

III-021 – BIOFILTRO AERADO SUBMERSO APLICADO AO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO: AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA E DO POTENCIAL DE FIXAÇÃO DE BIOFILME EM UM MEIO SUPORTE ALTERNATIVO

Adilson Moacir Becker Junior⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental – UNISC, membro do grupo de Pesquisa em Reciclagem de Plásticos, bolsista FAPERGS.

Adriane Lawisch Rodríguez

Doutora em Engenharia/TU-Berlim-Alemanha, Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia da UFRGS; Engenheira Química pela Escola de Engenharia da PUCRS. Professora do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

Chanteli Dalpisol

Graduanda em Química Industrial – UNISC, membro do grupo de Pesquisa em Reciclagem de Plásticos, bolsista PUIC.

Mebur Bardini

Graduando em Engenharia Ambiental – UNISC, membro do grupo de Pesquisa em Reciclagem de Plásticos.

Cláudia Mendes Mählmann

Mestre em Ciências - Área de Concentração Física - pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Professora do Departamento de Química e Física, Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Vereador Ivo Cláudio Wiegel, 276 – Bairro Universitário –Santa Cruz do Sul – RS – 96815542 – Brasil – Tel: (51)3717-6230 – **e-mail:** adilsonbecker.jr@gmail.com

RESUMO

Frente à necessidade de novas tecnologias de tratamento de efluentes, avançam cada vez mais pesquisas relacionadas aos processos biológicos de tratamento. Entre estes, o Biofiltro Aerado Submerso tem destaque, no qual consiste em um reator com meio suporte de enchimento submerso, visando a aderência dos microrganismos. O presente trabalho visa avaliar a possibilidade de aplicação de um Biofiltro Aerado Submerso para tratamento de efluente da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Foi utilizado um reator de acrílico em escala laboratorial, com altura total de 50 cm, diâmetro de 10 cm e volume útil de 2 litros. A estrutura interna do reator é composta por materiais de enchimento obtidos a partir de Polipropileno (PP) pós consumo e 10% resíduo de erva mate. O sistema funcionou em batelada, sendo que a cada doze horas foi trocado 500 a 700 mL de efluente tratado por efluente bruto. A avaliação do processo foi realizada em função de aspectos visuais, como formação de biofilme e avaliação de parâmetros físico-químicos, tais como DBO_5 , pH e turbidez. Além disso, trabalhou-se com uma metodologia para avaliação das massas dos corpos de enchimento usados no meio suporte, a fim de se obter as variações de perda de massa após a utilização e o percentual de biomassa aderida. Dentre os resultados obtidos, destaca-se uma boa aderência dos microrganismos nos meios suportes e, consequentemente, em um tratamento confirmado sob aspecto visual. Além disso, os ensaios confirmaram uma redução de DBO_5 de aproximadamente 80% e reduziram em média 97% em relação à turbidez. Já em relação às avaliações de massa, obteve-se uma variação de 3,54 % por corpo de prova para biomassa aderida e uma média de 1,10% de perda de massa. Assim, com os resultados atingidos, confirma-se a possibilidade de aplicação dos materiais de suporte utilizados, bem como uma boa eficiência de tratamento no reator. Todavia, salienta-se a dificuldade devido à baixa carga orgânica do efluente, característico de efluentes de universidades.

PALAVRAS-CHAVE: Biofiltros, Meio Suporte, Efluente, Resíduos Plásticos, Biomassa Aderida.

INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros populacionais tem levado ao consumo excessivo de água e à geração de elevados volumes de efluentes domésticos e industriais. Ao serem despejados com suas características poluentes causam alterações físicas, químicas e biológicas nos corpos receptores e, consequentemente, a sua poluição. Com isso, torna-se necessário o estudo de alternativas de tratamento para diminuir a poluição da água oriunda dos lançamentos de esgoto *in natura*.

O tratamento biológico de efluentes, processo mais comumente empregado para a realidade brasileira, consiste na reprodução das condições ideais dos fenômenos naturais que ocorrem na autodepuração dos rios e no solo, na qual os microrganismos são responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e nutrientes. O desenvolvimento de reatores justifica-se para aumentar a velocidade das reações sob condições controladas e, assim, diminuir o tempo do processo. [SEITENFUS, 2007]

O processo de Biofiltro Aerado Submerso (BAS), classificado como um processo biológico, é constituído por um tanque preenchido com um material poroso ou estruturado submerso, através do qual efluente e ar fluem permanentemente. [GONÇALVES, 2002]. O fluxo de ar nos BAS só é viável no fluxo ascendente, devido ao estado de permanente imersão do meio suporte. Portanto, existem duas possibilidades de fluxo hidráulico: co-corrente e contra-corrente, sendo este último o utilizado no presente trabalho.

A biofiltração é um processo que utiliza microrganismos imobilizados em um leito fixo de material poroso. Os reatores com biomassa aderida a um meio suporte garantem elevados tempos de retenção de sólidos, sem que para isso se faça necessário a recirculação de lodo. [FONTANA, 2007]. Além disso, Gonçalves (2002) cita que os meios suportes devem ter características tais quais possibilitem a fixação dos microrganismos.

Todavia, para que essa adesão de microrganismos aconteça nos materiais de enchimento, seguem-se três processos: adsorção, adesão e aderência. Essa fixação depende da comunidade microbiana, como também de suas atividades metabólicas e a superfície disponibilizada. [WIJYEKOON, 2004, *apud* ALMEIDA, 2007]. O biofilme aderido é dado pela adesão microbiana, que a partir da reprodução dos microrganismos, há produção de substâncias poliméricas, formando uma matriz gelatinosa heterogênea no material. [LESSARD e LE BIHAN, 2003, *apud* ALMEIDA, 2007].

Além da problemática de efluentes líquidos, tem-se a necessidade gerir resíduos sólidos corretamente, buscando o aumento do tempo de vida dos resíduos da atualidade, reutilizando e reciclando-os quando possível. Surgem assim alternativas de elaboração de novos materiais, como compósitos, onde se tem a mistura de uma matriz polimérica com um resíduo que confira a este novo material um acréscimo nas propriedades ou mesmo uma redução no seu valor econômico, enfatizando também a sustentabilidade do processo.

O presente trabalho tem, portanto, como objetivo, dar sequência aos estudos realizados com materiais compósitos de Polipropileno (PP) Pós Consumo e Resíduo de Pó de erva mate como alternativa em processos BAS, utilizando-os como materiais suporte no sistema. Concomitantemente ao potencial de fixação, o trabalho visa analisar a eficiência do processo biológico aplicado ao tratamento de efluentes de campus universitário.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais de enchimento foram obtidos utilizando-se Polipropileno (PP) pós consumo como matriz, juntamente com um resíduo de uma indústria de erva-mate como material de reforço/carga. Optou-se por trabalhar com compósitos com teor de resíduo 10%.

Dentre as estruturas possíveis para serem utilizadas como enchimento encontram-se estruturas Intalox Saddle; Anel de Pall e Anel de Rasching. A Figura 1 mostra as estruturas que foram feitas a partir do compósito e com a geometria semelhante àquelas descritas por MYCOCK como **a**) Intalox Saddle **b**) Anel de Pall e, **c**) Anel de Rasching.

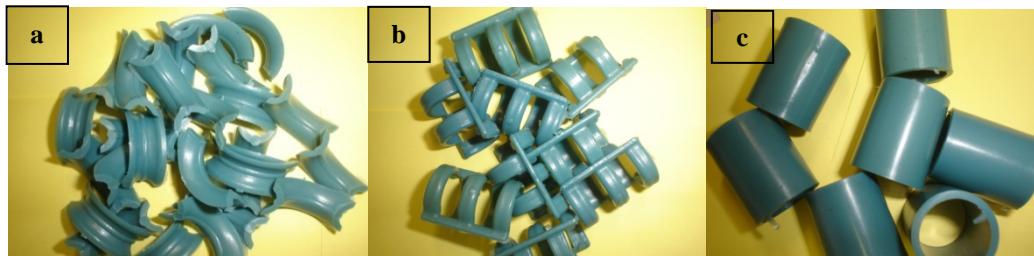


Figura 1 – Estruturas obtidas para material de enchimento.

O BAS foi elaborado conforme a configuração demonstrada na Figura 2:

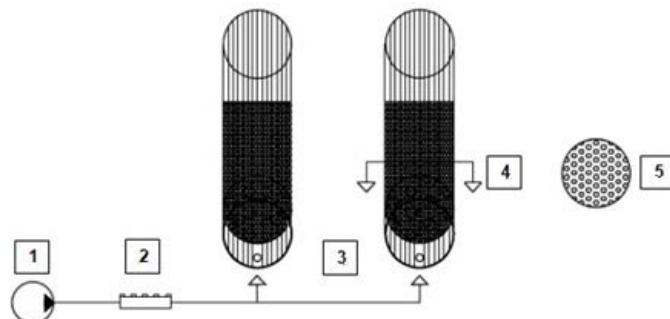


Figura 2 - Configuração dos reatores de bancada. 1) Compressor de ar. 2) Distribuidor de ar. 3) Canal de entrada de ar. 4) Corte. 5) Vista Superior do corte.

A metodologia utilizada foi baseada no trabalho elaborado por MAGRI (2007). Foi utilizado um reator feito de acrílico, com altura total de 50 cm, diâmetro igual a 10 cm e volume útil de 2 litros. A vazão de ar foi obtida através de um compressor de ar da marca BOYU, com uma vazão indicada de 4 L/min. A fim de controlar a quantidade de Oxigênio Dissolvido (OD), foi utilizado um Oxímetro Alfakit, modelo AT – 150. Para a composição interna do reator, optou-se pelas estruturas do tipo Anel de Pall, conforme Figura 3. Utilizou-se 256 gramas de material de enchimento, sendo que cada meio suporte representa, em média, 1,60 gramas.



Figura 3 – Estrutura do tipo Anel de Pall utilizada no sistema.

Na Figura 4 tem-se o reator em preparação e em utilização, respectivamente.

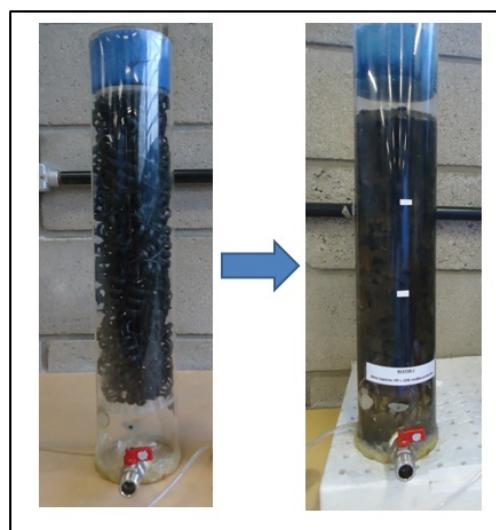


Figura 4 – Reator BAS antes e durante o tratamento.

Para a inoculação do sistema foi elaborada uma mistura de 25% de Lodo Ativado, proveniente de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) em atividade, e 75% do Efluente a ser tratado, originado da UNISC. O sistema funcionou em batelada, sendo que duas vezes por dia, em média, retirava-se uma quantidade de efluente (de 500 a 700 mL), para reintrodução de efluente como fonte nova de substrato para os microrganismos. Para manutenção de uma população microbiana com uma idade média, estabeleceu-se um mecanismo de limpeza dos biofiltros a cada 15 dias, bem como retirada do lodo em excesso em um ciclo de 10 a 12 dias.

A avaliação da eficiência do processo foi realizada em função de aspectos visuais, como formação de biofilme e avaliação de parâmetros físico-químicos, tais como DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio), pH e turbidez. Para avaliação de massa do material de enchimento utilizado, foi adotada uma metodologia de pesagem de todos os meios suportes trabalhados. Dividiu-se o reator em três zonas, de modo a avaliar separadamente cada zona em relação às massas dos materiais de enchimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O reator foi operado durante 130 dias. A partir do inóculo, a aclimatação do sistema durou aproximadamente quatro semanas, período pouco superior ao encontrado por REBAH *et al.* (2010). Posteriormente a isto, foi possível perceber a aderência dos microrganismos nos materiais de suporte. Esta característica também foi de encontro a uma maior eficiência visual no tratamento, podendo relacionar a incidência dos microrganismos com o funcionamento correto do reator. A Figura 5 exemplifica o resultado obtido.



Figura 5 – A. Reator com considerável incidência de massa microbiológica aderida e B. Detalhe para incidência da massa microbiológica

Apesar das variações nas características do efluente de entrada, característico de Estações de Tratamento de Campus Universitários [VERSIANI, 2005], obteve-se um tratamento considerável sob aspecto visual, conforme pode ser visto na Figura 6.

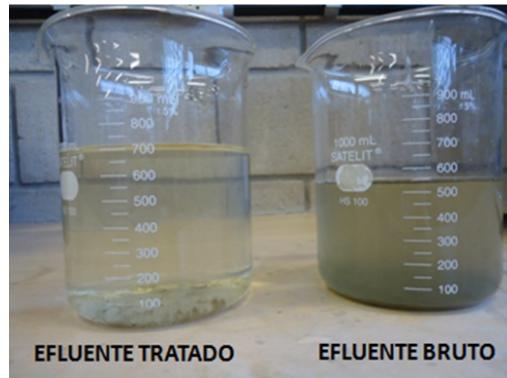


Figura 6 – Comparação visual entre efluente tratado e bruto.

Nos ensaios, foi obtida DBO_5 média de entrada equivalente a 146 mg L^{-1} , enquanto que para valor de saída obteve-se uma média de $26,63 \text{ mg L}^{-1}$. O sistema apresentou eficiências de 65 a 90%, com uma média de 78%. Todavia, essa variação deve-se a variabilidade na carga orgânica de entrada. Os resultados comentados podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das análises de DBO_5 .

Data	DBO_5 Efluente Bruto (mg L^{-1})	DBO_5 Efluente Tratado (mg L^{-1})	Eficiência (%)
20/04	188,50	24,50	87,00
13/05	115,00	31,00	73,00
10/06	210,50	26,00	87,60
30/06	70,00	25,00	64,30
Média	146,00	26,63	78,00

Para os ensaios de turbidez, foram obtidas médias de 125,95 NTU e 3,43 NTU respectivamente para entrada e saída do sistema, gerando uma eficiência média de 97% na remoção de turbidez, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados das análises de turbidez.

Data	Turbidez Efluente Bruto (NTU)	Turbidez Efluente Tratado (NTU)	Eficiência (%)
20/04	88,32	1,35	98,50
13/05	193,78	2,24	98,80
10/06	138,13	3,77	95,50
30/06	83,56	6,37	95,40
Média	125,95	3,43	97,00

Em relação ao pH, a média de entrada do efluente bruto ficou em torno de 8, enquanto que a média de saída do reator foi aproximadamente 7. O OD foi monitorado na parte superior do reator e também no efluente de saída, buscando-se valores entre 2 e 5 mg L^{-1} , variando de acordo com a DBO_5 de entrada.

Em estudo realizado por ZUCCO (2009), composto por BAS com suporte de caroços de pêssego para tratamento de efluente vinícola, obteve-se eficiência de remoção na turbidez igual a 73%, considerando-se um valor de entrada médio igual a 132 NTU e de saída 35 NTU. LUZIA (2009) desenvolveu um trabalho com filtros aeróbios para tratamento de lixiviado de aterro, utilizando como enchimento brita nº 3 e bambu. Com os reatores, foi obtida remoção média de 59% e 50% de DBO_5 , respectivamente, para meio suporte de bambu e brita nº 3, considerando-se um valor de entrada médio de 370 mg L^{-1} .

DELGADO (2009) trabalhou com reatores em sequencia (tanque séptico, reator anaeróbio e aeróbio), o autor obteve uma redução global de 97% da DBO_5 de seu efluente. Assim sendo, esta configuração proposta pode se utilizada para aumentar a eficiência do processo.

Para um BAS em escala real espera-se uma redução de em torno de 95% da DBO_5 . [VON SPERLING, 2005]. Todavia, justifica-se que, no ensaio piloto deste trabalho, houve uma entrada de DBO_5 relativamente baixa, dificultando eficiências maiores. Nota-se que o efluente de saída, entretanto, ficou sempre numa faixa próxima de DBO_5 .

Conforme descrito na etapa de metodologia, os materiais suportes foram quantificados e pesados em três situações diferentes: Pesagem após retirada do sistema; Pesagem após secagem 24h 60° C; e Pesagem após lavagem e secagem 24h 60° C. Para comparação, foram pesados 30 corpos de enchimento de fora do sistema, a fim de se obter o valor médio inicial das massas (peso branco). Para tal metodologia, o reator foi dividido em três zonas, sendo: Zona 3 – Parte Superior; Zona 2 – Parte Intermediária e Zona 1 – Parte Inferior do reator (Figura 7)

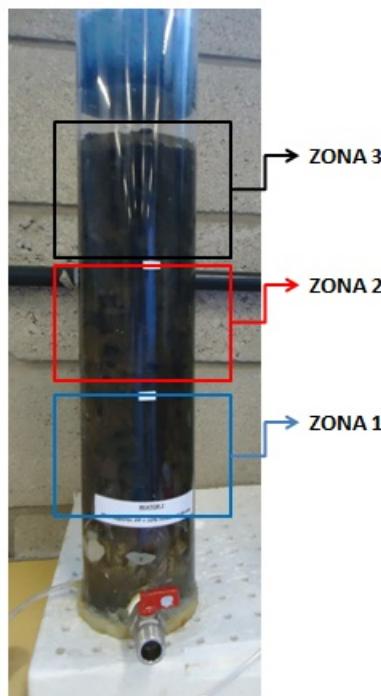


Figura 7 – Zonas do Reator BAS.

Na Tabela 3 têm-se os resultados obtidos para as massas médias unitárias dos corpos de enchimento.

Tabela 3 – Massas médias unitárias obtidas nas análises de massa.

Zonas	M. 1 (g)	M. 2 (g)	M. 3 (g)	Massa Inicial (g)
Média Geral	2,7846	1,5912	1,5368	1,5539
Zona 1 - Inferior	2,9573	1,6023	1,5383	1,5539
Zona 2 - Intermediária	2,9897	1,5937	1,5314	1,5539
Zona 3 - Superior	2,4068	1,5777	1,5406	1,5539

*M. 1 – Massa após a retirada do material, massa molhada; M.2 – Massa após secagem do material em estufa, com microrganismos aderidos preservados; M.3 – Massa após lavagem e novamente secagem do material em estufa, para limpeza total dos corpos de enchimento. M.I – Massa média obtida dos corpos de enchimento sem participação no processo (Peso Branco).

A seguir, na Tabela 4, é possível analisar a variação de massa decorrente das diferenças entre M.2 e M.3, totalizando a quantidade de biomassa aderida por corpo de enchimento.

Tabela 4 – Análise de Biomassa aderida nos corpos de enchimento

Zonas	M. 2 (mg)	M. 3 (mg)	Variação de Massa (%)	Biomassa Aderida (mg)
Geral	1591,2	1536,8	3,54%	54,44
ZONA 1 - Inferior	1602,3	1538,3	4,16%	63,99
ZONA 2 - Intermediária	1593,7	1531,4	4,07%	62,26
ZONA 3 - Superior	1577,7	1540,6	2,41%	37,07

Na Tabela 5, relaciona-se a M.3 com a Massa Inicial, de modo a verificar a variação de massa dos corpos de enchimento e a representação percentual desta.

Tabela 5 – Análise de Perda de Massa nos corpos de enchimento

Zonas	M. 3 (mg)	Massa Inicial (mg)	Variação de Massa (mg)	Variação de Massa (%)
Geral	1536,8	1553,9	17,11	1,10%
ZONA 1 - Inferior	1538,3	1553,9	15,58	1,00%
ZONA 2 - Intermediária	1531,4	1553,9	22,46	1,45%
ZONA 3 - Superior	1540,6	1553,9	13,28	0,85%

Por fim, na Tabela 6, têm-se as quantidades de corpos de enchimento por zona e em todo o reator, relacionadas com as massas totais do sistema. Através destes valores busca-se a quantificação de perda relativa em escala maior. Utilizou-se a massa média dos corpos de enchimento unitários multiplicada pelo número destes por zona, para obter o comparativo de perda de massa.

Tabela 6 – Número total e massa acumulada do sistema por zonas

Zonas	Número total	M. 1 (g)	M. 2 (g)	M. 3 (g)	M. Inicial (g)	Biomassa Aderida (g)	Perda de Massa (g)
Geral	150	416,65	238,62	230,51	233,08	8,11	2,57
Zona 1	46	136,03	73,71	70,76	71,48	2,94	0,72
Zona 2	52	155,46	82,87	79,63	80,80	3,24	1,17
Zona 3	52	125,16	82,04	80,11	80,80	1,93	0,69

*M. 1 – Massa após a retirada do material, massa molhada; M.2 – Massa após secagem do material em estufa, com microrganismos aderidos preservados; M.3 – Massa após lavagem e novamente secagem do material em estufa, para limpeza total dos corpos de enchimento. M.I – Massa média obtida dos corpos de enchimento sem participação no processo (Peso Branco). M. Inicial (g) – Massa relativa a multiplicação da média unitária inicial pelo número total de corpos de enchimento. Biomassa Aderida (g) – Diferença entre M.2 e M.3. Perda de Massa (g) – M. Inicial – M.3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho verificou-se boa eficiência no tratamento do efluente sanitário da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. Além disso, confirmou-se a possibilidade de utilização de materiais alternativos para enchimentos em reatores de tratamento biológico de efluentes. Notou-se considerável biomassa nos corpos de enchimento, ao passo que também se percebeu uma redução de massa nos mesmos. Pode-se destacar também que, ao utilizar os corpos de enchimento citados, otimiza-se também o contato ar/líquido.

Na sequência do estudo sugere-se a realização de comparativos de enchimento de materiais compósitos com um material polimérico inerte, de modo a avaliar a eficiência de tratamento concomitantemente a aderência e perda de massa em dois reatores distintos. Também será avaliada a propriedade dos meios suportes compósitos que propuseram uma eficiência de remoção relativa e ao mesmo tempo interagiram no interior do reator.

Sugere-se também, para pesquisas futuras, a busca por fontes de carbono adicional para o efluente bruto, em virtude da alta variação das características do mesmo, consequência direta da diluição por água de chuva ou baixo índice de movimentação populacional, problemática frequente em campus universitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, P. G. S. *Efeito de diferentes tipos de meio suporte no desempenho de filtros biológicos percoladores aplicados ao pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, com ênfase na nitrificação*. Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2007.
2. DELGADO, C. T. *Avaliação da Eficiência de Remoção de Matéria Orgânica em Filtros Biológicos Submersos Aerados*. Anais do 25º congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2009.
3. FONTANA, Hallan. *Biofiltro Aerado Submerso preenchido com carvão granular : Desempenho técnico e estudo de viabilidade econômica*. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento. São Carlos – SP, 2007.
4. GONÇALVES, R. F. et al. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme. In: CHERNICHARO (Coor.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: [s.n.], 2002. capítulo 4, p. 171-278.
5. LUZIA, M. R. Utilização de Filtros Aeróbios em escala de laboratório para o tratamento do lixiviado do aterro metropolitano de Gramacho. Anais do 23º congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2005.
6. MAGRI, E. M., “Aplicação de Biofiltros Aerados Submersos com os meios suportes: Cascas de ostras e tampas de Polietileno no pós-tratamento de efluentes de um tanque séptico”, Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2007.
7. QUADROS, V. A. Influência do meio suporte na remoção de matéria orgânica usando filtros biológicos anaeróbios. Anais do 25º congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2009.
8. REBAH et. al. Performance of two combined anaerobic-aerobic biofilters packed with clay or plastic media for the treatment of highly concentrated effluent. Desalination 253 (2010) 141–146.
9. SEITENFUS, N et al. Biofiltro aerado submerso como alternativa de tratamento do efluente do Núcleo Biotecnológico da Unoesc Campus de Videira. Evidência, Joaçaba (2007).
10. VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos / Marcos Von Sperling – 3. Ed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.
11. ZUCCO, E. Uso de Biofiltro Aerado Submerso no Tratamento de Efluente Vinícola com meio suporte de caroços de pêssegos – Estudo de caso na região do meio-oeste catarinense. Anais do 25º congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2009.