



## Revisão sobre o tratamento de efluentes industriais contendo alto teor de lipídeos

**Gabriela Longaretti <sup>1,2</sup>, Guilherme Bernardi <sup>1</sup>, Paula Zanatta <sup>1</sup>, Josiane Maria Muneron de Mello <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>UNOCHAPECÓ – Universidade Comunitária da Região de Chapecó  
(longaretti@unochapeco.edu.br)

<sup>2</sup> Genética Tecnologias Ambientais (comercial@genetica.ind.br)

### Resumo

Este trabalho é uma breve revisão os principais métodos utilizados atualmente no tratamento de efluentes industriais com altos teores de lipídeos. Esta área vêm ganhando cada vez mais importância, em razão do aumento do número de indústrias instaladas, da atualização e reforço das exigências impostas pelos órgãos ambientais. Nesse sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias é o contra ponto direto da crescente demanda pela disposição segura, com baixo impacto ambiental, garantindo maior segurança e bem-estar para as populações envolvidas. Altas concentrações de lipídeos, que são rejeitos comuns de diversas empresas, como por exemplo laticínios, frigoríficos, abatedouros e redes de *fast food*, resultam em camadas de gordura nas lagoas de tratamento, que impedem a transferência de oxigênio e levam à morte a maioria dos micro-organismos responsáveis pela decomposição dos resíduos presentes no efluente. Este trabalho apresenta os principais métodos de tratamento de efluentes ricos em lipídeos, subdividindo-os em: tratamento primário, secundário (aeróbio e anaeróbio) e terciário.

Palavras-chave: Lipídeos. Tratamento de efluentes. Resíduos industriais.

Área Temática: Tecnologias ambientais.

## Review of wastewater treatment containing high levels of lipids

### Abstract

*This paper is a brief review of the main methods that have been currently used in the treatment of industrial effluents with high lipid levels. This area is gaining more and more importance, due to the increase of industrial areas and the constant upgrading and strengthening of the requirements imposed by government environmental agencies. Thus, the development of new technologies is the direct counterpoint of the growing demand for safe disposal, with low environmental impact, ensuring greater safety and well-being of the people involved. High concentrations of lipids, which are common rejects of several companies, such as dairies, slaughterhouses and fast food chains, result in fat layers in wastewater lagoons, preventing the transfer of oxygen and leading to death of major microorganisms responsible for the decomposition of waste present in the effluent. This paper presents the main methods of treatment of effluents rich in lipids, subdividing them: primary treatment, secondary (aerobic and anaerobic) and tertiary.*

Key words: Lipids, Wastewater treatment, Industrial waste.

Theme Area: Environmental technology.



## 1. Introdução

O tratamento de efluentes industriais vem ganhando cada vez mais expressão, em razão do aumento do número de indústrias instaladas e da necessidade de atender às exigências ambientais. Considerando o grande número de empresas que ainda lançam seus efluentes sem nenhum tipo de tratamento nos cursos da água, a contribuição dessas indústrias em termos de poluição hídrica é bastante significativa. Nesse sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias é o resultado dessa crescente demanda pela disposição segura e com baixo impacto ambiental, garantindo maior segurança e bem-estar para as populações envolvidas.

As características dos efluentes líquidos variam de acordo com o tipo de indústria e processo adotado. As águas residuárias de indústrias, como laticínios e frigoríficos, cujos principais compostos orgânicos que compõe os efluentes são os lipídeos, caracterizados por óleos, graxas, gorduras e ácidos graxos livres, juntamente com proteínas e carboidratos. Lipídeos são moléculas orgânicas hidrofóbicas, que causam grandes danos ao meio ambiente, como a formação de filmes de óleo nas superfícies aquáticas, impedindo a difusão de oxigênio do ar para esse meio promovendo a mortandade da vida aquática (CAMMAROTA e FREIRE, 2006; MENDES et al., 2005; SILVA e EYNG, 2013).

Diante disto, a caracterização de efluentes é uma tarefa básica para o equacionamento adequado do problema de tratamento. É nessa etapa que são obtidas informações quanto à composição e vazão das águas residuárias. Com base nessas informações, podem ser adotados métodos físicos, químicos ou biológicos no tratamento de efluentes (MENDES et al., 2005). Para tanto, este trabalho tem por objetivo apresentar algumas opções de tratamento de efluentes ricos em lipídeos, expressando resultados de pesquisas obtidas da literatura sobre o tema.

## 2 Tratamento primário

O tratamento primário de efluentes atua na remoção de sólidos de dimensões relativamente grandes, sólidos em suspensão, areias e lipídeos. Para essa finalidade são utilizadas grades, peneiras simples ou rotativas, caixas de areia ou tanques de remoção de óleos e graxas, decantadores, filtros de areia, flotadores e precipitação química (MACHADO et al., 2001; MENDES et al., 2005).

Na remoção de lipídeos em estado livre, geralmente são utilizadas caixas de gordura comuns que permitem sua separação por retirada manual ou por meio de raspadores na superfície. Para melhor desempenho dessas caixas, devem ser evitadas temperaturas superiores a 35 °C e pH acima de 8,5 na alimentação da caixa, pois nessas condições ocorre a saponificação ou emulsificação e o excesso de detergentes prejudica a eficiência de separação pela formação de gotículas de menor tamanho, com menor velocidade ascensional (MENDES et al., 2005; VALLADÃO et al., 2007). De acordo com os mesmos autores, no caso de formação de emulsão, esta deve ser quebrada pela adição de produtos químicos e utilização de flotadores com ar dissolvido. Além disso, os óleos e graxas podem solidificar em temperaturas baixas ocasionando problemas operacionais, e ainda um acúmulo de efluentes com odores desagradáveis (MENDES et al., 2005; VALLADÃO et al., 2007).

Apesar da eficiência de remoção melhorar significativamente, segundo Cammarota e Freire (2006) e Vidal et al. (2000), a flotação apresenta custos operacionais elevados, além de gerar lodo químico, que deve ter uma destinação adequada. Os métodos que utilizam reagentes químicos, por exemplo flotação e coagulação, são utilizados para remover material coloidal, cor e turbidez, odor, ácidos, álcalis, metais pesados e óleos: Por outro lado, o aumento de eficiência na remoção de sólidos obtida através da adição de compostos químicos, como por exemplo: sulfato de alumínio, cloreto férrico e sulfito ferroso, traz



consigo dois grandes reveses, eleva-se o custo com tratamento das águas residuárias, e a remoção de sólidos dissolvidos é drasticamente reduzida.

### 3 Tratamento secundário

O tratamento secundário, também chamado de tratamento biológico, é muito empregado em estações de tratamento de efluente que contenham carga orgânica de difícil degradação, o processo consiste na remoção de sólidos dissolvidos, como matéria orgânica (carboidratos, proteínas e lipídeos) e sólidos suspensos finos. Para este tipo de tratamento são utilizados processos biológicos aeróbios e anaeróbios (MACHADO et al., 2001).

Os sistemas biológicos de tratamento de efluentes devem atender alguns aspectos importantes, entre eles: remoção da matéria orgânica, portanto redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO); decomposição de compostos químicos orgânicos de difícil degradação (recalcitrantes); fornecimento de um efluente em condições que não afete o equilíbrio do sistema receptor final (rios e lagos) (METCALF & EDDY, 2003). Embora, muitas vezes, este método não garante a remoção completa dos compostos orgânicos, necessitando-se de pós-tratamento do efluente para posterior destinação ao corpo receptor (MENDES et al., 2005; VIDAL et al., 2000).

Os tratamentos biológicos aeróbios, utilizam bactérias aeróbias com necessidade de fornecimento de oxigênio para o tratamento. Os biorreatores aeróbicos mais usados são as lagoas de estabilização, lagoas aeradas, lodos ativados, biodiscos e filtros biológicos. Entretanto, em processos que contenham grande quantidade de lipídeos, o tratamento aeróbio é dificultado, devido à flotação da gordura, impedindo a difusão do oxigênio no efluente, e consequentemente causando a mortandade dos micro-organismos aeróbios e consequente o desenvolvimento de bactérias filamentosas que dificultam a sedimentação do lodo e prejudicam o desempenho do sistema em termos de remoção da matéria orgânica. Outra opção para tratar efluentes ricos em lipídeos é o tratamento anaeróbio, que consiste na degradação da matéria orgânica na ausência de oxigênio, levando a formação do biogás, maior constituinte metano e gás carbônico (CAMMAROTA e FREIRE, 2006; JENKINS et al., 2003; JUNG et al., 2002; METCALF & EDDY, 2003).

#### 3.1 Tratamento aeróbio

Lima et al. (2013), constataram em tratamento biológico de efluentes provenientes de laticínios, a remoção da matéria orgânica de 56 % em lagoa aerada com tempo de retenção de 11 dias. Além da elevada disponibilização de oxigênio para o tratamento, devido à baixa remoção da DQO, este efluente deve passar por um tratamento terciário para polimento da água residuária, para posterior despejo no corpo receptor.

Os lipídeos contribuem com 30 a 40% da matéria orgânica presente nos efluentes e esses compostos estimulam o crescimento de micro-organismos filamentosos, importantes na remoção de nutrientes como fósforo e nitrogênio, promovendo a sustentação do lodo formado. Com baixa concentração desses micro-organismos, a probabilidade de formação de grânulos maiores de lodo é reduzida, acarretando sua flotação (MENDES et al., 2005). Contudo, Jenkins et al. (2003) relata que a formação de bactérias filamentosas deve ser de forma contralada, pois em demasia, estas bactérias podem causar problemas na sedimentação da matéria orgânica.

Jung et al. (2002), estudaram efluentes de indústria de laticínios brutos e previamente hidrolisados enzimaticamente por uma lipase, submetidos à degradação aeróbia em batelada. Os autores observaram que o efluente bruto não tratado anteriormente via ação enzimática, não obteve significativa remoção da matéria orgânica. Enquanto que o reator no qual o



efluente passou pelo tratamento enzimático antes da degradação aeróbia, a remoção da DQO atingiu 93%.

### 3.2 Tratamento anaeróbio

Os processos biológicos anaeróbios utilizam bactérias anaeróbias e facultativas gerando como produto da reação anaeróbia, o biogás, sendo seu maior constituinte o gás metano, podendo ser transformado em energia térmica, elétrica e mecânica, em concentrações acima de 50 %. Este tipo de processo é aplicado em biorreatores como biodigestor de lodo, lagoas anaeróbias, fossas sépticas, reatores de fluxo ascendente (CHERNICHARO, 2007).

Desta forma, a digestão anaeróbia de rejeitos com alta concentração de lipídeos é um processo lento, tendo como etapa limitante à liberação de ácidos graxos pelos micro-organismos específicos com atividade lipolítica. Os lipídeos causam flotação da biomassa e má formação de grânulos de lodo em reatores anaeróbios de fluxo ascendente, toxicidade a micro-organismos acetogênicos e metanogênicos, formação de espumas devido ao acúmulo de ácidos graxos não degradados (MASSE et al., 2001; MENDES et al., 2006; OMIL et al., 2003; VALLADÃO et al., 2007).

Para tentar solucionar esses problemas, processos alternativos vêm sendo estudados visando à degradação dos lipídeos por meio de hidrólises enzimáticas, como o estudo de Masse et al. (2001) que recomendam especificamente as lipases, responsáveis pela degradação da gordura em cadeias menores, como de ácidos graxos livres. A utilização desta tecnologia propicia melhores condições de operação no tratamento anaeróbio, desobstrução de filmes de gordura em tubulações, diminuição do tempo de retenção da digestão.

A aplicação de uma tecnologia que associe um pré-tratamento enzimático com um posterior biotratamento é uma solução eficaz para efluentes com elevado teor de gordura (BERTON et al., 2011; BRIÃO et al., 2005; BRIÃO & TAVARES, 2012). A etapa de pré-tratamento enzimático elimina ou reduz significativamente o teor de triglicerídeos no efluente, permitindo melhor atuação bacteriana em uma etapa posterior de tratamento biológico (VALENTE et al., 2010).

As lipases fazem parte de um grupo de enzimas hidrolíticas, que são capazes de atuar em lipídeos, catalisando a hidrólise de ligações éster-carboxílicas desses ácidos graxos, quando em ambientes aquosos. No entanto, em ambientes com pouca umidade, essas enzimas possuem a habilidade única de realizar o caminho reverso da reação, ou seja, catalisam diversas outras reações, como reações de esterificação, interesterificação e transesterificação (GUPTA & GUPTA, 2004).

Em seus estudos Mendes e Castro (2004), utilizaram duas enzimas, uma brasileira e outra americana, Kin Master-LKM e Sigma Tipo II-LPP respectivamente, sob diferentes condições de pH, concentração de ácidos graxos, concentração de emulsificante e presença de íons de cálcio, para estudar a degradação de efluentes provenientes de laticínios. A enzima brasileira (LKM) gerou 71,4 mM de ácidos graxos e reduziu 77,5% das proteínas presentes no efluente, já a enzima americana (LPP), gerou 69,4 mM de ácidos graxos e reduziu a quantidade de proteínas em 69,9%, empregando-se concentrações de 3 mg/mL de enzimas, para ambas as marcas.

Enquanto Berton et al. (2011) estudaram a degradação enzimática de um efluente sintético, simulando efluentes de indústrias de laticínio e frigoríficos utilizando lipase comercial, analisando a DQO, óleos e graxas, obtendo-se como resultado da redução da matéria orgânica 66,2 % para o efluente sintético.

El-Bestawy et al. (2004) realizaram uma pesquisa semelhante à Berton et al. (2011), entretanto eles utilizaram bactérias produtoras de lipases isoladas de efluentes de indústria de óleo vegetal, as bactérias foram testadas em um efluente sintético contendo óleo de palma



(*Elaeis Guianensis*), realizando-se o acompanhamento da remoção da matéria orgânica do efluente obtendo-se 93% de remoção da DQO.

Mendes et al. (2006) estudaram a hidrólise enzimática seguido de digestão anaeróbia com efluentes provenientes de laticínios, utilizando lipase comercial de pâncreas de porco. Segundo os autores a porcentagem de matéria orgânica do efluente removido foi de 80,9 %, consequentemente houve maior produção de biogás e gás metano, com a aplicação da lipase no pré-tratamento.

Leal et al. (2002) estudaram a biodegradabilidade de efluente de laticínio rico em gordura previamente hidrolisado enzimaticamente. Nesta pesquisa, constatou-se que os efluentes sem tratamento e enzimaticamente tratados submetidos à digestão anaeróbia, degradaram 19 % e 80 % da matéria orgânica, respectivamente. Os autores concluíram que a hidrólise não só ajudou na degradação da matéria orgânica, mas também diminui o tempo de retenção do efluente no tratamento.

#### 4 Tratamento terciário

Na etapa do tratamento terciário é possível obter um efluente de alta qualidade, com elevada remoção de matéria orgânica e nutrientes, bem como micro-organismos patogênicos.

Segundo alguns pesquisadores, tais como Brião et al. (2005), o tratamento primário e secundário, apresentam carência na remoção de compostos eutrofizantes, como nitrogênio e fósforo. Para tanto, os mesmos autores sugerem a etapa de polimento do efluente, para remoção destes compostos, por processos de separação com membranas (PSM), entre eles micro e ultra-filtração.

Processos de filtração com membranas se tornaram uma ferramenta majoritária na indústria de processamento de alimentos nos últimos 25 anos, representando cerca de 20 a 30 % da aplicação de todas as membranas produzidas no mundo (cerca de 250 milhões de unidades) (DAUFIN et al., 2001).

Na indústria de laticínios, a mais representativa no setor de membranas, tem como principal aplicação dessa tecnologia, a separação de proteínas do leite, removendo nesse processo o máximo possível de lipídeos possíveis, resultando em uma proteína de soro altamente estável, que segundo Harper (1992), possui qualidade e estabilidade superior. Brião et al. (2005), com uma membrana espiral de polietersulfona e corte de 5-8 kDa e uma membrana tubular de PVDF com corte de 30-80 kDa, obteve separação na faixa de 97 % para proteínas e 94 % para gorduras, mostrando que esses resíduos, nessa ordem de pureza, podem ser reutilizados como nutrientes na produção de outros subprodutos, já com relação a diminuição de DQO, obteve resultados na ordem de 65 % a 76 %.

Diversos autores vêm realizando estudos com o foco no reuso de efluentes de laticínios (TURAN, 2004; SARKAR et al., 2006; VOURCH et al., 2008), obtendo ótimos resultados no processo de separação e reutilização do permeado, com diversas configurações de membranas e de operação do processo.

Contudo, alguns autores já tentam, inclusive, não apenas trabalhar com o permeado da filtração, e sim com o retido, como fizeram Brum et al. (2009) e Brião e Tavares (2012), esses autores afirmam que, empregando-se membrana de ultra-filtração, é possível recuperar e concentrar os sólidos do leite (*side products*), para obter um produto lácteo que possa ser inserido em outra parte do processo, diminuindo custos.

Outra forma de tratamento terciário é utilizando processos oxidativos avançados. Conterato et al. (2008) utilizaram a fotocatálise com um sistema UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, um processo oxidativo avançado no tratamento do efluente de laticínios, com o objetivo de reduzir a carga orgânica e turbidez, consequentemente minimizando o impacto causado por estes rejeitos nos corpos receptores. O efluente utilizado foi coletado na entrada da estação biológica de



tratamento de efluentes submetendo-os ao processo de fotocatálise por UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em 16 ensaios. Os autores obtiveram uma variação de 26,0 a 93,3 % de remoção da matéria orgânica. Sendo que os autores concluíram que nos processos oxidativos avançados, a remoção da turbidez está relacionada a remoção da matéria orgânica, sendo que os mesmos testes que removeram com eficiência a turbidez, também remoção a carga orgânica do efluente.

## 5 Considerações finais

Efluentes com altos teores de lipídeos são sinônimo de problemas para as indústrias geradoras. Como os lipídeos não são facilmente degradáveis, sua presença no meio diminui a eficiência dos tratamentos biológicos convencionais e causa incrustação nos filtros compostos por membrana, faz se necessário a utilização de sistemas conjuntos, para de fato se obter eficiências apreciáveis.

Processos primários são pré-requesitos para qualquer sistema, já que conseguem separar com certo grau de eficiência, de uma maneira muito simples, matéria em suspensão, óleos e graxas e corpos maiores do efluente a ser tratado.

Tratamentos secundários possuem alto poder de degradação da matéria orgânica presente no efluente, mas são coibidos pelo efeito que óleos e gorduras causam na população microbiana, reduzindo níveis de oxigênio disponível em sistemas aerados e levando a flotação da biomassa e má formação de grânulos de lodo em reatores anaeróbios, além de apresentarem toxicidade a micro-organismos acetogênicos e metanogênicos, reduzindo a eficiência do tratamento.

Etapas de polimento final de tratamento de efluentes, também podem ser aplicadas à remoção de gorduras, os mais famosos nesse âmbito são os processos de separação por membranas, mostram-se cada vez mais como uma solução futurística para diversos problemas da indústria de alimentos, inclusive na área de tratamento de efluentes. Com a vantagem de separar compostos com alta seletividade, as membranas podem ser aplicadas para obter compostos reutilizáveis a partir do despejo do efluente final, removendo DQO e lipídeos no processo. Processos oxidativos avançados também se enquadram nos tratamentos terciários, são processos que empregam alta tecnologia, como por exemplo o processo de fotocatálise com sistema UV/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, método que pode reduzir turbidez e DQO em níveis de até 93 %.

Os estudos que obtiveram bons resultados foram aqueles que aplicaram algum tipo de enzima como maneira de pré tratar o efluente lípidico. Esses agentes biológicos possuem a capacidade de degradá-los em compostos menores, que por sua vez podem ser facilmente assimilados pelos micro-organismos presentes nos sistemas biológicos.

Efluentes que combinaram a etapa de pré-tratamento enzimático com posterior tratamento biológico foram os mais satisfatórios, ambientalmente e economicamente, com alguns autores obtendo cerca de 93 % de degradação de DQO, para sistemas aerados, e cerca de 80 % para sistemas anaeróbios.

## Referências

BERTON, A. C.; GEHM, D. H.; SCHNITZLER, D. C.; DURLI, Edneia. Tratamento de efluentes de indústrias de alimentos com lipase comercial para redução de altos teores de óleos e graxas. *34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, 2011.



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G.. Nota Científica: Ultrafiltração de efluente da indústria de laticínios para recuperação de nutrientes: efeito da pressão e da velocidade tangencial. *Braz. J. Food Technol.*, 2012.

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G.; CALEFFI, R. D.. Ultrafiltração para o tratamento de efluentes de laticínios. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande-MS, 2005.

BRUM, L. F. W.; SANTOS JÚNIOR, L. C. O.; BENEDETTI, S. Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Laticínios. 2nd International Workshop - *Advances in Cleaner Production*, 2009.

CAMMAROTA, M.C; FREIRE D.M.G. A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content. *Bioresource Technology*, 2006.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

CONTERATO, M. J.; GUERRA FILHO, D.; SILVA, M. B.. Tratamento de efluentes de laticínios mediante processo oxidativo avançado: fotocatálise homogênea pelo sistema UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação*, Universidade do Vale do Paraíba, 2008.

DAUFIN, G.; ESCUDIET, J. P.; CARRÈRE, H.; BÉROT, S.; FILLAUDEAU, L.; DECLOUX, M.. Recent Emerging Applications on Membrane Processes in the Food and Dairy Industry. *Food and Bioproducts Processing*, 2001.

EL-BESTAWY, E., EL-MASRY, M. H., EL-ADL, N.E. The potentiality of free gram negative bacteria for removing oil and grease from contaminated industrial effluents. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 2004.

GUPTA, R.; GUPTA, N.; RATHI, P. Bacterial Lipases: Na overview of production, purification and biochemical properties. *Microbiol Biotechnol*, 2004.

HARPER, W. J.. Functional properties of whey protein concentrates and their relationship to ultrafiltration. In: New applications of membrane processes. Belgium, 1992.

JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. *Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming*. 3. ed. Chelsea: Lewis Publishers, 2003.

JUNG, F.; CAMMAROTA, M.C.; FREIRE, D.M.G. Impact of enzymatic prehydrolysis on batch activated sludge systems dealing with oily wastewaters. *Biotechnology Letters*, 2002.

LEAL, M.C.C.R.; CAMMAROTA, M.C.; FREIRE, D.M.G.; SANT'ANNA JR, G.L. Hydrolytic enzymes as coadjuvants in the anaerobic treatment of dairy wastewaters. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 2002.

LIMA, V. I. A.; ALVES, S. M. C.; OLIVEIRA, J. F.; BATISTA, R. O.; PINHEIRO, J. G.; SOUZA, L. D.. Desempenho do sistema de tratamento de água residuária de laticínios e os efeitos de sua disposição em Argissolo. *Water Resources and Irrigation Management*, 2013.



## 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 5 a 7 de Abril de 2016

MACHADO, R. M. G.; SILVA, P. C.; FREIRE, V. H.. Controle ambiental em indústrias de laticínios. *Brasil Alimentos*, 2001.

MASSE, L.; KENNEDY, K.J.; CHOU, S. Testing of alkaline and enzymatic hydrolysis pretreatments for fat particles in slaughterhouse wastewater. *Biosource Technology*, 2001.

MENDES, A. A.; CASTRO, H. F. de. Redução do teor de lipídeos presentes em efluentes das indústrias de produtos lácteos empregando lipases pancreáticas. *Health and Environment Journal*, 2004.

MENDES, A. A.; CASTRO, H. F.; PEREIRA, E. B.; FURIGO JÚNIOR A.. Aplicação de lipases no tratamento de águas residuárias com elevados teores de lipídeos. *Química. Nova*, 2005.

MENDES, A. A.; PEREIRA, E. B.; CASTRO, H. F.. Biodegradação de Águas Residuárias de Laticínios Previamente Tratadas por Lipases. *Braz. J. Food Technol.*, 2006.

METCALF & EDDY. Waste water engineering: treatment, disposal and reuse. 4. ed. rev. New York: McGraw-Hill, 2003.

OMIL, F.; GARRIDO, J.M.; ARROJO, B.; MENDEZ, R.. Anaerobic filter reactor performance for the treatment of complex dairy wastewater at industrial scale. *Water Research*, 2003.

SARKAR, B.; CHAKRABARTI, P. P.; VIJAYKUMAR, V.; KALE, V. Wastewater treatment in dairy industries - possibility of reuse. *Desalination*, 2006.

SILVA, F. K.; EYNG, J.. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 2013.

TURAN, M. Influence of filtration conditions on the performance of nanofiltration and reverse osmosis membranes in dairy wastewater treatment. *Desalination*, Amsterdam, 2004.

VALENTE, A. M.; ALEXANDRE, V. M.; CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G.. Pré-hidrólise enzimática da gordura de efluente da indústria de pescado objetivando o aumento da produção de metano. *Food Science and Technology - Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 2010.

VALLADÃO, A.B.G.; FREIRE, D.M.G.; CAMMAROTA, M.C. Enzymatic prehydrolysis applied to the anaerobic treatment of effluents from poultry slaughterhouses. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2007.

VIDAL, G.; CARVALHO, A.; MENDEZ, R.; LEMA, J.M. Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters. *Bioresource Technology*, 2000.

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