior ao máximo permitido.

Quando se considera qualquer dos dois parâmetros anteriores, o desempenho dos filtros contendo *Luffa cylindrica* foi superior ao do filtro contendo pedras.

Embora não tenha constituído o objetivo específico deste estudo, observou-se que o biofilme encontrado nos filtros contendo *Luffa cylindrica* apresentou riqueza de gêneros e estágio evolutivo superiores aos encontrados no biofilme do filtro contendo pedras.

O trabalho foi realizado em filtros piloto de pequenas dimensões, construídos no interior de um laboratório, protegidos contra a exposição direta à luz do sol, a grandes variações de temperatura, à chuva, entre outras variáveis. Recomenda-se que trabalho experimental semelhante seja realizado em ambiente externo, em filtros maiores.

As dimensões internas dos filtros não permitiram a realização de estudos que possibilitassem relacionar a altura do meio suporte com a eficiência dos filtros. Esse também é um importante trabalho experimental a ser feito.

A estabilidade física dos frutos, enquanto o biofilme encontra-se instalado sobre sua estrutura fibrosa e certa parcela de líquido encontra-se retida em seus espaços vazios, deve ser investigada. Se o empilhamento dos frutos se sustentar por si só, as paredes dos filtros não precisarão apresentar finalidade estrutural, permitindo reduzir os custos de construção.

As relações entre as cargas hidráulicas e orgânicas aplicadas aos filtros, os efeitos da recirculação e suas eficiências de tratamento deverão ser investigadas.

Recomenda-se uma investigação biológica específica a respeito do biofilme desses filtros.

REFERÊNCIAS

- AGRA, C.A. (2009) *Tratamento de águas residuárias domésticas em reatores de biomassa dispersa e biomassa aderida*. Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.
- BRANCO, S.M. (1978) *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 2 ed. São Paulo: CETESB. 620 p.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. (2008) Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008. 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. Belo Horizonte: Diário Executivo.
- DAVIS, M.L. (2010) *Water and wastewater engineering: design principles and practice*. New York: McGraw-Hill.
- JORDÃO, E.P. & PESSÔA, C.A. (2014) *Tratamento de esgotos domésticos*. 7 ed. Rio de Janeiro: ABES. 1087 p.
- METCALF & EDDY/AECOM. (2014) *Wastewater engineering: treatment and resource recovery*. Revised by George Tchobanoglous et al. 5 ed. New York: McGraw-Hill. 2018 p.
- ODUM, E.P. & BARRETT, G.W. (2005) *Fundamentals of ecology*. 5 ed. Belmont: Thomson Brooks/Cole. 598 p.
- RUIZ-MARÍN, A.; CAMPOS-GARCIA, S.; ZAVALA-LORÍA, J.; SOLANA, F.; CANEDO-LÓPEZ, Y. (2009) Assessment of *Luffa cylindrica* as support in biofilms reactors for the biological treatment of domestic wastewater. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 199, n. 1-4, p. 13-21.
- SOUSA, J.T.; HENRIQUE, I.N.; OLIVEIRA, R.; LOPES, W.S.; LEITE, V.D. (2008) Nitrification in a submerged attached growth bioreactor using *Luffa cylindrica* as solid substrate. *African Journal of Biotechnology*, v. 7, n. 15, p. 2702-2706.
- VIANNA, M.R.; MELO, G.C.B.; VIANNA NETO, M.R. (2012) Wastewater treatment in trickling filters using *Luffa cylindrica* as biofilm supporting medium. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v. 6, n. 2, p. 57-66.
- WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. (2010) *Design of municipal wastewater treatment plants*. 5 ed. Alexandria: WEF Press. 2956 p.