



PROPOSTA DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE LATICÍNIO POR PROCESSO ANAERÓBIO: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Alex Marquiti Alves¹
William Roberto Silva²

Tecnologia Ambiental

Resumo

Grande parte dos efluentes gerados pelas indústrias de laticínios são descartados no meio ambiente receptor sem nenhum tipo de tratamento adequado. Por possuir alta carga orgânica associada, o descarte incorreto gera significativos prejuízos ambientais. Neste contexto, este trabalho apresenta proposta de intervenção de tratamento, embasada pela pesquisa bibliográfica, para a concepção inicial de uma estação de tratamento, apontando seus principais problemas e desafios. Fora definido os equipamentos, operações unitárias e processos para cada etapa do tratamento proposto. No tratamento secundário, foi identificado a possibilidade de se utilizar tanto um sistema australiano de lagoas quanto um reator UASB em associação com um filtro anaeróbio para realizar o tratamento da água residuária de laticínios. Posteriormente, foram apresentados dois fluxogramas que exemplificam as etapas do processo de tratamento proposto. Foram observadas questões potencialmente desafiadoras em relação a potenciais variáveis do sistema de tratamento como a taxa de gordura presente no efluente, pH e temperatura, apresentando as possíveis soluções para o alcance de tais objetivos especificados. Não foi observada a necessidade de emprego do tratamento terciário, uma vez que as etapas anteriores apresentam potencial para garantir a qualidade necessária do efluente tratado ao fim das etapas com base nas características específicas da água residuária de laticínios. O trabalho cumpre seu objetivo ao elaborar de forma clara e concisa as etapas necessárias para a elaboração de proposta de uma estação de tratamento de água residuária de laticínio, visando a produção de metano e levando-se em consideração os desafios específicos que o tratamento desse resíduo apresenta.

Palavras-chave: Biogás; Degradação; Demanda Química de Oxigênio; Efluente; Sistema de Tratamento.

¹Prof. Dr. do Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé, UNIFEG-MG.
alex.marquiti.eng@gmail.com

²Engenheiro Químico – Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé, UNIFEG-MG.
william.roberto1997@gmail.com



INTRODUÇÃO

As indústrias de laticínios contribuem diretamente com a poluição ambiental por gerar grande quantidade de água residuária (AR). No beneficiamento do leite e produção de seus derivados, é necessária grande quantidade de água, maior parte proveniente de processos de higienização, além da AR como consequência da dessora do leite (ALVES, 2023; BOSHI, 2006).

A AR proveniente de laticínio possui grande quantidade de carga orgânica, avaliada em termos de Demanda Química de Oxigênio (DQO). Assim, as ARs de laticínios são poluidoras quando descartadas sem o tratamento adequado (BOSHI, 2006). Os principais constituintes observados neste tipo de AR são os lipídeos, os carboidratos e as proteínas (ALMEIDA; SOUSA; SILVA, 2020). A cargo de comparação, nos Estados Unidos, 60% das indústrias possuem sistemas de tratamento e reuso da água residual, enquanto que no Brasil, esse número equivale a menos de 1% (FURTADO, 2005).

Uma vez estipulada a necessidade de unir a produção industrial com o equilíbrio ambiental e sustentabilidade do planeta, a discussão em torno das ARs se tornam cada vez mais abrangentes e fundamentais. Dessa forma, esta pesquisa tem por objetivo geral explorar a literatura atual e fundamental acerca do tratamento da AR da indústria de laticínios, a fim de estabelecer uma proposta de estação de tratamento de AR para a indústria do leite e seus derivados, com foco no reaproveitamento energético através da obtenção do biogás.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta pesquisa parte da revisão de literatura atual e fundamental, com o propósito utilizar a pesquisa bibliográfica como ferramenta metodológica qualitativa e descritiva.

ÁGUA RESIDUÁRIA DA INDÚSTRIA DE LEITE E SEUS DERIVADOS

A produção do leite e seus derivados, em laticínios, são processos altamente poluidores em virtude do volume e da composição de suas ARs (BRUM; SANTOS

Realização



JÚNIOR; BENEDETTI, 2009). Estima-se que na indústria de derivados do leite, para cada 01 litro de leite processado, são gerados até 11 litros de AR, sendo que apenas 10% desse material recebem o tratamento e descarte adequado (BOSHI, 2006).

O tratamento adequado dos resíduos não só pode reduzir o impacto na natureza como pode, também, aperfeiçoar todo o processo e aumentar a eficiência da indústria, pois é possível reutilizar a água após o tratamento em diversas etapas da produção dos produtos do laticínio, fazendo com que o ciclo de vida do leite e seus derivados sejam mais curtos, diminuindo os custos e oferecendo maior agilidade na indústria.

Entre os processos que mais consomem água, a indústria de laticínio justifica o grande volume de efluente gerado em virtude das operações de lavagem. Em média 80% da água utilizada, em laticínios, são destinadas a processos de higienização (BRUM; SANTOS JÚNIOR; BENEDETTI, 2009; SILVEIRA, 2004). Diluídos na AR tem-se o leite e subprodutos da produção dos produtos derivados como açúcares, essências, pedaços de frutas (utilizadas na produção de iogurte) e soro do leite (SILVEIRA, 2004).

O soro do leite possui alta carga orgânica em sua composição, com destaque para os carboidratos, seguido de proteínas e em menor fração os lipídeos e sais minerais (ALMEIDA et al., 2013). O soro de leite se une a água de limpeza e possui grande poder poluidor, trazendo enormes prejuízos ambientais como poluição das águas, comprometimento físico-químico do solo e geração de odor desagradável (ALMEIDA et al., 2013). Segundo Boshi (2006), o soro do leite é 100 vezes mais poluente que o esgoto doméstico, justamente pela sua alta DQO com valores médios de 60.000 a 100.000 mg/L.

SISTEMAS DE TRATAMENTO

Em estação de tratamento de ARs podem ser observados quatro tipos de tratamentos, o tratamento preliminar, primário, secundário e o tratamento terciário (VACLAVIK, 2010). Essas etapas de tratamento incluem diversos processos e operações unitárias, podendo ser classificados como físicos, químicos ou biológicos, em razão de foco de remoção dos poluentes ou das operações unitárias utilizadas (METCALF; EDDY, 2016).

Segundo Skoronki (2008), o tratamento preliminar tem como foco a remoção de sólidos grosseiros suspensos e areia, representando a etapa inicial do tratamento. Essa etapa

Realização



garante que sólidos de maiores dimensões não danifiquem as tubulações e sistemas da estação de tratamento. O tratamento preliminar é físico e possui como operações comuns o peneiramento, o gradeamento, a caixa de areia e a caixa de gordura.

O tratamento primário é caracterizado pelo emprego de operações que utilizam métodos físico-químicos, auxiliando na remoção de sólidos suspensos de pequenas dimensões que não foram removidos durante o tratamento preliminar, tais como a filtração e a sedimentação (SKORONKI, 2008). A utilização de agentes químicos tem por finalidade formar o lodo primário bruto, sendo este uma massa de sólidos que se deposita no fundo de sedimentadores, enquanto os poluentes sobem para a superfície, facilitando todo o processo de separação no tratamento secundário (VACLANICK, 2010).

Após a passagem da AR pelo tratamento primário, faz-se necessária a separação da matéria orgânica (MO) dissolvida ou em suspensão remanescente (SKORONKI, 2008). Assim, adota-se, no tratamento secundário, reações bioquímicas que tem por objetivo realizar a transformação da MO em massa celular através de dois processos que acontecem simultaneamente, o catabolismo, onde a MO é utilizada como fonte de energia, e o anabolismo, onde esse material orgânico é incorporado na biomassa (SLAVOV, 2017). Lagoas de estabilização, reatores de lodos, biodigestores e filtros biológicos destacam-se para o emprego da digestão anaeróbia como tratamento secundário (FILHO, 2009). Segundo Von Sperling (1998), na maior parte dos casos, a AR efluente sai livre de algo em torno de 95% de impurezas, podendo ser depositada na natureza sem grandes complicações.

Pós tratamento secundário, podem restar contaminantes incluindo agentes patogênicos, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e necessidade de remoção de cor da AR. Assim, o tratamento terciário visa remover esses compostos presentes, devolvendo o caráter puro da água (VACLAVIK, 2010). Em processo de tratamento terciário podem ocorrer as seguintes etapas: microfiltração, precipitação, adsorção, troca iônica, osmose reversa, cloração, ozonização e outros (FILHO, 2009).

BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

A biodigestão anaeróbia (BDA) é um processo onde a MO é decomposta na ausência de oxigênio molecular, resultando na produção de metano e gás carbônico como

Realização





produtos finais da degradação (CREMONEZ et al., 2013). O processo de BDA é conduzido em biorreatores anaeróbios, desenvolvidos especialmente para que o processo se desenvolva com o máximo de eficiência e rendimento (METCALF; EDDY, 2016).

O processo de BDA acontece em etapas sequenciais e tem como finalidade realizar a transformação da MO através da ação de microrganismos que, por seu metabolismo, quebram moléculas grandes e realizam sua redução e posterior transformação através de uma série de reações químicas que acontecem nas etapas da BDA. As etapas da BDA são: hidrólise; acidogênese, acetogênese e metanogênese (CREMONEZ et al., 2013).

A hidrólise consiste na quebra das macromoléculas complexas em moléculas de cadeias menores através da atuação de enzimas hidrolíticas. Nessa etapa, as proteínas, os carboidratos e os lipídios tem suas cadeias carbônicas quebradas formando aminoácidos, açúcares, ácidos graxos e glicerol, moléculas de estrutura mais simples (VON SPERLING, 1998). Diversos fatores influenciam o processo de hidrólise e tendem a torná-lo mais lento, os principais fatores são: temperatura, pH, tempo de retenção, nutrientes e tamanho das partículas (SALOMON, 2007). A interação entre todas as variáveis descritas acima afeta a qualidade e velocidade do processo de hidrólise (METCALF; EDDY, 2016).

A acidogênese é a etapa onde as moléculas hidrolisadas são absorvidas por bactérias fermentativas, excretando, em seguida, ácidos orgânicos, álcoois e compostos minerais como CO_2 , H_2 , NH_3 e H_2S (SOARES, 2016). Segundo Von Sperling (1998), para mitigar o efeito do possível acúmulo de ácidos nessa fase, o tamponamento do meio reacional se faz importante. No processo de acetogênese, o material formado na anterior é convertido em acetato, hidrogênio e dióxido de carbono, obtendo-se, então, os substratos necessários para a produção de metano pelas arqueias metanogênicas (HANSEN; CHEONG, 2013).

A metanogênese, etapa final do processo de biodigestão anaeróbia, tem como objetivo converter o acetato e hidrogênio a metano e dióxido de carbono (CREMONEZ et al., 2013). Nessa etapa, são produzidos metano e dióxido de carbono através da redução bioquímica do acetato pelas arqueias metanogênicas acetoclásticas, ao passo que as arqueias metanogênicas hidrogenotróficas convertem o hidrogênio e o dióxido de carbono a metano e água, se aproveitando do gás carbônico como fonte de carbono e da molécula de hidrogênio como fonte de energia (SOARES, 2016).

Realização



METODOLOGIA

A partir da literatura existente sobre o tema, foi possível determinar opções adequadas para cada etapa do tratamento do efluente, levando em consideração as características específicas da AR de laticínio e os fatores que influenciam no processo de BDA. Pode-se, também, relacionar os principais fatores financeiros e de área disponível para a aplicação do tratamento, onde foi possível utilizar uma ferramenta estrutural e simplificada como o diagrama de blocos para definir o processo, suas etapas e os resultados esperados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PROPOSTA DE TRATAMENTO PARA A ÁGUA RESIDUÁRIA DE LATICÍNIO

TRATAMENTO PRELIMINAR

Em função das características físico-químicas da AR da indústria de laticínios, a remoção dos sólidos grosseiros pode ser realizada em sistema de gradeamento com diferentes aberturas, em sequência. Essa etapa impede que os sólidos causem danos posteriores em dispositivos como bombas, registros, tubulações e peças especiais (NUNES, 2012). Ainda nessa etapa, também é necessária a utilização de uma caixa de remoção de areia para que a terra e areia provenientes da limpeza da fábrica fiquem retidas (VON SPERLING, 1998).

Após o tratamento preliminar, o efluente deve passar para um tanque de equalização para que ocorra a estabilização e homogeneização do mesmo, resultando em maior eficiência e menor custo operacional dos sistemas subsequentes. Segundo Babatola et al. (2011), a utilização do tanque de equalização fornece uniformidade ao efluente destinando-o para as etapas de tratamento posteriores, provendo uniformidade em relação às taxas de alimentação do sistema e as suas características físico-químicas.

TRATAMENTO PRIMÁRIO

Com o objetivo de remover tanto os sólidos sedimentáveis remanescentes, quanto

Realização



de reduzir a concentração de gordura presente da AR de laticínio, utilizar-se-á coagulação/flotação. A flotação tem como principal vantagem sobre o sistema convencional (caixa de gordura) a utilização de área menor e maior eficiência de separação do material sobrenadante (NUNES, 2012).

Em relação ao tratamento de AR com elevados teores de gorduras, a fim de prover melhores resultados na separação de O&G, a adição de produtos químicos coagulantes, aliados ao processo de flotação, promovem a quebra das emulsões lipídicas, auxiliando no processo de flotação dos lipídeos (PONTES, 2009). Aisse, Jürgensen e Sobrinho (2002) citam que entre os benefícios da flotação destacam-se a redução dos teores de gases odoríferos no sistema. Ainda, quando há formação de emulsão no efluente, a utilização do processo de flotação por ar dissolvido (FAD) torna-se uma boa alternativa para emprego no tratamento primário. Assim, a FAD é capaz de remover coloides, proteínas e óleos dispersos e/ou emulsificados na AR (BABATOLA et al., 2011).

No processo de BDA, a presença de lipídeos é problemática, uma vez que os ácidos graxos gerados na hidrólise de gorduras inibem a ação das bactérias metanogênicas em sistemas anaeróbios (DEMIREL; YENIGUN; ONAY, 2005).

TRATAMENTO SECUNDÁRIO

Para a formação de metano, o tratamento secundário deve ser realizado mediante processo anaeróbio, onde foram propostas duas opções de tratamento:

- Opção 1: reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor) + FA (filtro anaeróbio)

A principal vantagem do reator UASB é o requerimento de área relativamente baixa e a parcial estabilização do lodo no reator. Este tipo de reator possui baixos tempos de detenção hidráulica (TDH) e elevados tempos de retenção da biomassa (ALVES, 2023; METCALF; EDDY, 2016). Os elevados tempos de retenção estão relacionados com o aumento da eficiência do processo, resultando em uma população satisfatória de microrganismos para estabilização de resíduos adicionais (ARAÚJO, 2017). Por outro lado, o reator UASB dificilmente atinge os parâmetros de qualidade estabelecidos pelas legislações ambientais para o lançamento dos efluentes tratados e, geralmente, precisam ser

Realização



combinados com outro processo (PONTES, 2003). Dessa forma, a utilização de um reator UASB seguido de FA deve ser necessária.

- Opção 2: Sistema Australiano (Lagoa anaeróbia e Lagoa Facultativa)

Segundo a literatura, eficiências de remoção de MO em torno de 50 a 60% são especificados para sistemas de lagoas anaeróbias, portanto, tais sistemas devem ser combinados a outros processos de tratamento (METCALF; EDDY, 2016). O sistema Australiano é constituído pela utilização de lagoa anaeróbia com a lagoa facultativa, sendo uma boa alternativa de tratamento para o efluente da indústria de laticínios. Este tipo de tratamento demanda a ocupação de grandes áreas, ocorre maior geração de odor (principalmente pelas lagoas anaeróbias) e depende das condições climáticas do local (VON SPERLING, 1998). Em contrapartida, o sistema Australiano tem baixa complexidade operacional, eficiência na remoção de DBO e baixo custo de energia elétrica quando comparado a outras tecnologias (DEZOTTI, 2008).

TRATAMENTO TERCIÁRIO

Com base na proposta de tratamento exposta acima, não foram identificados a necessidade de tratamento terciário, visto que os parâmetros desejados do efluente tratado apresentam potencial para serem atingidos até a etapa de tratamento secundário. Os padrões e condições para lançamento de efluentes são determinados pela Resolução 430/2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Os principais parâmetros avaliados são: turbidez, temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), dureza e óleos e graxas (O&G) presentes (CONAMA, 2011).

Em síntese, as Figuras 1 apresenta as propostas de tratamento nos dois cenários propostos visando a remoção de MO e reaproveitamento energético da água residuária da indústria de laticínios.

Realização

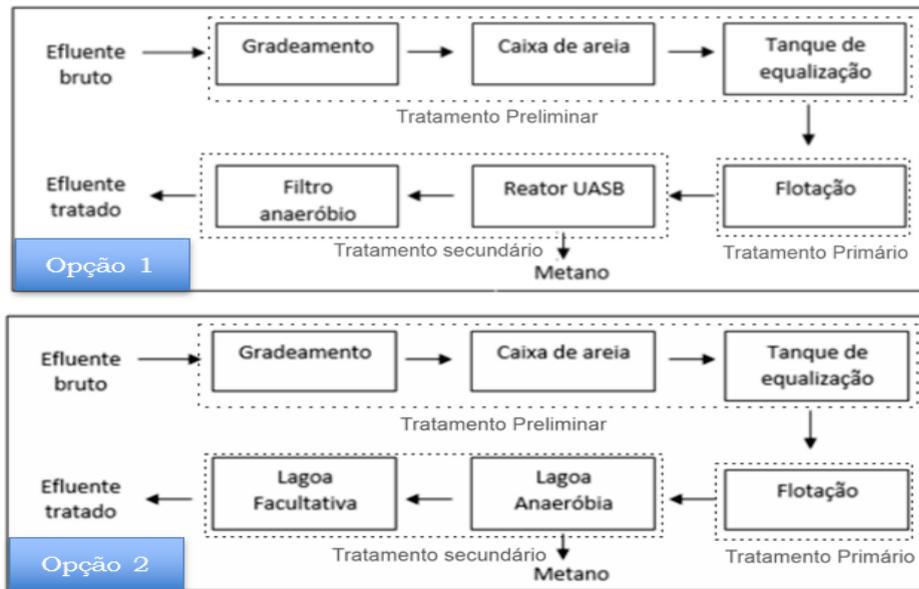


FIGURA 1 - Fluxograma das opções propostas da estação de tratamento.

PROBLEMAS IDENTIFICADOS PARA O SISTEMA DE TRATAMENTO PROPOSTO

Segundo Silva (2006), o pH ideal do afluente entra no sistema de tratamento deve ser entre 6,5 e 8, por favorecer o crescimento de microrganismos decompositores de MO. Ao final do tratamento, é observada a queda de pH em torno de 5 (ácido) (ALVES, 2023), o que pode comprometer a BDA. Em função do acúmulo de ácidos orgânicos no meio, alcalinidade suplementar pode ser necessária para o desenvolvimento do sistema de tratamento (METCALF; EDDY, 2016). O acompanhamento e monitoramento do pH é fundamental para a digestão anaeróbia (FELDKIRCHER, 2010).

Como o teor de gordura presente na AR é alto, a etapa de flotação convencional não é suficiente para diminuir o teor de MO da AR que irá, posteriormente, para o reator UASB ou lagoa anaeróbia, podendo comprometer a eficiência do sistema de tratamento (CORRÊA et al., 2016). Neste contexto, faz-se necessário o uso de produtos que facilitem e aumentem a eficiência da etapa de flotação. Dentre as principais opções encontram-se o uso de coletores químicos e biossurfactantes. Os coletores são tóxicos e geram outros poluentes ambientais, sendo os biossurfactantes a melhor opção (CORRÊA et al., 2016). Os biossurfactantes atuam diminuindo a tensão superficial, tendo o papel de agente emulsificante, assim estabelecendo maior facilidade de acesso à gordura presente na AR



(PINTO; MARTINS; COSTA, 2009).

A temperatura da AR que chega ao tratamento anaeróbio merece atenção por influenciar diretamente no metabolismo dos microrganismos e/ou no processo de estabilização aeróbia que acontece na camada mais superficial da lagoa facultativa (SARAIVA et al., 2009). Segundo Saraiva et al. (2009), a temperatura da AR de laticínios fica em torno 33°C, já segundo Gloyna (1971), a temperatura ambiente alta favorece o processo em ambas as lagoas do sistema australiano. Dessa forma, caso a temperatura média da região onde o sistema de tratamento for instalado for baixa, a carga orgânica suportada pelas lagoas será mais baixa que em região de temperaturas mais altas, o que pode vir a se tornar um problema. Ao projetar as lagoas deve-se, então, levar a temperatura local em consideração, uma vez que regiões com temperaturas mais baixas necessitam de uma área maior de construção.

CONCLUSÕES

Foi possível explorar os temas existentes na literatura, relacionando todas as operações e processos adequados para uma estação de tratamento de AR, aplicando-os ao tratamento da AR proveniente da indústria de laticínios.

Foram elaboradas duas opções de fluxogramas que levam em consideração diferentes cenários: um reator UASB/FA e outro com sistema de lagoas de biodigestão. Critérios como pH, temperatura, turbidez foram analisados e alguns problemas foram investigados com possíveis soluções propostas.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé – UNIFEG.

REFERÊNCIAS

AISSE, M. M.; JÜRGENSEN, D.; SOBRINHO, P. A. Avaliação do sistema reator RALF e flotação por ar dissolvido no tratamento de esgoto sanitário. *Sanare.*, v.17, n.17, p.49-58, 2002.

Realização



- ALMEIDA, C. C. et al. Proteína do soro do leite: composição e suas propriedades funcionais. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16, p.1840, 2013.
- ALMEIDA, J. S.; SOUSA, L. V.; SILVA, E. P. Sistema de tratamento de águas residuárias de laticínios. In: **Simpósio de TCC das faculdades FINOM e Tecsoma**, 2020, Anais...p.617-630, 2020.
- ALVES, A. M. **Biodigestão anaeróbia mesofílica da água residuária de laticínio em sistema conjugado de reator hidrolítico seguido de reator metanogênico**. 2023. 234 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.
- ARAÚJO, A. P. C. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. 2017. 42 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- BABATOLA, J. O.; OLADEPO, K. T.; LUKMAN, S.; OLARINOYE, N. O.; OKE, I. A. Failure analysis of a dissolved air flotation treatment plant in a dairy industry. **J. Fail. Anal. Prev.**, v.11, p.110-122, 2011.
- BOSCHI, J. R. **Concentração e purificação das proteínas do soro de queijo por ultrafiltração**. 2006. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2006.
- BRUM, L. F. W.; SANTOS JÚNIOR, L. C. O.; BENEDETTI, S. Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Laticínios. **Key Elements for a Sustainable World: Energy, Water and Climate Change**, São Paulo, Brazil, 2009.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.
- CORRÊA, P. F.; DA SILVA, E. J.; CHAPRAO, M. J.; RUFINO, R. D.; DE LUNA, J. M.; SARUBBO, L. A. Utilização de biosurfactante como coadjuvante do processo de flotação por ar dissolvido de resíduos oleosos industriais. In: **Congresso Brasileiro de Eng. Química**, 2016. Anais... Campinas, Galoá, 2016.
- CREMONEZ, P. A. et al. Biodigestão anaeróbia no tratamento de resíduos lignocelulósicos. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, p.15, 2013.
- DEMIREL, B.; YENIGUN, O.; ONAY, T. T. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review. **Process Biochemistry**, v.40, n.8, p.2583-2595, 2005.
- DEZOTTI, M. **Processos e técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, 360 p., 2008.
- FELDKIRCHER, Tiago. **Avaliação de um sistema de tratamento de efluentes de laboratório de análises físicos- químicos e microbiológicas**. Lajeado, 2010. 77 p. Monografia (Engenharia Ambiental), Centro Universitário UNIVATES, 2010.
- FILHO, A. S. **Tratamento terciário de uma indústria de refrigerantes visando o reuso: um estudo de caso**. Rio de Janeiro, 2009. 112 p. Dissertação (Mestrado em tecnologia de processos químicos e bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.
- FURTADO, M. R. Reuso de Água - Tarifas em alta incentivam os primeiros projetos na indústria. **Revista Química e Derivados**, n.444, 2005.
- GLOYNA, E. F. Wast Stabilization Ponds. Texas, United States of America: **College of Engineering**, University of Texas, 92p, 1971.

Realização





HANSEN, C. L.; CHEONG, D. Y. Agricultural Waste Management in Food Processing. In: **Handbook of Farm, Dairy, and Food Machinery Engineering**. Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2013.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5ª edição. Tradução: Ivanildo Hespanhol, Jose Carlos Mierzwa. Bookman, 2016.

NUNES, J. A. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3ª edição; Aracaju: Gráfica Editora J. Andrade, 2012.

PINTO, M.; MARTINS, R.; COSTA, J. Avaliação cinética da produção de biossurfactantes. **Química nova**, v.32, n°. 8, p.2104-2108, 2009.

PONTES, A. F. **Avaliação de Desempenho de Reator Anaeróbio-Aeróbio com Recirculação da Fase Líquida no Tratamento de Água Residuária Proveniente de Abatedouro de Aves**. 127p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

PONTES, P. P. **Reatores UASB aplicados ao tratamento combinado de esgotos sanitários e lodo excedente de filtro biológico percolador**. 2003. Tese (Mestrado em Engenharia química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. 2007. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, Itajubá, 2007.

SARAIVA, C. B.; MENDONÇA, R.; SANTOS, A.; PEREIRA, D. A. Consumo de Água e Geração de Efluentes em uma Indústria de Laticínios. **Revista Inst. Latic.**, n° 367/368, p.64:10-18, 2009.

SILVA, D. J. P. **Diagnóstico da geração de resíduos e consumo de água em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio a decisão**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVEIRA, W. B. **Produção de etano em permeado de queijo: efeito da concentração de substrato e do nível de oxigênio**. Tese de Mestrado UFV, 2004.

SKORONSKI, E. **Introdução aos processos de condicionamento de água para reuso**. Tubarão: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2008.

SLAVOV, A. K. General Characteristics and Treatment Possibilities of Dairy Wastewater – A Review. **Food Technology Biotechnology**, v. 55, p.14–28, 2017.

SOARES, C. M. T. **Influência das variações da temperatura na produção de biogás em biodigestores modelo biokohler protegido com estufa adesiva**. Paraná, f. 76, 2016. Dissertação (pós-graduação em desenvolvimento rural) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2016.

VACLAVIK, F. D. **Avaliação e otimização do uso de zeólitas no tratamento terciário de efluentes líquidos industriais**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, v.1, 2ªed, Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1998.

Realização

