

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM *WETLANDS* COM LEITO DE BAMBU: Características hidráulicas de filtros orgânicos.

Vinícius de Barros Souza^{1*} (IC), Flávia Martins de Queiroz (PQ)

¹ Endereço: Br 153 Quadra Área Km 99 - Zona Rural, Anápolis -
GO, CEP 75132-903- Email: viniciuswg@hotmail.com

Resumo: Neste trabalho foram construídos dois filtros orgânicos com meio suporte constituído de anéis de bambu, das espécies *Bambusa Multiplex* e *Bambusa Textilis Gracilis*, e um filtro preenchido com brita #0 para tratamento de esgoto proveniente de sobrenadante de tanque séptico. Com o objetivo de avaliar as características hidráulicas e a eficiência filtrante do bambu em relação à brita #0, foram realizadas análises laboratoriais de pH, turbidez, Carbono Orgânico Total (COT), Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais (ST). Os filtros foram colocados em atividade no mês de julho por períodos de oito horas diárias durante quatro dias. Os resultados demonstraram que a remoção de Sólidos Totais foi baixa em todos os filtros avaliados, sendo a maior remoção de 4,49% para o leito com brita #0. No entanto, em relação aos demais parâmetros, os filtros com leito de bambu apresentaram maior eficiência em relação à brita #0, com destaque para a remoção de matéria orgânica, em termos de COT, de 64,50% no filtro com leito de *T. Gracilis* e remoção de 30,0% de turbidez no efluente do filtro preenchido com *B. Multiplex*.

Palavras-chave: Saneamento. Esgoto. Tratamento. Filtro orgânico. Bambu.

Introdução

O diagnóstico do saneamento no Brasil indica que 50,3% da população têm acesso à coleta dos esgotos (SNIS, 2015), o que significa que a outra parcela, mais de 100 milhões de brasileiros, adota medidas alternativas, seja através de fossas ou lançamento *in natura* nos rios. O Instituto Trata Brasil (2015) aponta que do total coletado, somente 42,67% dos esgotos são tratados.

Segundo Zanella (2008), o Brasil é um dos países de grande destaque mundial em pesquisas e implementação de tecnologias anaeróbias para o tratamento de esgotos sanitários, porém, o tratamento de efluentes por processos anaeróbios necessita de tratamento complementar, ou sistemas de pós-tratamento, que possibilitem a adequação do efluente aos parâmetros legais exigidos para o despejo. Além disso, um dos empecilhos para a adoção dos filtros anaeróbios em escala real refere-se ao custo do material de enchimento que pode ter a mesma ordem de grandeza que o valor da própria construção do reator (VAN HAANDEL E LETTINGA, 1994).

Os *wetlands* construídos despontam como uma alternativa potencialmente viável nesse quesito devido, principalmente, aos baixos custos de operação envolvidos e ao apelo ecológico que possuem (ZANELLA, 2008). Esses sistemas são considerados filtros biológicos por possuírem meio filtrante constituído de material orgânico ou inorgânico, dentro dos quais microrganismos, capazes de promover reações de depuração da água se alojam. Esses microrganismos, com sua diversidade genética e adaptabilidade funcional são capazes de degradar substâncias diversas presentes na água, promovendo, assim, seu crescimento (DIAS POÇAS, 2015).

Com o intuito de minimizar os custos de tratamentos convencionais de esgoto e diminuir o impacto das atividades humanas sobre os recursos naturais, vários autores, tais como Zanella (2008), Sezerino (2015), Lo Monaco et. al. (2002), Costa Couto (1993), Matos (2006), entre outros, têm utilizado filtros orgânicos como alternativa para o tratamento de águas residuárias. Zanella (2008) ressalta que a utilização de anéis de bambu como meio suporte nos *wetlands* construídos pode facilitar, ainda mais, a sua utilização em áreas rurais, já que o bambu é facilmente encontrado em todo o território nacional. Para Tonetti et. al. (2011), em localidades onde o bambu é amplamente disponível, o uso do seu caule cortado em pequenos pedaços como material de recheio pode ser viabilizado.

Diante disso, este trabalho busca avaliar as características hidráulicas dos filtros orgânicos com leito constituído de anéis de bambu da espécie *Bambusa Multiplex* e *Bambusa Textilis Gracilis*, a eficiência na remoção de sólidos totais e carbono orgânico total, e o potencial do bambu como meio filtrante de efluente de pós-tratamento de tanque séptico, tendo-se por referencial de comparação o leito com brita #0.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET) da Universidade Estadual de Goiás, em Anápolis-Go (16°19'36" Sul e longitude de 48°57'10").

3.1 Ensaios de caracterização, índices físicos e permeabilidade dos materiais filtrantes

Para caracterização da brita foi realizado ensaio de granulometria de acordo com a metodologia da norma ABNT NM 248/2003 e as definições da ABNT NBR 7211/2009. Devido as características do material, esse ensaio não foi realizado com

os anéis de bambu. Por isso, determinou-se o índice de forma dos anéis e da brita #0 de acordo com a formulação apresentada pela ABNT NBR 7809/2008, com adaptações.

Foram determinados os índices físicos do bambu e da brita tais como, peso específico dos grãos, índice de vazios e porosidade, utilizando-se recipientes de volumes conhecidos, preenchidos com os respectivos materiais, de modo a alcançar o menor volume de vazios. Em seguida foram completados com água para se determinar o volume de água ocupado nos vazios. A água foi drenada e feita a pesagem e aferição da temperatura.

O material granular contido nos recipientes foi pesado e seco em estufa de convecção forçada à 105 °C durante 3 horas. Após esses procedimentos, pôde-se quantificar o volume de água absorvido pelos anéis e pela brita e determinar o volume de vazios, o volume e a massa dos anéis e da brita, e o volume total dos recipientes. Conhecido essas grandezas, os índices físicos foram determinados pelas formulações correntes na literatura.

O ensaio de permeabilidade à carga constante da brita foi realizado em permeâmetro convencional de 15 cm de diâmetro e 28 cm de comprimento, de acordo com a metodologia da ABNT NBR 13292/1995.

O mesmo ensaio foi realizado com bambu, sendo os anéis previamente imersos em água por 72 horas para absorção de água. Para tal, construiu-se um permeâmetro compatível com as dimensões dos anéis de bambu, conforme ABNT NBR 13292/1995, em PVC de 200 mm de diâmetro e 0,95 m de comprimento, no qual foram inseridos quatro piezômetros ao longo da coluna para a leitura de diferentes cargas hidráulicas (0,45 m, 0,51 m, 0,61 m, 0,65 m e 0,70 m).

3.2 O experimento com os filtros

O experimento constitui-se de um módulo com três filtros cilíndricos de PVC (Figura 1), de fluxo vertical descendente, com altura de 1,34 m, 200 mm de diâmetro e capacidade volumétrica de 0,0653 m³. As distâncias entre o centro de cada filtro e entre a saída dos filtros e o solo eram de 0,50 m e 0,22 m, respectivamente.

O esgoto utilizado, proveniente do sobrenadante de tanque séptico, foi aplicado nos filtros por gravidade. Para isso, um reservatório primário, com capacidade de 5 m³, posicionado 0,58 m acima da entrada dos filtros era abastecido e interligado em série a um reservatório secundário de 0,250 m³. Nesse último, instalou-se boia de nível a 0,32 m acima da base e a partir dele o esgoto foi

distribuído aos filtros, à montante dos quais instalou-se registro de esfera para controle da vazão. Após passar pelo material filtrante, o efluente era descartado.

Os filtros foram preenchidos com camada de 0,40 m de material filtrante. Dois deles receberam os anéis de bambu das espécies *Bambusa Multiplex* e *Bambusa Textilis Gracilis*, e o terceiro, brita #0. Esses materiais foram colocados sobre peneira de PVC encaixada na parede do filtro. Os materiais orgânicos foram compactados manualmente de modo a atingir um volume mínimo de vazios, sendo sobreposto a ele uma camada de seixo rolado utilizado no ensaio de permeabilidade. No filtro com brita #0 esses procedimentos não foram adotados. A Figura 1 apresenta o esquema (A) e a foto de um desses filtros (B) com detalhes (C) e (D).

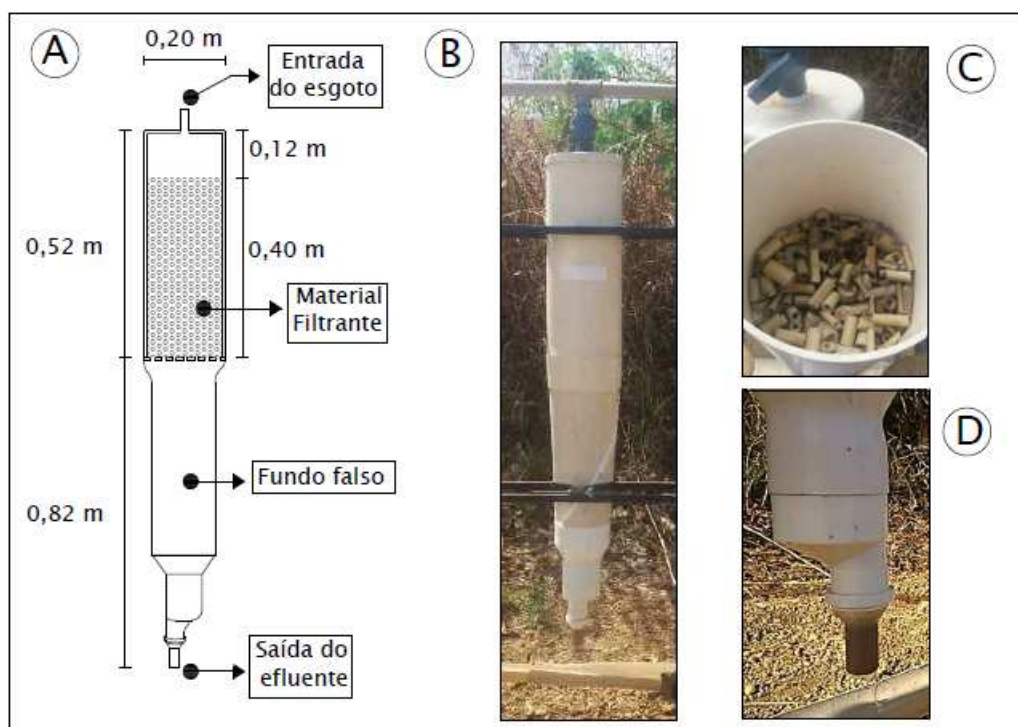


Figura 1: Esquema do filtro em corte (A), vista externa (B), vista interna do reator com anéis de bambu (C) e detalhe da saída inferior (D).

Os bambus da espécie *Bambusa Multiplex* e *Bambusa Textilis Gracilis* são nativos da Ásia e encontrados em algumas partes da América do Sul, incluindo o Brasil. A espécie *B. Multiplex* foi coletada numa área restrita da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia, destinada ao cultivo de bambu e outras culturas. A espécie *T. Gracilis*, conhecida como Bambu Jardim, foi coletada no município de Caldas Novas, em Goiás. As hastes colhidas tiveram as extremidades descartadas e o corte em anéis foi realizado por meio de serra policorte.

Os registros dos filtros foram abertos manualmente em posições tais que promovessem maior vazão quanto maior a permeabilidade do meio suporte.

A aplicação de esgoto foi intermitente e iniciou-se em 05 de julho de 2017, com 8 horas diárias de aplicação durante quatro dias de experimento (05/jul, 06/jul, 07/jul, 10/jul).

3.3 Coleta das amostras e análises laboratoriais

Do esgoto afluente era retirada uma amostra por dia, diretamente do reservatório secundário. Já o esgoto efluente era amostrado três vezes ao dia (9h00min, 11h00min e 15h00min) e determinada sua vazão.

A coleta de amostras era feita diretamente na saída dos filtros e encaminhadas ao laboratório para determinação da turbidez, pH, Carbono Orgânico Total (COT), Sólidos Totais (ST), Condutividade Elétrica (CE) e Temperatura.

A avaliação da eficiência na remoção dos tratamentos foi feita a partir da aplicação dos resultados à equação proposta por Almeida (2005):

$$E(\%) = \frac{C_e - C_s}{C_e} \times 100 \quad (1)$$

Sendo E(%): eficiência percentual; C_e : concentração de entrada; C_s : concentração de saída.

Resultados e Discussão

O ensaio de granulometria da brita permitiu classificá-la como brita #0. Quanto aos índices de forma, foi obtido o valor de 4,5 para a espécie *T. Gracilis*, 2,8 para a espécie *B. Multiplex* e 2,3 para a brita #0. Esse índice indica a qualidade de um material em relação a sua forma, considerando que os grãos que apresentam dimensões uniformes (forma cúbica) terão índice próximo de 1. Sendo assim, os grãos de brita são mais regulares que os anéis de bambu.

Estão apresentados na Tabela 1 os valores referentes aos índices físicos e à permeabilidade à carga constante dos materiais avaliados.

Tabela 1: Propriedades dos anéis de *B. Multiplex*, *T. Gracilis* e brita #0.

Propriedade	<i>B. Multiplex</i>	<i>T. Gracilis</i>	Brita #0
Índice de vazios	1,446 ± 0,067	2,422 ± 0,015	0,855 ± 0,055
Porosidade (%)	58,86 ± 1,021	71,07 ± 0,326	45,97 ± 1,731
Peso específico dos grãos (KN.m ⁻³)	10,96 ± 0,159	10,62 ± 0,284	26,39 ± 0,095
Permeabilidade* K ₂₀ °C (m.s ⁻¹)	1,72x10 ⁻³	1,96x10 ⁻³	1,07x10 ⁻³

*à carga constante.

Do ponto de vista técnico, o filtro com leito de anéis de *T. Gracilis* apresenta vantagens significativas, uma vez que este material apresenta o maior índice de vazios e porosidade em relação aos demais (Tabela 1). Essas propriedades favorecem a circulação do esgoto e do ar no leito filtrante, propiciando a formação de cultura biológica, além de reduzir as chances de colmatção. Quanto maior o índice de vazios proporcionado pelo material, maior o volume efetivo conseguido no sistema (ZANELLA, 2008).

As vazões nos filtros diminuíram ao longo dos dias de atividade devido o processo de colmatção, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2: Vazão diária nos filtros (média).

Dia de atividade	Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		
	Brita #0	<i>T. Gracilis</i>	<i>B. Multiplex</i>
1º	1,04E-05	3,90E-05	2,14E-05
2º	4,81E-06	1,86E-05	9,70E-06
3º	1,34E-06	9,22E-06	6,86E-06
4º	5,00E-07	1,01E-05	5,23E-06

O resultado para as análises de Temperatura (T), pH, Condutividade Elétrica (CE), Turbidez, Sólidos Totais (ST) e Carbono Orgânico Total (COT) são apresentados na Tabela 3. Ressalta-se que os valores são as médias das amostras colhidas nos três horários estabelecidos, exceto para o esgoto afluente.

Tabela 3: Resultados médios de análises laboratoriais do 1º ao 4º dia de atividade.

Dia	Tratamento	T* (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Turbidez (NTU)	ST (mg/L)	COT (ppm)
1º	Esgoto afluente	19,40	7,30	1551,00	148,00	1070,00	5,03
	Brita #0	20,65	7,56	1508,50 $\pm$ 92,63	114,50 $\pm$ 4,95	1062,00 $\pm$ 5,65	3,93 $\pm$ 0,34
	<i>T. Gracilis</i>	20,95	7,42	1504,00 $\pm$ 67,88	112,15 $\pm$ 46,45	1063,00 $\pm$ 7,07	3,81 $\pm$ 0,52
	<i>B. Multiplex</i>	21,10	7,58	1507,50 $\pm$ 68,59	103,40 $\pm$ 48,93	1058,00 $\pm$ 9,89	4,43 $\pm$ 0,45
2º	Esgoto afluente	17,60	7,41	1498,00	99,70	1060,00	6,52
	Brita #0	22,30	7,55	1438,00 $\pm$ 26,15	88,60 $\pm$ 18,71	1058,67 $\pm$ 9,29	3,41 $\pm$ 0,61
	<i>T. Gracilis</i>	21,30	7,57	1439,33 $\pm$ 56,58	104,53 $\pm$ 10,91	1038,00 $\pm$ 36,59	3,23 $\pm$ 1,64
	<i>B. Multiplex</i>	20,97	7,58	1433,00 $\pm$ 56,50	73,80 $\pm$ 6,12	1039,00 $\pm$ 17,0	4,34 $\pm$ 1,32
3º	Esgoto afluente	20,50	7,50	1448,00	88,10	1065,00	6,54
	Brita #0	20,53	7,59	1421,67 $\pm$ 7,63	82,33 $\pm$ 15,55	1064,33 $\pm$ 6,11	3,56 $\pm$ 0,47
	<i>T. Gracilis</i>	24,83	7,63	1325,67 $\pm$ 117,3	97,60 $\pm$ 4,09	1064,67 $\pm$ 3,05	2,32 $\pm$ 0,64
	<i>B. Multiplex</i>	24,87	7,72	1323,33 $\pm$ 103,2	84,73 $\pm$ 10,18	1059,67 $\pm$ 12,58	2,74 $\pm$ 1,50
4º	Esgoto afluente	20,40	7,72	1442,00	99,10	1054,00	6,63
	Brita #0	22,90	7,60	1500,67 $\pm$ 6,43	95,73 $\pm$ 9,60	1006,67 $\pm$ 14,15	4,93 $\pm$ 0,13
	<i>T. Gracilis</i>	22,20	7,90	1415,00 $\pm$ 31,0	92,37 $\pm$ 11,18	1058,00 $\pm$ 16,09	3,12 $\pm$ 0,78
	<i>B. Multiplex</i>	22,07	7,93	1420,67 $\pm$ 37,0	93,83 $\pm$ 13,25	1044,33 $\pm$ 28,74	4,15 $\pm$ 0,21

*T= temperatura; CE= condutividade elétrica à 25°C; ST= sólidos totais; COT= carbono orgânico total.

De modo geral, houve aumento do pH para todas as amostras analisadas, sendo o maior aumento verificado para o filtro com *T. Gracilis*, com uma variação de +0,48. Apesar do aumento, todas as amostras estão dentro do padrão estabelecido pela Resolução nº 430 do CONAMA (2011) para lançamento de efluentes em corpo d'água receptor (entre 5,0 e 9,0). Verifica-se também, com exceção do filtro com brita no 4º dia, que houve tendência dos efluentes dos filtros apresentarem pH ligeiramente mais elevado que o esgoto afluente.

Os filtros com meio suporte de bambu apresentaram uma tendência de redução de CE mais favoráveis que a brita, com eficiência de 8,61% (*B. Multiplex*) e 8,45% (*T. Gracilis*) contra 3,90% da brita #0.

Em relação aos sólidos totais, o filtro com brita #0 apresentou a maior remoção (4,49%), seguido do filtro com *B. Multiplex* (2,35%) e *T. Gracilis* (2,07%). De modo geral, a remoção de ST foi baixa, comparando-se aos resultados obtidos por Queiroz et. al. (2004), que obtiveram redução média de 53,01% de ST ao estudar filtro anaeróbico com meio suporte de bambu como pós-tratamento de reator anaeróbico. Lo Monaco et. al. (2002) obtiveram remoções de sólidos totais de até 65% quando se utilizou meio filtrante constituído por serragem de madeira e de 40% com bagaço de cana-de-açúcar, no tratamento de águas residuárias da despolpa de frutos do café.

Ao compararmos à brita utilizada nesse estudo com a brita nº4, que segundo Queiroz et. al. (2004) é o material mais utilizado para enchimento de filtros no Brasil, os resultados não são satisfatórios. Costa Couto (1993), que empregou como recheio anéis de plástico e brita nº4, obteve remoção entre 70 e 80% de sólidos suspensos totais para ambos os materiais. O desempenho abaixo do verificado na literatura pode ser explicado devido as características do esgoto bruto utilizado.

Daltro e Povinelli (1989), ao compararem filtros com alturas de 1,86 e 0,67 m, obtiveram desempenhos semelhantes. Tais resultados demonstram que a altura dos filtros utilizados no experimento não exerce grande influencia no desempenho.

Os filtros apresentaram remoção de matéria orgânica, em termos de COT, alcançando eficiência de até 64,5% para o filtro com anéis de *T. Gracilis*. Resultados como esse foram constatados por outros autores, tais como Tonetti et. al. (2004) que obtiveram redução de 62,41% ao avaliar efluente de filtro anaeróbico com recheio de bambu.

Os demais filtros apresentaram eficiência na remoção de COT de 58,10% (*B. Multiplex*) e 47,69% (brita #0), como pode ser verificado na Figura 2. A partir desses resultados, pode-se estabelecer uma relação entre a eficiência dos filtros com a porosidade dos materiais de enchimento, à medida que a eficiência dos materiais ensaiados, no tocante a remoção de COT, foi tanto maior quanto maior a porosidade do material. Isso ocorre porque a presença de poros implica no aumento efetivo da área superficial de aderência, colaborando para uma melhor retenção de carbono orgânico presente no esgoto.

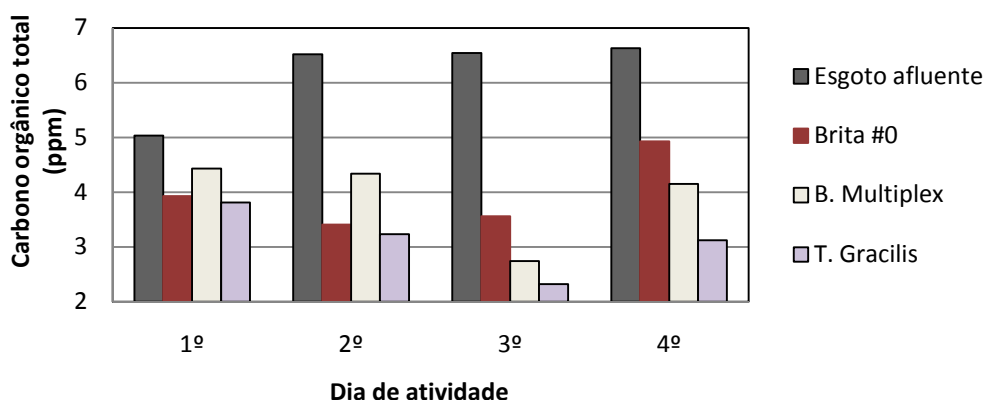


Figura 2: Variação da média de COT ao longo do experimento.

Verifica-se a partir da Figura 2 que no 4º dia os valores de COT nos efluentes dos filtros orgânicos se elevaram, não mantendo o mesmo decaimento em relação aos dias anteriores. Possivelmente esse resultado tenha sido consequência da interrupção do experimento durante o final de semana. Com essa interrupção, a biomassa no leito filtrante pode ter aumentado em decorrência da falta de alimento, matéria orgânica, contribuindo para a saturação do reator, de modo que, ao se iniciar as operações no 4º dia, a biomassa tenha sido eliminada com o efluente e elevado os valores de COT.

Quanto aos resultados de turbidez, a Figura 3 evidencia que o próprio esgoto reduziu a turbidez ao longo dos dias, possivelmente por ter havido sedimentação de sólidos, apresentando resultados até melhores que o próprio filtro com anéis de *T. Gracilis*. Esse resultado não era esperado, pois de acordo com a literatura, o alto índice de vazios contribui para a retenção de biomassa no interior do reator, produzindo efluente com baixa turbidez. Somente no quarto dia a turbidez desse filtro voltou a ser menor que do esgoto bruto, e inclusive, apresentando a maior remoção nesse dia (6,79%). Tonetti (2008), ao avaliar filtros anaeróbios com recheio de bambu, verificou remoções de turbidez maiores nas últimas semanas analisadas

e apontou o desprendimento de materiais da estrutura do bambu presente no recheio como possível fonte de contaminação do efluente.

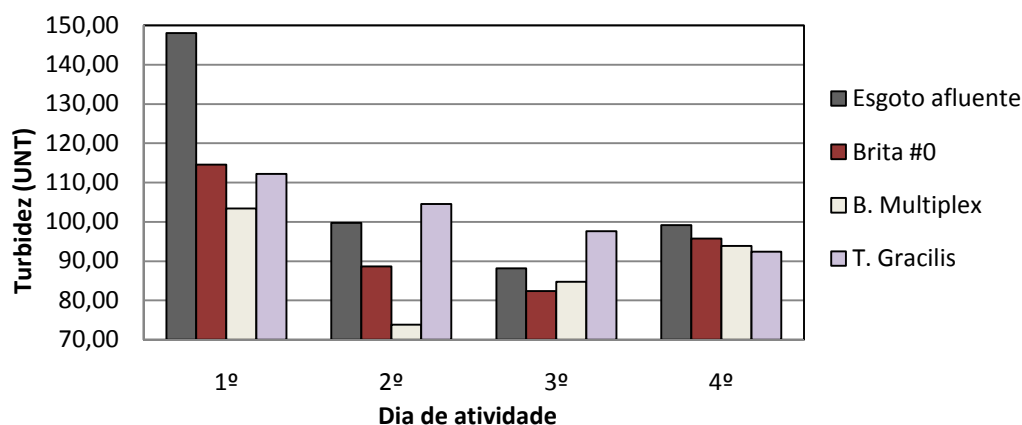


Figura 3: Valores de turbidez das amostras de esgoto afluente e efluente dos filtros.

O filtro com *B. Multiplex* apresentou o maior desempenho na remoção de turbidez, chegando a uma eficiência de $28,05 \pm 8,64\%$ nos primeiros dois dias de aplicação. Esse resultado corrobora com Tonetti (2008) que obteve uma remoção de $25,9 \pm 35,3\%$ no efluente de filtros anaeróbios com leito de bambu.

Considerações Finais

Com base no percentual de remoção de sólidos totais, os filtros avaliados apresentaram eficiência abaixo do verificado na literatura. Apesar disso, em relação aos demais parâmetros, os filtros com leito de bambu apresentaram maior desempenho em relação ao referencial de comparação, com destaque para a remoção de matéria orgânica, em termos de COT, de 64,50% no filtro com leito de *T. Gracilis* e remoção de 30,13% de turbidez no efluente do filtro com *B. Multiplex*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Universidade Federal de Goiás e à Universidade Estadual de Goiás.

Referências

ALMEIDA, R.A. Remoção de coliformes do esgoto por meio de espécies vegetais. Revista Eletrônica de Enfermagem, v.07, n.03, p.308-318, 2005. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/fen/article/view/902/1097>> Acesso em: 09 de ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação, Rio de Janeiro, 2009, 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809**: Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio, Rio de Janeiro, 2008, 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13292**: Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. Rio de Janeiro, 1995, 8p.

CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 10 ago. 2017.

COSTA COUTO, L. C., **Filtro anaeróbico com bambu para tratamento de esgotos domésticos**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP. Dissertação de Mestrado. 1993.

DALTRO FILHO, Jose; POVINELLI, Jurandyr Desempenho do sistema decanto-digestor filtro anaeróbico de camada suporte reduzida, para o tratamento de esgotos sanitarios In: Anais do Vigésimo Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitaria, ABES, Belem, p.226-239, 1989.

DIAS POÇAS, CRISTIANE. **Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: Controle de nutrientes**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública USP. São Paulo, 2015, 93 p.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking de Saneamento 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

Lo MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; MARTINEZ, M.A.; JORDÃO, C.P. Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - MG, v.10, n.1-4, p.40-47, 2002.

MATOS, A.T.; MAGALHÃES, M.A.; FUKUNAGA, D.C. Remoção de sólidos em suspensão na água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro em filtros constituídos por pergaminho de grãos de café submetido a compressões. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.610-616, 2006.

QUEIROZ, S.C.B.; NAVAL, L. P.; SILVA, G. G. Avaliação da eficiência de um filtro anaeróbico com recheio de bambu utilizado como pós-tratamento de um reator UASB em escala real. Apresentado em: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 29, San Juan, Ago. 2004.

SEZERINO, P. H.; BENTO, A.P.; DECEZARO, S.T.; MAGRI, M.E.; PHILIPPI, L.S. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.20, n.1, p.151-158. 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEMANETO (SNIS). **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto 2015**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

TONETTI, A. L. Tratamento de esgotos pelo sistema combinado filtro anaeróbico e filtros de areia. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008, 131 p.

TONETTI, A.L.; FILHO, B. C.; Guimarães, J. R., CRUZ, L. M. O., NAKAMURA, M. S. **Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio**. *Eng. Sanit. Ambient.* 2011, vol.16, n.1, p.11-16.

TONETTI, A.L.; CORAUCCI F., B; STEFANUTTI, R.; FIGUEIREDO, R. F. O emprego do filtro de areia no pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbico. Senare. **Revista técnica da Sanepar**, Curitiba, v.21, n. 21, p. 42-52, jan/jun 2004.

VAN HAANDEL, A. C; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbico de esgotos. Um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande, EPGRAF, 1994, 199 p.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, 2008, 219p.