

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

AVALIAÇÃO DO REUSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA UTILIZANDO MEMBRANA FILTRANTE

EVALUATION OF REUSE OF WASTEWATER USING MEMBRANE FILTER

Vanderleia Senhor, Heron da Silva Pereira, Adriana Gonçalves da Silva Manetti, Juliana Guerra Vieira, Nivia Maria Streit e Maria Isabel Queiroz

RESUMO

O trabalho teve por objetivo avaliar a possibilidade de reúso do efluente da indústria de laticínios após sistema de microfiltração. Para isso, o efluente oriundo pós tratamento biológico e químico, foi encaminhado a um sistema de membranas filtrantes para avaliação de seu potencial de reúso. Assim, no tratamento terciário, foi utilizado um sistema de microfiltração constituído por membrana de poli(imida), diâmetro externo das fibras entre 0,6 e 1,0 mm e diâmetro médio de poros na superfície externa entre 0,1 e 0,4 μm . O efluente após tratamento com a membrana filtrante foi caracterizado segundo os parâmetros de reúso em sistemas de refrigeração, bem como comparado à Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004 para potabilidade de água. Nas condições experimentais os resultados demonstraram que a associação do tratamento biológico, físico químico e membrana de microfiltração foram eficazes quando se visa o reúso de efluente de laticínios e se adequa as características de potabilidade.

Palavras-chave: Efluente. Membrana filtrante. Reúso.

ABSTRACT

The study aimed to assess the possibility of reusing effluent from dairying after microfiltration system. For this, the effluent from biological and chemical post treatment, was referred to a filter membrane system to evaluate its potential for reuse. Therefore, in the tertiary treatment, was used a system of micro-filtration membrane comprising poly (imide), external diameter of fibers between 0.6 and 1.0 mm and average diameter of the pores in the outer surface between 0.1 and 0.4 μm . The effluent after treatment with the filter membrane was characterized according to the parameters of reuse in cooling systems, as well as compared to the Ordinance of the Ministry of Health, 518/2004 for drinking water. Under this conditions, the results demonstrated that the association of the biological treatment, chemical and physical microfiltration membrane is effective when it focuses in the wastewater reuse of dairying and suits the characteristics of potability.

Keywords: Effluent. Filter membrane. Reuse.

1 OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a possibilidade de reúso do efluente de uma indústria de laticínios da Cidade de Pelotas, RS, após tratamento biológico e sistema de microfiltração.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A produção desordenada de águas residuárias, vinculada ao aumento da população de forma progressiva, tem despertado o desenvolvimento de pesquisas em busca de tecnologias alternativas para purificação de efluentes hídricos. Tecnologias estas que visem aproveitar não somente a água residuária, bem como os nutrientes nela existentes por incorporação a uma biomassa com o potencial de ser utilizada como alimento ou de outras aplicações comerciais (BASHAN et al., 2002; QUEIROZ et al., 2004; QUEIROZ e HORNES et al., 2005).

O reúso planejado das águas residuárias não é um conceito novo, é praticado há muitos anos. No entanto, com o crescimento concomitante do binômio demanda da água-população, o reúso intencional de efluentes agroindustriais deve ser cada vez mais considerado no planejamento e explorado, uma vez que o reúso da água reduz a demanda sobre os mananciais de água e a escassez deste bem (UDUMAN et al., 2010; DE GODOS et al., 2011; SILVA-MANETTI et al., 2011).

O setor de laticínios constitui uma parcela importante da indústria alimentícia, e sua contribuição material em termos de poluição de águas receptoras é significativa, portanto, torna-se necessário e obrigatório o tratamento prévio de seus despejos líquidos antes do lançamento para disposição final em curso d'água. As técnicas de tratamento para este efluente geralmente estão associadas aos processos tradicionais que combinam tratamento físico (ou físico-químico) com tratamento biológico. Entretanto, a moderada eficiência destes para remoção de compostos eutrofizantes, bem como as desvantagens específicas de cada tratamento biológico levam à busca de sistemas que atendam às necessidades crescentes referentes à qualidade do efluente tratado (SARKAR et al., 2006; VOURCH et al., 2008).

A associação de cianobactérias a processos físicos e químicos com intuito do reúso da água residuária tratada é destacada em uma gama de trabalhos, com importantes resultados, destacando entre estes principalmente a aplicação de processos que envolvem a coagulação/floculação na fase de separação da biomassa, seguido da separação de compostos residuais do efluente submetido ao tratamento biológico (SARKAR et al., 2006; CHEN et al., 2005; HAMDANI et al., 2005; SILVA et al., 2009; SILVA-MANETTI et al., 2011; BELTRAN-HEREDIA., 2010; LUO et al., 2012). Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a possibilidade de reúso do efluente da indústria de laticínios após sistema de microfiltração.

3 METODOLOGIA

3.1 Efluente

A água residuária do processamento de laticínios foi utilizada como meio de cultivo. O efluente foi obtido em uma indústria de processamento de produtos lácteos (Pelotas, RS), coletado na saída do tanque de equalização da estação de tratamento de efluentes. As amostras foram transportadas em garrafas de polietileno para o Laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal do Rio Grande e congeladas a -18°C. A Tabela 1 apresenta as características do efluente utilizado nos experimentos.

Tabela 1 – Características do efluente de laticínios utilizado nos experimentos

| Parâmetros | Efluente bruto | | *Efluente após trat. biológico | |
|---------------------------------|----------------|-------|--------------------------------|-------|
| | Média | C.V. | Média | C.V. |
| DQO | 2949 | 24,25 | 455 | 21,55 |
| N-NTK | 49,48 | 20,45 | 6,95 | 25,08 |
| P-PO ₄ ⁻³ | 4,82 | 14,40 | 0,85 | 16,63 |
| Turbidez | 178 | 12,75 | 315 | 13,67 |
| SS | 260 | 14,65 | 643 | 11,65 |
| ST | 2900 | 12,48 | 2215 | 11,60 |
| SF | 823 | 14,18 | 1123 | 20,32 |
| SV | 2078 | 14,94 | 817 | 13,90 |

Parâmetros em mg. L⁻¹ exceto turbidez (NTU); C.V.: coeficiente de variação (%); DQO: demanda química de oxigênio; N-NTK: nitrogênio total Kjeldahl; P-PO₄⁻³: fósforo total dissolvido; SS: sólidos suspensos ST: sólidos totais; SF: sólidos fixos; SV: sólidos voláteis.

*Efluente tratado por *Aphanothece*. Dados amostrais referentes há 36 meses.

3.2 Avaliação do reúso da água residuária

Após a coagulação da biomassa o efluente gerado foi filtrado em sistema de microfiltração fabricado pela empresa PAM – Membranas Seletivas. As membranas são de poliamida, do tipo fibras ocas, possuindo diâmetro externo entre 0,8 e 0,9 mm e poro nominal de 0,4 µm. O módulo de membranas possui 1 m² de área útil e a alimentação é feita pelo casco do tubo, sendo que o permeado é recolhido pelo interior das fibras com área nominal (0,05 m²) de permeação. As operações de micro filtração foram realizadas à temperatura ambiente (25°C) e pressão de 0,2 bar.

A avaliação da eficiência do sistema foi realizada através de análises da concentração dos parâmetros no permeado. Os parâmetros analisados seguiram as determinações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) com base nos componentes indicados por *Guidelines for Water Reuse, US Environmental Protection Agency Report* para reúso de águas em sistemas de refrigeração (EPA, 1992), sendo eles: sílica, amônia, ST, SS, turbidez, DQO, dureza, alcalinidade, pH, sulfato, fósforo, alumínio, cálcio, magnésio, manganês, ferro e coliformes totais. Os coliformes totais foram determinados através do método dos tubos múltiplos (SILVA, 1997). A turbidez foi medida em turbidímetro da marca Thermo Orion, modelo Aquafast II.

4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Na Tabela 2 está expressa a caracterização do efluente da indústria de laticínios, com base nos componentes indicados por *Environmental Protection Agency Report* (EPA, 1992) para reúso de águas em sistemas de refrigeração bem como os limites sugeridos por esta resolução e eficiências de remoção a cada etapa do processo, quando são utilizados o tratamento com *Aphanothece*, coagulante e membrana.

De acordo com Mierzwa (2005), a escolha de uma ou mais combinações de técnicas de tratamento, dependerá do potencial de cada técnica, dos mecanismos envolvidos na redução do contaminante de interesse e da qualidade da água que necessita.

Tabela 2 – Comparação das concentrações obtidas para as diferentes etapas de tratamento propostos e os parâmetros para água de reúso em sistemas de refrigeração de acordo com EPA (1992) e Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004 para potabilidade de água (BRASIL, 2004).

| Parâmetros | EPA | Portaria 518 | ETEq | EA | %E ₁ | EAC | %E ₂ | EMF | %E ₃ | %E _t |
|---|---------|--------------|--------|--------|-----------------|--------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Sílica (mg.L ⁻¹) | 50 | N.R. | 1,56 | 1,55 | 0,64 | 0,94 | 45,3 | 0,85 | 10,5 | 45,5 |
| Amônia (mg.L ⁻¹) | 1 | N.R. | 5,33 | 1,03 | 80,8 | 1,0 | 2,9 | 0,00 | 100 | 100 |
| N-NTK (mg.L ⁻¹) | N.R. | 10 | 49 | 6,95 | 85,8 | 0,10 | 98,5 | 0,00 | 100 | 100 |
| ST (mg.L ⁻¹) | 1000 | 1000 | 1917,5 | 1937,5 | -1,0 | 1315,5 | 32,1 | 7,50 | 99,4 | 99,6 |
| Turbidez (UNT) | 50 | 5 | 177,5 | 315,0 | -77,5 | 15,5 | 95,0 | 0,25 | 98,3 | 99,8 |
| DQO (mg.L ⁻¹) | 75 | N.R. | 1944,2 | 432,5 | 77,8 | 47,3 | 89,0 | 0,00 | 100 | 100 |
| Dureza (mg.L ⁻¹ (CaCO ₃) ⁻¹) | 650 | 500 | 37,2 | 33,5 | 10,1 | 7,5 | 77,6 | 6,50 ^b | 13,3 | 82,5 |
| Alcalinidade (mg.L ⁻¹ (CaCO ₃) ⁻¹) | 350 | N.R. | 374,0 | 285,5 | 23,7 | 284,5 | 0,35 | 234,5 | 17,5 | 37,2 |
| pH | 6,9 a 9 | 6,0-9,5 | 8,25 | 7,7 | - | 7,73 | - | 7,07 | - | - |
| Sulfato (mg.L ⁻¹) | 200 | N.R. | 125,0 | 87,25 | 30,2 | 15,0 | 82,8 | 8,00 | 46,6 | 93,6 |
| Fósforo (mg.L ⁻¹) | 4 | N.R. | 4,9 | 1,25 | 74,6 | 0,04 | 97,2 | 0,0 | 100 | 100 |
| Alumínio (mg.L ⁻¹) | 0,1 | N.R. | 10,2 | 6,2 | 39,21 | 1,35 | 78,22 | 1,18 | 13,0 | 88,43 |
| Cálcio (mg.L ⁻¹) | 50 | N.R. | 125 | 121,0 | 3,30 | 21,5 | 82,23 | 20,90 | 2,80 | 83,3 |
| Magnésio (mg.L ⁻¹) | 0,5 | N.R. | 36,9 | 35,0 | 5,15 | 5,70 | 58,23 | 5,60 | 1,75 | 84,82 |
| Manganês (mg.L ⁻¹) | 0,5 | 0,1 | 0,42 | 0,40 | 4,72 | 0,38 | 5,0 | 0,37 | 2,63 | 11,9 |
| Ferro (mg.L ⁻¹) | 0,5 | N.R. | 5,40 | 1,70 | 68,51 | 0,71 | 58,23 | 0,44 | 38,02 | 91,85 |
| Coliformes Totais (NMP/100mL) | 2,2 | ausên. | < 2 | < 2 | | < 2 | | < 2 | | |
| Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) | N.R. | ausên. | ausên. | ausên. | | ausên. | | ausên. | | |

*EPA, Guidelines for water reuse, US Environmental Protection Agency Report, EPA/625/R-92/004, US Agency for International Development, Washington, DC, 1992; Portaria 518 do Ministério da Saúde/2004; N.R.: não faz referencia; ETEq: efluente tanque de equalização; EA: efluente tratado com *Aphanthece*; E₁: Eficiência de remoção após tratamento por *Aphanthece*; EAC: efluente tratado com a *Aphanthece* e coagulante; E₂: Eficiência de remoção do efluente tratado por *Aphanthece* e coagulante; EMF: efluente após membrana de microfiltração; E₃: Eficiência de remoção do efluente tratado por coagulante e membrana de microfiltração; E_t: Eficiência de remoção total (efluente bruto e membrana filtrante); ausên.: ausência. Parâmetros expressos em mg/L; exceto turbidez (UNT - Unidade Nefelométrica), alcalinidade e dureza em mg.L⁻¹ CaCO₃; sílica: mg.L⁻¹SiO₂. alumínio: mg.L⁻¹Al; ferro: mg.L⁻¹Fe; magnésio: mg.L⁻¹Mg; manganês: mg.L⁻¹Mn; Coliformes totais: nmp.100mL⁻¹

Avaliando-se a Tabela 2, constatam-se mediante a aplicação do teste de diferença de médias de Tukey que para a maioria dos parâmetros em estudo são indicadas diferenças significativas (p ≤ 0,05) entre os diferentes tratamentos propostos, sendo esta diferença evidenciada quando o efluente de laticínios foi tratado por *Aphanthece microscopica* Nägeli, coagulante e membrana de microfiltração. Isso evidencia a aplicabilidade do possível reúso da água residuária quando se utiliza estes três processos associados (tratamento biológico, químico e

microfiltração). Observa-se que os perfis do efluente de laticínio bruto (ETeq), quando tratado por *Aphanothece microscopica* Nägeli (EA), por coagulante (EAC) e tratado com membrana filtrante (EMF), comparativamente aos limites indicado por EPA e pela portaria 518 (BRASIL, 2004), mostram que para os dados referenciados por ambos os padrões, o processo proposto foi altamente eficiente. Estes resultados são melhor elucidados, “a posteriori”, quando se avalia as Figuras 1, 2 e 3.

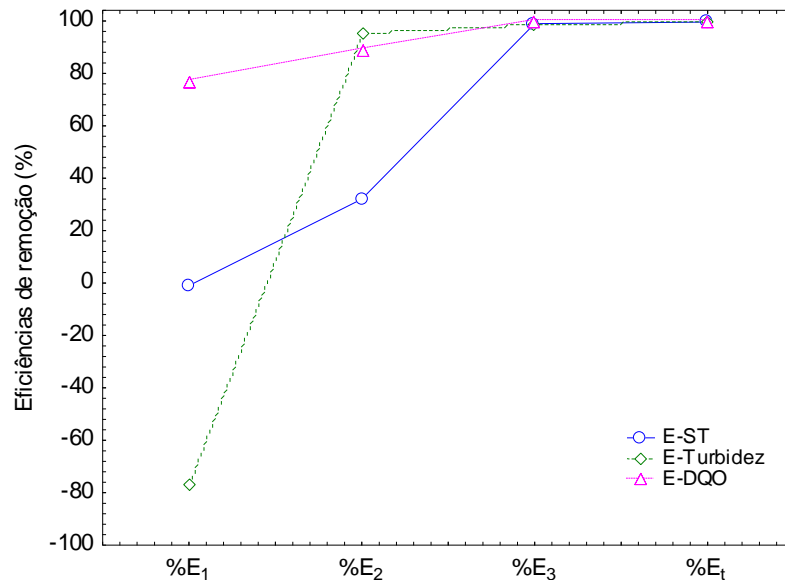


Figura 1: Eficiência de remoção dos parâmetros ST, SS, turbidez e DQO nos tratamentos propostos E₁: eficiência no efluente tratado por *Aphanothece*; E₂: eficiência no efluente tratado por *Aphanothece* e Tanfloc; E₃: eficiência no efluente tratado por Tanfloc e membrana e E_t: eficiência total do processo.

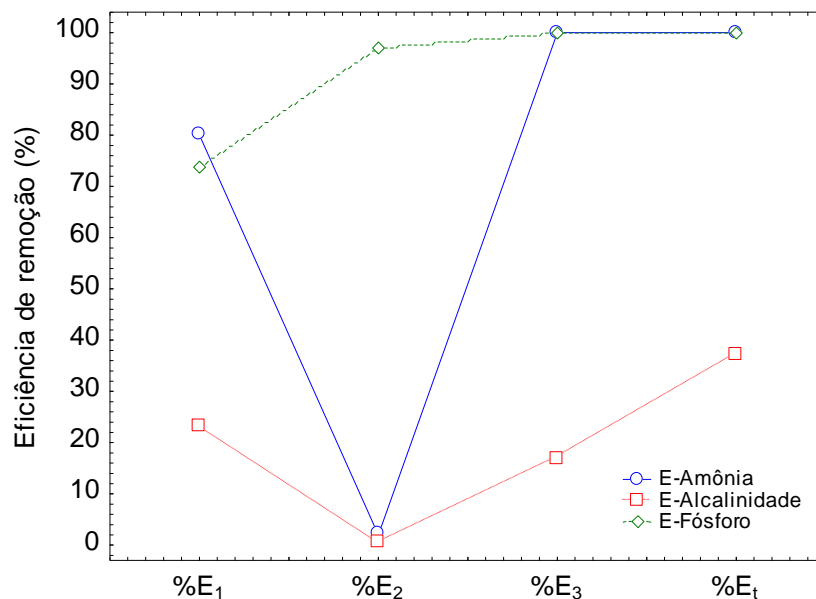


Figura 2: Eficiência de remoção dos parâmetros amônia, alcalinidade e fósforo nos tratamentos propostos E₁: eficiência no efluente tratado por *Aphanothece*; E₂: eficiência no efluente tratado por *Aphanothece* e Tanfloc; E₃: eficiência no efluente tratado por Tanfloc e membrana e E_t: eficiência total do processo.

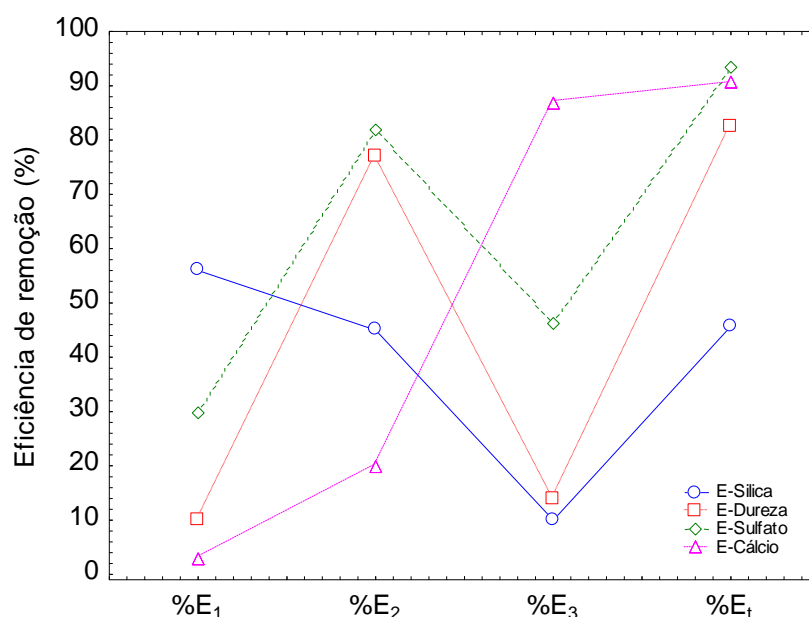


Figura 3: Eficiência de remoção dos parâmetros sílica, dureza, sulfato e cálcio nos tratamentos propostos E₁: eficiência no efluente tratado por *Aphanothece*; E₂: eficiência no efluente tratado por *Aphanothece* e Tanfloc; E₃: eficiência no efluente tratado por Tanfloc e membrana e E_t: eficiência total do processo.

Os dados microbiológicos indicam ausência de contaminação da água residuária no final do processo, tomando como base as exigências quanto a parâmetros microbiológicos segundo a resolução EPA/1992, a qual indica 2,2 NMP/100mL para reúso de água, passível de ser utilizado em sistemas de refrigeração, índices menores que 2 NMP/100mL foram registrados. A literatura relata que a coagulação pode ser usada como um passo adicional e de extrema importância antes de um refino no efluente tratado visando o reúso, sendo o tratamento físico-químico de coagulação-floculação um dos mais utilizados pelas indústrias por promoverem a remoção de metais por precipitação e reduzirem o processo de colmatação nas membranas filtrantes (HARUN et al., 2010).

O processo de precipitação química, visando a separação de biomassa microalgal bem como o tratamento do efluente, apesar de muito utilizado pelas indústrias alimentícias no tratamento de seus efluentes, muitas vezes não permite atingir níveis de concentração de alguns parâmetros estabelecidas pela legislação quando se visa o reúso destas águas residuárias, sendo necessária a aplicação de um processo complementar para o polimento final do efluente (VEIT, 2006). Os resultados expresso na Tabela 2 evidenciam que o processo proposto neste trabalho é suficiente para atingir a meta traçada.

A associação de tratamento químico e biológico, embora resulte em altos índices de remoção, não contemplam na totalidade as indicações dos padrões de reúso de água. Estes parâmetros tornam-se adequados quando a água residuária é submetida ao processo de microfiltração, a exemplo de sólidos totais, magnésio e ferro, como podemos observar na Tabela 2.

O comportamento das eficiências de remoção segundo os tratamentos por *Aphanothece*, tanino e *Aphanothece* são elucidados, pelas Figuras 1, 2 e 3, que avaliam as eficiências de remoções dos parâmetros analisados após tratamento por *Aphanothece* (E₁), após uso de tanino (E₂), e após a última etapa de tratamento com membrana de microfiltração (E₃) bem como a eficiência total do tratamento proposto (E_t).

Os valores negativos apresentados para ST e Turbidez (Figura 1) são atribuídos ao crescimento celular. As células de cianobactérias podem apresentar uma carga negativa

fazendo com que fiquem suspensas, as quais podem ser atribuídas aos grupos funcionais orgânicos localizados na parede celular que atuam como ligantes altamente eficientes para a adsorção de metais. Estes ligantes determinam a carga global da superfície celular e, como essa carga elétrica é fortemente negativa em muitas espécies, o fenômeno de repulsão as mantém dispersas no meio impedindo a separação, aumentando assim a concentração de matéria coloidal com resultado no aumento de turbidez e SS no efluente tratado (CHEN et al., 2005; WANG et al., 2005; SILVA et al., 2009; SILVA-MANETTI et al., 2011; CHEN & LIU, 2012).

Em relação a eficiência dos parâmetros estudados no efluente tratado por *Aphanothece* (E₁) (Figuras 1, 2 e 3) pode-se observar que as maiores remoções foram de DQO, amônia, fósforo e sílica, refletindo em eficiências de até 80 %. As cianobactérias agem como agentes de purificação altamente eficientes não somente pela oxigenação da água como também por sua eficiência de remoção de nutrientes e metais (QUEIROZ et al., 2001; BASTOS et al., 2010; SILVA-MANETTI et al., 2012).

Os carboidratos extracelulares excretados por culturas de cianobactérias podem interagir com metais e diminuir sua concentração em águas residuárias. Essas substâncias poliméricas extracelulares apresentam propriedades quelantes a diversas substâncias e quando se complexam com metais, os retiram das águas residuárias, contribuindo para o processo de reúso de efluentes (MISHRA et al. 2009; DONOT et al., 2012). Esta propriedade das cianobactérias é evidenciada, principalmente para o ferro, em que 68 % de remoção é registrada.

Os resultados da eficiência de remoção dos parâmetros analisados no efluente tratado por *Aphanothece* e Tanfloc (E₂) demonstram importante consórcio destes dois tratamentos, quando se visa o reúso do efluente de laticínios, resultando em eficiências de remoção de DQO, turbidez e fósforo de aproximadamente 100 % (Figuras 1 e 2) e dureza e sulfato de até 80 % (Figura 3).

Essas remoções podem ser atribuídas, mediante a propriedade dos taninos em atuarem em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, proporcionando a formação de flocos e consequente sedimentação (GRAHAM et al., 2008). Estes compostos apresentam alta afinidade por proteínas e outras macromoléculas como os polissacarídeos (SCHOFIELD et al., 2001; BELTRÁN-HEREDIA et al., 2010; SÁNCHEZ-MARTÍN e BELTRÁN-HEREDIA, 2012), o que justifica o destacado desempenho deste polímero, no processo de coagulação da biomassa microalgal, considerando que estes micro-organismos apresentam uma camada mucilaginosa, rica em carboidratos (PARK e YOON, 2009; DONOT et al., 2012).

As remoções de amônia (Figura 2) e sílica (Figura 3) após o tratamento E₂ não apresentaram eficiência de remoção significativa após a associação destes tratamentos, o que salienta a importância do tratamento biológico (E₁), responsável por 80,8 % de remoção.

Geralmente a etapa após o tratamento biológico visando o reúso de águas residuárias e remoção de material em suspensão bem como metais é a coagulação química a qual provavelmente influencia significativamente as etapas de tratamento subsequentes, como o uso das membranas (PAVANELLI, 2001; VOURCH et al., 2008; VIDAL e CAMPOS, 2009; SILVA-MANETTI et al., 2011; LUO, et al., 2012).

Com que diz respeito a eficiência de remoção após tratamento com membrana de microfiltração (E₃) se observa na Figura 16 eficiências de remoção de SS, turbidez e DQO de aproximadamente 100 %, amônia e fósforo (Figura 2) e na Figura 18 também de aproximadamente 100 % de cálcio. Esses resultados corroboram com os experimentos realizados por Malack & Anderson (1996), Vera et al. (1997), no pós-tratamento de efluentes secundários de estações de tratamento de esgoto submetidos à coagulação antes de serem microfiltrados.

Com relação aos parâmetros sílica, dureza e sulfato a associação do tratamento por coagulante e membrana refletiu em eficiências de 10 a 50 %, aproximadamente (Figura 3). Com os resultados obtidos após o uso de microfiltração, ficou evidente que esta água residuária apresenta grande potencial para ser explorada tanto para reúso em sistemas de refrigeração como para sua potabilidade.

A literatura relata que o processo de coagulação permite a transformação de grande parte do material coloidal e dissolvido em fração particulada a qual é mais eficientemente removida nas membranas de microfiltração. Segundo Vera et al. (1997), maiores agregados são mais eficientemente arrastados pelo efeito da velocidade de escoamento tangencial. Vidal e Campos (2009), avaliaram a coagulação associada à microfiltração tangencial para o tratamento avançado de efluente em que os resultados obtidos de eficiências médias de remoção foram bem superiores quando utilizaram coagulação associada a microfiltração com eficiência médias acima de 95 %. Estas constatações evidenciam a necessidade do processo de coagulação associado a microfiltração na remoção dos parâmetros estudados.

Nas condições experimentais foi possível concluir que o efluente de laticínios apresenta potencial para ser reutilizado em sistemas de refrigeração. Além disso, a associação do tratamento biológico, coagulantes e microfiltração é eficaz quando se visa o reúso do efluente de laticínios e se adequa as características da potabilidade da água.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, 2005.

BASHAN, L. E.; MORENO, M.; HERNANDEZ, J.-P, BASHAN, Y. Removal of ammonium and phosphorus ions from synthetic wastewater by the microalgae *Chlorella vulgaris* coimmobilized in alginate beads with the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. **Water Research**. v. 36, p. 2941 - 2948, 2002.

BASTOS, G.B.; SEVERO, M.; VOLPATO, G.; JACOB-LOPES, E.; ZEPKA L.Q.; QUEIROZ, M.I. Bioconversão do nitrogênio do efluente da parboilização do arroz por incorporação em biomassa da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, p. 258-264, 2010.

BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GÓMEZ-MUÑOZ, M.C. New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimisation studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, p. 1019-1025, 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 24 março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] União, 24 mar.

CHEN, J.-J.; YEH, H.-H. The mechanisms of potassium permanganate on algae removal. **Water Research**, v. 39, p. 4420 – 4428, 2005.

CHEN, W.; LIU, J. The possibility and applicability of coagulation-MBR hybrid system in reclamation of dairy wastewater. **Desalination**, v. 285, p. 226 – 231, 2012.

DE GODOS, I.; GUZMAN, H. O.; SOTO, R.; GARCÍA-ENCINA, P. A., BECARES, E.; MUÑOZ, R.; VARGAS, V. A. Coagulation/flocculation-based removal of algal– bacterial

biomass from piggery wastewater treatment. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 923 – 927, 2011.

DONOT, F.; FONTANA, A.; BACCOU, J. C.; SCHORR-GALINDO, S. Microbial exopolysaccharides: Main examples of synthesis, excretion, genetics and extraction. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, p. 951 – 962, 2012.

EPA, Guidelines for water reuse, US Environmental Protection Agency Report, EPA/625/R-92/004, US Agency for International Development, Washington, DC, 1992.

GRAHAM, N.; GANG, F.; FOWLER, G.; WATTS, M. Characterisation and coagulation performance of a tanninbased cationic polymer: a preliminary assessment. **Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 327, n. 1-3, p. 9-16, 2008.

HAMDANI, A.; MOUNTADAR, M.; ASSOBBHEI, O. Comparative study of the efficacy of three coagulants in treating dairy factory waste water. **International Journal of Dairy Technology**, v. 58, p. 83 - 88, 2005.

HARUN, R.; SINGH, R.M.; FORDE, G.M.; DANQUAH, M.K. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 1037 – 1047, 2010.

HORNES, M.; QUEIROZ, M. I. Evaluation of the growth of cyanobacterium *Aphanothece microscopica* Nägeli in effluent of fishing industry. In: CHISA – 16 th International Congress of Chemical and Process Engineering. Prague, 2004.

LUO, J.; CAO, W.; DING, L.; ZHU, Z.; WAN, Y.; JAFFRIN, M.Y. Treatment of dairy effluent by shear-enhanced membrane filtration: The role of foulants. **Separation and Purification Technology**, v. 96, p. 194 – 203, 2012.

LUO, J.; CAO, W.; DING, L.; ZHU, Z.; WAN, Y.; JAFFRIN, M.Y. Treatment of dairy effluent by shear-enhanced membrane filtration: The role of foulants. **Separation and Purification Technology**, v. 96, p.194 – 203, 2012.

MALACK, M.H.; ANDERSON, G.K. Coagulation –crossflow microfiltration of domestic wastewater. **Journal of Membrane Science**, n.121, p.59-70, 1996.

MIERZWA, J. C. **Água na indústria: uso racional e reúso**. p. 143, 2005.

MISHRA, A.; JHA, B. Isolation and characterization of extracellular polymeric substances from micro-algae *Dunaliella salina* under salt stress. **Bioresource Technology**, v.100, p. 3382-3386, 2009.

PARK, S.; YOON.T. Effects of iron species and inert minerals on coagulation and direct filtration for humic acid removal. **Desalination**, v. 239, p. 146–158, 2009.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor e turbidez elevada**. 2001. 233f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

QUEIROZ, M. I.; KOETZ, P. R.; TREPTOW, R. O. The Nägeli microscopical *Aphanothece* potential in the production of the single-cell protein from the remaining water. In: CHAMES, S. W.; CÁNOVASBARBOSA, G. V.; AGUILERA, J. M. (Ed.) Proceedings of the Eighth

International Congress on Engineering and Food (ICEF 8). Pennsylvania, USA, 2027-2031, 2001.

QUEIROZ, M. I.; ZEPKA, L. Q.; LOPES, E. J.; BASTOS, R. Evaluation of single cell protein production by *Aphanothece microscopica* Nägeli in batch reactor. **Food Science and Biotechnology**, v. 13, p. 130 - 141, 2004.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Nature Is the Answer: Water and Wastewater Treatment by New Natural-Based Agents. **Advances in Water Treatment and Pollution Prevention**, p. 337 - 375, 2012.

SARKAR, B; CHAKRABARTI, P. P; VIJAYKUMAR, A.; KALE, V. Wastewater treatment in dairy industries - possibility of reuse. **Desalination**, v. 195, p.1-3, 2006.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D.M.; PELL, A. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science. Technology**, v. 91, p. 21 – 40, 2001.

SILVA, A. G.; HORNES, M.; MITTERER, M. L.; QUEIROZ, M. I. Application of coagulants in pretreatment of fish wastewater using factorial design. **Desalination**, v. 1, p. 208-214, 2009.

SILVA, N. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. Valéria Christina Amstalden - São Paulo : Livraria Varela, 1997, p. 31.

SILVA-MANETTI, A. G.; HORNES, M. O.; MITTERER, M. L.; QUEIROZ, M. I. Fish processing wastewater treatment by combined biological and chemical processes aiming at water reuse. **Desalination and Water Treatment**, v. 29, p. 196 - 212, 2011.

SILVA-MANETTI, A.G. **Produção de carboidratos a partir do efluente de laticínios tratado por cianobactéria**. 2012. 247f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2012.

UDUMAN, N., QI Y.; DANQUAH, M. K.; HOADLEY, A. F. A. Marine microalgae flocculation and focused beam reflectance measurement. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, p. 935 – 940, 2010.

VEIT, M.T. **Estimação de parâmetros de transferência de massa para biossorção de cromo (III) e Níquel (II) num sistema contínuo em coluna de leito fixo pela biomassa de alga marinha *Sargassum filipendula***. 2006. 190f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

VERA, L.; LÓPES, V.; DELGADO, S.; ELMALEH, S. Cross-flow microfiltration of biologically treated wastewater. **Desalination**, n. 114, p 65-75, 1997.

VIDAL, C.M.S.; CAMPOS, J.R. Coagulation associated with microfiltration for the advanced treatment of sewage. **Ambiência Guarapuava**, v. 5, p. 101- 114, 2009.

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. **Desalination**, v. 219, p. 190-202, 2008.

WANG, Y.; HUANG, X.; YUAN, Q. Nitrogen and carbon removals from food processing wastewater by an anoxic/aerobic membrane bioreactor. *Process Biochemistry*, v. 40, p. 1733 - 1739, 2005.