

II-136 - TRATAMENTO AVANÇADO DE EFLUENTE DE REATOR UASB POR MEMBRANA DE MICROFILTRAÇÃO VISANDO O REÚSO

André Aguiar Battistelli ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO. Mestrando em Engenharia Ambiental e Sanitária no PPGEA/UFSC.

Carlos Magno de Sousa Vidal

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo – USP.

Jeanette Beber de Souza

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo – USP.

Endereço ⁽¹⁾: Rua José João Martendal, 385. Cond. H.V. Junkes. Ap. 201 – Carvoeira - Florianópolis – Santa Catarina - CEP: 88040 - 420 - Brasil - Tel: +55 (42) 8408-5990 - e-mail: **Andre_abat@hotmail.com**

RESUMO

A baixa eficiência dos reatores UASB, no que se refere às remoções de nutrientes, patogênicos e matéria orgânica, faz com que seja necessário o pós-tratamento, a fim de melhorar a qualidade do efluente gerado. Assim sendo, investigou-se nesse estudo a utilização da microfiltração como alternativa ao tratamento avançado de esgotos visando o reúso. Para isso, foram coletadas amostras de efluente de reator UASB a fim de realizar ensaios em sistema piloto de microfiltração, utilizando-se em uma das amostras a pré-coagulação com tanino vegetal. O sistema empregado mostrou bons resultados em termos de remoção de turbidez, cor aparente, cor verdadeira, fósforo, NTK, ST, SST e DQO, atingindo na melhor condição operacional, os seguintes valores respectivamente: 1,90 uT, 15 uC, 10 uC, 0,94 mg/L, 17,64 mg/L, 123 mg/L, 0 mg/L e 10 mg/L, tendo obtido os seguintes percentuais de remoção 91,3%, 93,6%, 88,2%, 60,0%, 26,3%, 87,9%, 100% e 86,1% respectivamente. A inativação de *E. coli*, coliformes totais, colifagos e *Clostridium perfringens* obtida foi satisfatória variando de 2,41 à 6 log.

PALAVRAS-CHAVE: Pós-tratamento de esgoto, membranas filtrantes, reúso.

INTRODUÇÃO

O conjunto de atividades humanas, cada vez mais diversificado, juntamente com o crescimento populacional acelerado, tem ocasionado frequente degradação da qualidade da água além dos problemas associados à escassez desse recurso natural em determinadas regiões do planeta. Devido a esse problema é necessária a busca por usos mais eficientes dos recursos hídricos, incluindo a aceitação mais generalizada do reúso da água. Nesse contexto, o reúso das águas residuárias vem se tornando uma tendência em vários países. O reúso pode ser descrito como o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original (LAVRADOR FILHO, 1987).

As diversas possibilidades de reúso de águas residuárias dependerão, evidentemente, de características, condições e fatores locais, de modo que devem ser realizadas de maneira segura, confiável e sustentável (BDOUR *et al.*, 2009). Dessa forma, em se tratando de usos não potáveis, a substituição de água por esgoto tratado vem surgindo como uma alternativa viável que consegue aliar duas vantagens, aumentar a oferta de água e reduzir a poluição devido à menor descarga de efluentes contaminados no meio ambiente (AL-JASSER, 2011).

Segundo Schneider e Tsutiya (2001), a ótima qualidade obtida de efluente final quando se utilizam membranas de microfiltração para o pós-tratamento de efluentes secundários - gerados em distintas unidades de tratamento biológico - tem atendido, em muitas ocasiões, a padrões de emissão para águas de Classe 2 e para reúso industrial, agrícola, recarga de aquíferos e outros usos urbanos, caracterizados como não potáveis. Uma grande vantagem, quando se diz respeito ao reúso agrícola, é a presença no efluente de macros e micro-nutrientes

importantes para o desenvolvimento de culturas, especialmente o nitrogênio e o fósforo, essencial ao crescimento das plantas (FEITOSA *et al.*, 2009).

Algumas motivações para a utilização da tecnologia de membranas no setor de saneamento estão associadas à redução nos custos de construção e operação das unidades de tratamento, tornando esta tecnologia competitiva em relação aos sistemas convencionais usualmente aplicados para o tratamento de esgoto. Devido a essas vantagens, a tecnologia de membranas filtrantes tem sido utilizada para o pós-tratamento de esgoto sanitário em diversos países do mundo.

A fim de melhorar a retenção de nutrientes no processo de microfiltração, Vidal (2009) aponta a possibilidade da utilização de agentes coagulantes como auxiliares de filtração. Com relação aos coagulantes, estudos têm dado destaque aos de origem natural, como o tanino vegetal. Estes compostos são biodegradáveis, levando a menores riscos à população e ao meio ambiente. Além disso, conforme Silva (1999) o tanino não consome alcalinidade do meio e não altera significativamente o pH, diferentemente dos coagulantes inorgânicos.

Assim sendo, o objetivo geral do presente estudo foi avaliar a aplicabilidade da microfiltração tangencial para o tratamento avançado de efluente de reator UASB. Investigou-se também a potencialidade de reúso do efluente gerado após a etapa de tratamento proposta.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, foram coletadas 3 amostras de efluente do reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) da ETE Rio das Antas em Irati-PR. Com as quais, foram realizados 4 experimentos, descritos no fluxograma abaixo.

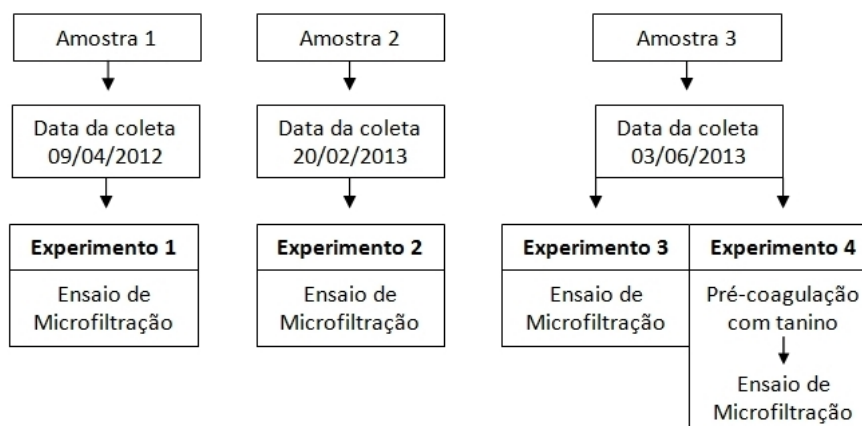


Figura 1 - Fluxograma dos experimentos realizados.

Para cada experimento primeiramente foi realizada a caracterização das amostras do efluente do UASB, sendo avaliados os seguintes parâmetros: pH, temperatura, turbidez, cor aparente, cor verdadeira, fósforo, NTK, sólidos totais, sólidos suspensos totais, DQO, coliformes totais, *E. Coli*, colifagos e *Clostridium perfringens*.

Logo em seguida, na primeira etapa do estudo, as amostras 1, 2 e 3 foram submetidas aos ensaios utilizando-se um sistema piloto de microfiltração operado sob filtração tangencial. A membrana utilizada no experimento é do tipo tubular de polipropileno, apresentando tamanho de poro 0,2 μm e área filtrante de 0,036 m^2 . Os experimentos foram operados com pressão de 0,5 Kg/cm^2 , e vazão de alimentação de 12,0 L/min. Foram realizadas retrolavagens a cada 10 minutos para minimizar o entupimento dos poros durante o processo. O período de operação total empregado para cada ensaio de filtração foi de 180 minutos, com coleta de amostras de permeado a cada 30 minutos.

Na segunda etapa do estudo, o efluente da amostra 3 foi previamente coagulado utilizando-se um coagulante natural à base de tanino vegetal. As condições para a coagulação foram determinadas com base em estudos previamente realizados no laboratório utilizando efluente com valor de pH próximo a 7, com testes realizados

em escala de bancada (Jar-test). A dosagem de coagulante utilizada foi de 20mg/L, o gradiente de mistura rápida de 500 s⁻¹ e o tempo de mistura rápida de 30s. Em seguida o efluente foi submetido aos ensaios de microfiltração utilizando as mesmas condições de operação citadas anteriormente.

O desempenho do sistema de microfiltração foi avaliado com base na eficiência de remoção dos parâmetros supracitados.

As análises físico-químicas (pH, temperatura, turbidez, cor aparente, cor verdadeira, fósforo, NTK, sólidos totais, sólidos suspensos totais e DQO) foram realizadas de acordo com Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater (APHA, 1998).

Para a quantificação de *E. Coli* e CT foi utilizada a técnica de filtração em membranas usando o meio *Chromocult® Coliform agar* (Merck Cat.No.1.10426) que permite determinar simultaneamente a presença desses microrganismos.

O método de quantificação de colifagos empregado foi o ensaio de placa. A metodologia seguida para o ensaio foi a Norma da CETESB/L5.225 (1990).

Para quantificar o microrganismo *Clostridium perfringes*, foi utilizada a técnica de tubos múltiplos, seguindo a metodologia descrita na Norma CETESB/L5.213 (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

O pH do efluente não sofreu variação significativa após a etapa de microfiltração, mantendo-se próximo ao valor encontrado para o efluente do UASB de 7,0.

As concentrações de sólidos suspensos totais (SST) do efluente bruto foram de 50 mg/L para amostra 1; 32 mg/L para amostra 2 e 34 mg/L para a amostra 3. Após os ensaios de microfiltração, todas as amostras de permeado apresentaram valores de SST não mensuráveis para o método de determinação empregado, o qual consiste na filtração da amostra em papel filtro com poros de 1,2 µm. A unidade de microfiltração possui membrana com poros de aproximadamente 0,2 µm, descartando assim a possibilidade de residual de SST passíveis de retenção neste caso. Arévalo *et al.* (2012), estudaram o tratamento de efluentes domésticos empregando biorreator a membrana (MBR) utilizando microfiltração, obtendo residual de SST abaixo do limite de detecção utilizando o mesmo método do presente estudo.

Na Tabela 1 encontram-se os valores de sólidos totais, turbidez, cor aparente, cor verdadeira e DQO das amostras de efluente do UASB e das amostras de permeado obtidas nos experimentos, 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1 - Caracterização físico-química do efluente do UASB, do permeado (valores médios) da microfiltração e a remoção alcançada.

Parâmetro <i>Experimento</i>	Efluente UASB				Permeado				Remoção (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Sólidos Totais (mg/L)	361	279	190	190	275	220	141	23	23,8	21,1	25,8	87,9
Turbidez (uT)	49,1	62,2	21,9	21,9	3,90	0,74	1,65	1,90	92,1	98,8	92,5	91,3
Cor Aparente (uC)	752	393	240	240	74	30	30	15	90,2	92,3	87,5	93,7
Cor Verdadeira (uC)	223	100	85	85	39	15	27	10	82,5	85,0	68,2	88,2
DQO (mg/L)	118	76	72	72	27	10	20	10	77,1	86,8	72,2	86,1

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1 a remoção de ST para os experimentos 1, 2 e 3, de 23,8%, 21,1% e 25,8% respectivamente, grande parte dessa remoção se deve aos sólidos suspensos, os quais foram removidos com elevada eficiência no processo. Todavia, no experimento 4 a remoção de ST foi de 87,9%, sendo esse melhor desempenho do último ensaio, resultado da pré-coagulação realizada, que permitiu a agregação das partículas coloidais auxiliando consideravelmente na retenção dos sólidos presentes no efluente.

Os resultados de remoção de turbidez foram de 92,1%, 98,8 %, 92,5% e 91,3%, , respectivamente para os ensaios 1, 2 3 e 4. Mostrando-se semelhantes ao estudo de Ahn e Song (1999), que realizaram experimentos de microfiltração utilizando efluente de reator anaeróbio, apresentando valores médios de remoção de 99,4%. Vera *et al.* (1996), realizando pós-tratamento de efluentes secundários de estações de tratamento de esgoto submetidos à coagulação antes de serem microfiltrados, obtiveram remoção média de 93%. A explicação para tal remoção é que a turbidez é gerada principalmente por sólidos suspensos, os quais, como já citado anteriormente, são eficientemente removidos na etapa de microfiltração.

A remoção de cor aparente também foi satisfatória, de 90,2%, 92,3%, 87,5% e 93,7%. A diferença de remoção quando comparada aos valores da cor verdadeira, de 82,5%, 85,0%, 68,2% e 88,2%, se deve à interferência da turbidez no resultado da primeira. Comparando-se novamente com os resultados encontrados por Ahn e Song (1999), que realizaram experimentos de microfiltração utilizando efluente de reator anaeróbio, o presente estudo se mostrou semelhante, visto que no estudo anterior, a remoção de cor verdadeira alcançou média de 76,2%.

Os resultados de remoção de DQO também apresentaram ótimos valores, na ordem de 77,1%, 86,8 %, 72,2% e 86,1% melhorando consideravelmente a qualidade do efluente nesse parâmetro. Andrade *et al.* (2001), obtiveram valores médios de remoção de DQO de 58%, em ensaios de microfiltração tangencial utilizando membrana com poro de 0,2 μ m. Todavia, Bltš'áková *et al.* (2009), que realizaram estudos semelhantes de tratamento de efluentes domésticos utilizando membrana de filtração, obtiveram remoção de DQO próxima de 92%. Sun, Hay e Khor (2006) reportam ainda que o mecanismo de separação por membranas contribui significativamente para a manutenção de elevados níveis de remoção de DQO, sendo que as membranas agem como uma barreira à passagem de partículas e componentes macromoleculares ao efluente tratado.

NUTRIENTES

A baixa eficiência do reator UASB na remoção de nutrientes faz com que ocorra a necessidade de um pós-tratamento. Verifica-se na Tabela 2 que a microfiltração se mostrou eficiente na remoção desses parâmetros na maioria dos testes.

Tabela 2 - Caracterização da concentração de Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) e de Fósforo do efluente do UASB, do permeado (valores médios) da microfiltração e a remoção alcançada.

Parâmetro	Efluente UASB				Permeado				Remoção (%)			
Experimento	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
NTK (mg/L)	62,9	47,7	23,94	23,94	31,2	31,08	22,96	17,64	50,4	34,8	4,1	26,3
Fósforo (mg/L)	5	2,48	2,1	2,1	1,16	0,81	0,85	0,84	76,8	67,3	59,5	60,0

Os resultados de remoção de NTK foram de 50,4 % no experimento 1, 34,8 % no experimento 2, 4,1% no experimento 3 e 26,3 % no experimento 4. Os ensaios 3 e 4 proporcionaram menor porcentagem de remoção, provavelmente pelo efluente já apresentar um valor baixo de concentração de NTK, sendo o restante de mais difícil remoção por se apresentar principalmente na forma dissolvida. Todavia, a pré-adição do coagulante se mostrou eficiente, pois aumentou consideravelmente a taxa de remoção quando comparado aos experimentos 3 e 4, que utilizaram o mesmo efluente.

Com relação ao fósforo a remoção foi de 76,80 % no experimento 1, 67,3 % no experimento 2, 59,5% no experimento 3 e 60,0% no experimento 4. Quando comparado ao estudo de Vidal (2009), que realizou ensaios de microfiltração para o tratamento avançado de efluente do UASB, os experimentos 1, 2 e 3, se mostraram mais eficientes, pois no primeiro estudo, utilizando efluente *in natura*, o valor médio de remoção foi de apenas 45%. Contudo, quando se diz respeito ao experimento 4, com utilização de etapa de pré-coagulação, Vidal (2009) atingiu valores de remoção superiores a 90%, contra apenas 60,0% do estudo em questão.

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

Os efluentes de reatores UASB podem apresentar concentração elevada de microrganismos patogênicos, devido a sua baixa eficiência na remoção dos mesmos. Na Tabela 3 são apresentados os valores das concentrações de microrganismos indicadores de contaminação fecal nas amostras coletadas do reator UASB.

Tabela 3 – Caracterização das amostras de efluente do reator UASB quanto aos microrganismos indicadores, CT, *E. Coli*, colifagos e *Clostridium Perfringens*.

Amostra	Concentração Inicial			
	CT	<i>E. Coli</i>	colifago	<i>Clostridium</i>
	UFC/100 mL	UFC/100 mL	UFP/100 mL	<i>Perfringens</i> NMP/100 mL
1	7,1.10 ⁶	1,6.10 ⁶	2,0.10 ⁴	1,3.10 ⁵
2	1,42.10 ⁶	4,8.10 ⁵	1,52.10 ³	3,5.10 ⁵
3	1,0.10 ⁶	2,0.10 ⁵	5,21.10 ³	3,3.10 ⁶
4	1,0.10 ⁶	2,0.10 ⁵	5,21.10 ³	3,3.10 ⁶

Para o cálculo da inativação foi empregado $[-\log(N/N_0)]$, onde N representa o número de microrganismos após a desinfecção e N₀ o número inicial de microrganismos presente na amostra de esgoto antes dos ensaios de desinfecção.

Na Tabela 4 são apresentadas as remoções dos microrganismos indicadores, obtidas na unidade de microfiltração e após o sistema combinado de microfiltração seguido de exposição a diferentes doses de radiação ultravioleta.

Tabela 4 - Log de inativação de *E.coli*, CT, colifagos e *Clostridium perfringens* obtidos após os experimentos de microfiltração

Experimento	Log de remoção			
	CT	<i>E. Coli</i>	Colifago	<i>Clostridium</i> <i>Perfringens</i>
1	5,62	5	2,39	3,81
2	4,97	5,68	2,48	3,59
3	6	3,77	2,32	2,61
4	6	5,3	2,41	3,29

Verifica-se na Tabela 4 que a microfiltração alcançou elevada remoção dos indicadores microbiológicos estudados, atingindo inclusive, inativação maior que o limite de detecção do método utilizado, ou seja, residual menor que 1,0 UFC/100 mL de CT nos experimentos 3 e 4, denotando inativações de 6 log. Mostrando-se mais eficiente que o estudo de Pelegrin (2004), que realizou ensaios de microfiltração utilizando efluentes de lodos ativados, alcançando remoções de CT que variaram entre 3,55 e 4,71 log.

Com relação ao microrganismo indicador *E. Coli*, os experimentos 2 e 4, apresentaram residual menor que 1,0 UFC/100 mL, atingindo inativações superiores à 5 log. Entretanto, a remoção de vírus (colifagos) apresentou valores menores quando comparado a inativação de bactérias, isso acontece devido ao seu menor tamanho e consequente menor retenção na membrana.

Vale destacar também a significativa melhora na eficiência de inativação de microrganismos no ensaio 4 quando comparado ao ensaio 3, utilizando amostras de iguais características microbiológicas, isso se deve à ação do coagulante, o qual auxiliou consideravelmente a retenção de microrganismos no processo de microfiltração.

ENQUADRAMENTO EM NORMAS DE REÚSO

Com relação aos parâmetros analisados, quando tratamos de reúso do efluente, os experimentos 1 e 2 geraram permeado capaz de se enquadrar nas classes 2 e 4 da norma NBR 13969/97, a qual estabelece o valor máximo de turbidez de 5 uT, não ultrapassado em nenhuma das amostras microfiltradas, além de concentração máxima de coliformes fecais de 500 e 5000 NMP/100 mL respectivamente, também não superadas nas amostras dos ensaios realizados. As amostras coletadas nos experimentos 3 e 4 por sua vez, se enquadrariam inclusive na classe mais restritiva (Classe 1) da mesma norma, respeitando todos os parâmetros exigidos.

No entanto, de acordo com a diretriz da USEPA (2004) para reúso de esgotos sanitários, com relação aos usos urbanos irrestritos, nenhuma das amostras permeadas se enquadraria, devido à exigência de ausência de organismos patogênicos, além de uma concentração de DBO máxima de 10 mg/L e turbidez máxima de 2 uT. Todavia, quando diz respeito aos usos urbanos restritos, as amostras microfiltradas dos 4 experimentos seriam permitidas para o reúso, não excedendo nenhum dos parâmetros indicados. Com relação ao reúso agrícola, para culturas alimentícias novamente, nenhuma das amostras permeadas se enquadraria, devido à exigência de completa desinfecção. Porém para o reúso em culturas não alimentícias, bem como para reúso industrial, qualquer amostra permeada seria recomendada.

Contudo, para enquadramento nas normas estudadas, se faz necessária a inserção de uma pequena dosagem de cloro a fim de garantir a não re-contaminação do efluente, além da garantia da origem estritamente doméstica com objetivo de minimizar a contaminação por metais pesados.

CONCLUSÕES

A partir dos experimentos realizados neste trabalho, foi possível constatar que a melhor condição operacional, no que diz respeito à remoção dos parâmetros analisados, foi a utilizada no experimento 4, empregando a etapa de prévia coagulação. Alcançando residuais de turbidez=1,90 uT, cor aparente=15 uC, cor verdadeira=10 uC, fósforo=0,94 mg/L, nitrogênio=17,64 mg/L, sólidos totais=123 mg/L e DQO=10 mg/L. Além da inativação de microrganismos indicadores variando de 2,41 à 6 log. Assim sendo, o sistema de microfiltração tangencial apresentou grande potencialidade no tratamento avançado dos efluentes gerados no UASB da ETE “Rio das Antas”, sobretudo quanto utilizada a pré-coagulação, apresentando potencialidade de utilização em várias formas de reúso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHN, K. H.; SONG, J. H. Treatment of domestic wastewater using microfiltration for reuse of wastewater. Cheongryang, Seoul 130-650, Korea. Desalination, 126 (1999).
2. AL-JASSER, A. O. Saudi wastewater reuse standards for agricultural irrigation: Riyadh treatment plants effluent compliance. Journal of King Saud University, Engineering Science, v. 23, p. 1-8, 2011.
3. ANDRADE, J. F.; ELIAS, R. J.; WOLF, D. B.; COSTA, R. H. R.; LAPOLLI, F. R. Microfiltração de efluente sanitário tratado através do processo de lodos ativados. In Anais do 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa, 2001.
4. APHA (1998). Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 19 ed., Washington.
5. ARÉVALO, J.; RUIZ, J. A.; PARADA-ALBARRACÍN, D. M.; GONZÁLEZ-PÉREZ, J. PÉREZ, B. MORENO, M.A. Wastewater reuse after treatment by MBR. Microfiltration or ultrafiltration? Granada, Spain. Desalination, 299 (2012) p. 22 – 27.
6. BDOUR, A.N.; HAMDÍ, M.R.; TARAWNEH, Z. Perspectives on sustainable wastewater treatment technologies and reuse options in the urban areas of the Mediterranean region. Desalination, vol.237. 2009,162-174 p.
7. BLTŠÁKOVÁ, A.; et al. Domestic wastewater treatment with membrane filtration – two years experience. Bratislava, Slovak Republic. Desalination, vol. 240.2009. 160-169 p.
8. BRASIL - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969 – Setembro, 1997. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.



9. CETESB, 1990 (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Determinação de colifagos em amostras de água. Método de ensaio L5/225.24 p. São Paulo, 1990.
10. CETESB, 1993 (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Clostridium Perfringens - determinação de amostras de água pela técnica dos tubos múltiplos. Método de ensaio L5/213.27 p. São Paulo, julho, 1993.
11. FEITOSA, T.; et al. Qualidade de frutos de melancia produzidos com reúso de água de esgoto doméstico tratado. Revista Tecnologia, Fortaleza- CE, v.30, n.1, p.53-60, junho, 2009.
12. LAVRADOR FILHO, J. Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.
13. PELEGRIN, D. C.; (Microfiltração tangencial de efluente doméstico após tratamento biológico). Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
14. SCHNEIDER, R. P., TSUTIYA, M. T. (Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Água de Reúso). Ed: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (ed. 1) São Paulo, 2001.
15. SILVA, T.S.S. Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto. 1999. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Publica) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Publica, Rio de Janeiro
16. SUN, D.D.; HAY, C.T.; KHOR, S.L. (2006) Effects of hydraulic retention time on behavior of start-up submerged membrane bioreactor with prolonged sludge retention time. Desalination, v. 195, n. 1-3, p. 209-225.
17. USEPA – United States Environmental Protection Agency (2004). Guidelines for water reuse. Washington DC: USEPA.
18. VERA, L.; LÓPES, V.; DELGADO, S.; ELMALEH, S. Cross-flow microfiltration of biologically treated wastewater. Desalination, n. 114, p 65-75, 1997.
19. VIDAL,C.M.S.; CAMPOS, J.R. Coagulação associada à microfiltração para o tratamento avançado de esgoto sanitário. Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, v.5, n.1, p.101-114, 2009.